



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
Commissario delegato al risanamento ambientale della laguna di Orbetello
(Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3675 del 28.05.2008 art. 1)



Convenzione Commissario delegato al risanamento ambientale della Laguna di Orbetello - Sogesid del 22/07/2009

"Esecuzione di indagini conoscitive e progettazione degli interventi di risanamento ambientale della Laguna di Orbetello."

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL MARGINAMENTO DI SICUREZZA TRA LAGUNA E AREE CONTERMINATE DI PROPRIETA' PUBBLICA ANTISTANTI L'EX STABILIMENTO SITOCO E DEL MARGINAMENTO DEFINITIVO DELLA COLMATA DI PIAN DELL'ASCA.

Titolo elaborato:

**INDAGINI GEOFISICHE, GEOGNOSTICHE E CHIMICHE
- PARTE I - RELAZIONE**

Codice elaborato:

3

Data:

Settembre 2009

Redatto da:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Fausto Melli

Consulenti:

Dott. Ing. Antonio Lanza

Rev.	Data	Descrizione modifica	Redatto	Verificato	Approvato

- 1 -ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
RAPPORTO FINALE



**Indagini geognostiche, prospezioni idrogeologiche e geofisiche di supporto alle
attività progettuali per il risanamento della Laguna di Orbetello (GR)**

Relazione tecnica finale

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	ATTIVITÀ REALIZZATE.....	8
3.	RISULTATI DELLE ATTIVITA' ESEGUITE AL 30/06/2009	10
3.1	Esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo allestiti a piezometro finalizzati al campionamento di suolo e acqua	10
3.1.1	Modalità esecutive	10
3.1.2	Rilievo stratigrafico.....	11
3.1.3	Cassette catalogatrici.....	12
3.1.4	Fotografie a colori.....	12
3.1.5	Realizzazione dei piezometri	14
3.1.6	Attività svolte.....	14
3.2	Esecuzione di Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile	18
3.2.1	Prova di permeabilità a carico idraulico variabile.....	18
	3.1.7.1. <u>Attività svolte</u>	19
3.3	Esecuzione di Prove Vane Test.....	21
	3.3.1. <u>Descrizione della prova</u>	21
	3.3.2. <u>Caratteristiche dell'attrezzatura: palette scisso metro</u>	21
	3.3.3. <u>Attività svolte</u>	21
3.4	Esecuzione di Prove di carico su piastra e misura della Densità in sito	23
	3.4.1. <u>Modalità di prova</u>	23
	3.4.2. <u>Attività svolte</u>	23
3.5	Esecuzione di Prove SPT	26
	3.5.1. <u>Modalità esecutive</u>	26
	3.5.2. <u>Attività svolte</u>	27
3.6	Esecuzione di Prove CPTU.....	29
	3.6.1. <u>Descrizione della prova</u>	29
	3.6.2. <u>Modalità di prova</u>	29
	3.6.3. <u>Attività svolte</u>	29
3.7	Scavo di trincee esplorative	37
	3.7.1. <u>Attività svolte</u>	37
3.8	Esecuzione di Prove Granulometriche su campioni di Top Soil.....	42
3.9	Esecuzione di Prove Geotecniche su campioni indisturbati.....	46
3.10	Esecuzione di Prospezioni Natural Gamma	53
	3.10.1. <u>Descrizione della prova</u>	53
	3.10.2. <u>Attrezzatura impiegata</u>	53
	3.10.3. <u>Prove eseguite</u>	54
3.11	Esecuzione di Prospezioni Down Hole.....	58
	3.11.1. <u>Descrizione della prova</u>	58
	3.11.2. <u>Metodologie ed attrezzature</u>	60
	3.11.3. <u>Analisi dei risultati</u>	60
	3.11.4. <u>Attività svolte</u>	62
3.12	Esecuzione di Analisi chimiche su top soil e acque di falda.....	74

GRUPPO DI LAVORO

COORDINAMENTO TECNICO

Dott. Ing. Fausto Melli	Direttore Tecnico
Dott. Ing. Carlo Messina	Responsabile Tecnico
Arch. Marialuisa Beninati	Project Manager

DITTA AFFIDATARIA

TECNO IN S.p.A.

CONSULENZA TECNICO-SCIENTIFICA

Dott. Geol. Stefano Bianchi
Dott. Chim. Cristiano Corsi
Dott. Ing. Luigi Falco
Dott. Geol. Ivan Siciliano
Dott. Geol. Vito Specchio

STAZIONE GRAFICA

Arch. Elisabetta De Cesare
Dott.ssa Barbara De Laurentiis
Geom. Mariagrazia Tempesta

1 PREMESSA

La laguna di Orbetello, posta all'estremità meridionale della Toscana, è costituita da due bacini comunicanti denominati di Ponente e di Levante, ed ha un'estensione complessiva di 2525 ettari ed una profondità media di circa 1 m.



Immagine 3D della Laguna di Orbetello

Nella parte orientale della laguna di ponente è presente il Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Orbetello – area ex Sitoco, identificato dalla legge n. 179 del 2002. Tale sito comprende un'area a terra in cui sono presenti gli impianti e i depositi dimessi della Società Ex Sitoco, ad oggi di proprietà della Società Laguna Azzurra S.r.l., e l'area lagunare ad essa prospiciente, perimetrata con decreto del 2 dicembre 2002.

Nel sito di bonifica di interesse nazionale di Orbetello, la situazione ambientale particolarmente compromessa sia delle aree a terra dello stabilimento ex Sitoco sia di quelle lagunari ad esso prospicienti, ha richiesto l'implementazione di interventi di messa in sicurezza di emergenza volti ad impedire la diffusione dei contaminanti nell'intera area lagunare. Tali interventi sono stati stabiliti dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 22/12/2005 ed hanno in previsione la totale asportazione dei rifiuti in laguna ed a terra, la rimozione dei sedimenti contaminati presenti all'interno di alcune aree lagunari particolarmente critiche, l'isolamento completo dell'esistente cassa di colmata di "Pian D'Asca" mediante e marginamento fisico permanente della parte di falda contaminata.

Alla luce di quanto sopra premesso, nel mese di Maggio dell'anno 2009, la Tecno In S.p.A. ha ricevuto dalla SOGESID S.p.A. l'incarico di eseguire una campagna di indagini geognostiche / ambientali, prospezioni idrogeologiche e geofisiche finalizzate a fornire un supporto alle attività progettuali per la realizzazione dei suddetti interventi di risanamento ambientale previsti.

Le attività di campo sono iniziate in data 04/06/09 e sono terminate in data.....

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica Finale sulle attività svolte.

In particolare le indagini, finalizzate alla ricostruzione dello stato qualitativo del sito, ed alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo oltre alla verifica dei parametri geotecnici, idrogeologici e idrodinamici ed alla verifica dell'eventuale rilascio di contaminanti da parte delle attività produttive ora dimesse, sono state ubicate nelle tre seguenti aree pubbliche:

- Area a terra antistante lo stabilimento ex - SITOCO, inclusa nella perimetrazione del Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Orbetello (identificazione ai sensi Legge n. 179 del 2002; perimetrazione ai sensi D.M. 02/12/2002 e D.M. 26/11/2007).



Foto aerea dell'area antistante lo stabilimento Ex SITOCO

- Aree a terra comprese tra lo stabilimento ex Sipe Nobel e lo stabilimento ex - SITOCO.



Foto aerea dell'area compresa tra la Ex SITOCO e la Ex Sipe Nobel

- Aree a terra prospicienti l'ex miniera Ferromin (fondo versante alto strutturale su cui sono posizionati i Pozzi/Miniera), nel comune di Monte Argentario.



Foto aerea dell'area prospiciente l'Ex miniera Ferromin

Nel paragrafo 2 si riportano la tipologia ed il numero di indagini previste per ciascuna delle tre aree evidenziando le attività ad oggi completate.

Per l'esecuzione di dette indagini ci si è attenuti a quanto prescritto nell'Allegato C (Capitolato Tecnico di appalto).

Prima dell'inizio delle attività si è tenuto un tavolo tecnico presso la sede del Dipartimento Provinciale di Grosseto dell'ARPA Toscana, al fine di stabilire i protocolli di campionamento e di analisi dei campioni di suolo e di acque da prelevare.

Le analisi chimiche di laboratorio sulle matrici acque sotterranee e suolo sono state affidate in subappalto alla società Fenice S.p.A. (Gruppo EDF), il cui laboratorio di analisi di Torino è accreditato SINAL (n° 0188), in conformità a quanto previsto dalla norma internazionale UNI CEI EN ISO/IEC 17025, per l'esecuzione di prove relative ad analisi di acque primarie, reflue e potabili, di rifiuti industriali, terreni, emissioni in atmosfera ed in ambienti di lavoro.

Durante l'esecuzione delle perforazioni a carotaggio continuo, al fine di garantire al massimo la qualità dei campionamenti sia geotecnici sia ambientali, sono stati adoperati carotieri e campionatori, muniti di particolari valvole inserite in testa agli stessi, sperimentati nella Piana Tirrenica con il Centro Studi Francese "Jean Bérard".

Detti campionatori hanno permesso il campionamento pressoché indisturbato dei terreni fin in falda, caratteristici dall'area in oggetto, con una percentuale di recupero maggiore del 90 %.

Si sottolinea che durante le fasi iniziali di cantiere sono emersi alcuni imprevisti che hanno modificato la tempistica e l'ordine di esecuzione delle attività previste nel Cronoprogramma Operativo presentato; di seguito si riassumono tali imprevisti:

- Per la realizzazione delle indagini previste su Pian d'Asca si è resa necessaria la realizzazione di un idoneo attraversamento del canale lagunare che separa la cassa di colmata dalla terraferma, al fine di permettere in sicurezza il passaggio dei mezzi con le relative attrezzature e del personale;
- Per il raggiungimento di alcuni punti di indagine si è resa necessaria l'esecuzione di una pulizia dalla vegetazione infestante e l'esecuzione della creazione di alcune piste e piazzole per il posizionamento delle attrezzature di perforazione;
- Per l'esecuzione delle indagini previste nelle aree a terra comprese tra lo stabilimento Ex Sipe Nobel e lo stabilimento Ex Sitoco è stato necessario attendere l'ottenimento dei permessi di accesso alle aree;
- Per l'esecuzione delle indagini previste nelle aree a terra prospicienti l'ex miniera Ferromin, nel comune di Monte Argentario è stato necessario attendere l'ottenimento dei permessi da parte del Comune;
- Sia per il campionamento dei terreni che per quello delle acque è stato necessario attenersi alla tempistica imposta dal Dipartimento Provinciale di Grosseto dell'ARPA Toscana.

2 ATTIVITÀ REALIZZATE

Di seguito si riporta l'elenco delle attività realizzate nelle tre aree di interesse:

Punto	Attività
Area antistante lo stabilimento ex – SITOCO	
a	Esecuzione di n° 15 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino ad una profondità di 30 m dal p.c. da allestire con tubazione piezometrica da 4"
b	Misure piezometriche e logs multiparametrici nei piezometri e nel pozzo.
c	Esecuzione di rilievi natural gamma nel corso dei 15 sondaggi di cui al p.to a).
d	Realizzazione di n° 8 trincee di dimensioni medie 3 X 3 m e profondità max di 3 m dal p.c.
e	Esecuzione nel corso dei sondaggi di n° 20 prove con scissometro da campo (Vane Test).
f	Esecuzione di n° 5 prove di carico su piastra con misura della densità in situ.
g	Esecuzione di n° 10 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino ad una profondità di 10 m dal p.c. da allestire con tubazione in PVC da 3" per esecuzione indagini down hole.
h	Prelievo di n° 20 campioni indisturbati (tipo Shelby) nel corso dei sondaggi di cui al p.to g).
i	Esecuzione di n° 20 prove SPT nel corso dei sondaggi di cui al p.to g).
l	Esecuzione di 30 prove di permeabilità Lefranc nel corso dei sondaggi di cui al p.to g).
m	Esecuzione di n° 10 prove CPTU spinte sino ad una profondità max di 10 m dal p.c., alternate ai sondaggi di cui al p.to g).
n	Esecuzione di n° 10 prospezioni sismiche Down Hole nei fori di sondaggio di cui al p.to g).
o	Esecuzione di prove geotecniche di laboratorio sui 20 campioni prelevati di cui al p.to g). (Analisi granulometriche – Limiti di Atterberg – Prove di Taglio Diretto CD – Prove Triassiali UU).
p	Realizzazione di n° 1 pozzo spia (diametro perforazione 300 mm, diametro rivestimento 160 mm) spinto sino ad una profondità di 30 m dal p.c.
q	Installazione di una stazione idrometrografica per il rilievo delle variazioni del livello lagunare, con scarico dati da una stazione remota.
r	Esecuzione di n° 1 prova di emungimento nel pozzo spia.
s	Prelievo di n° 17 campioni d'acqua (n° 2 nel corso della prova di emungimento nel pozzo spia e n° 15 nei piezometri realizzati).
t	Analisi chimiche sui 17 campioni di acque di falda prelevati.
Aree pubbliche incluse tra gli stabilimenti ex Sipe Nobel ed ex SITOCO	
a	Esecuzione di n° 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino ad una profondità di 40 m dal p.c. da allestire con tubazione piezometrica da 4";
b	Misure piezometriche e logs multiparametrici nei 3 piezometri realizzati.

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

Punto	Attività
c	Prelievo di n° 10 Top Soil e determinazione delle granulometrie.
d	Analisi chimiche sui 10 campioni di suolo prelevati.
e	Prelievo di n° 4 campioni d'acqua (n° 3 statici e n° 1 dinamico).
f	Analisi chimiche sui 4 campioni di acque di falda prelevati.
<i>Aree pubbliche prospicienti l'Ex Miniera Ferromin</i>	
a	Esecuzione di n° 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino ad una profondità di 50 m dal p.c. da allestire con tubazione piezometrica da 4".
b	Misure piezometriche e logs multiparametrici nei 4 piezometri realizzati.
c	Prelievo di n° 4 campioni d'acqua (n° 3 statici e n° 1 dinamico).
d	Analisi chimiche sui 4 campioni di acque di falda prelevati.

3. RISULTATI DELLE ATTIVITA' ESEGUITE AL 30/06/2009

3.1 Esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo allestiti a piezometro finalizzati al campionamento di suolo e acqua

3.1.1 Modalità esecutive

I sondaggi geotecnico-ambientali sono stati eseguiti adoperando tutte le dovute cautele imposte dalla legislazione vigente in materia ambientale (D. Lgs. 152/06 e s.m.i.).

In modo particolare, nell'esecuzione dei campionamenti di terreno e di materiali interrati sono state adottate cautele al fine di non provocare la diffusione di inquinanti, a seguito di eventi accidentali quali la rottura di fusti interrati o di diaframmi impermeabili.

E' stata posta molta attenzione, in fase di sondaggio, nell'evitare di attraversare strati impermeabili sottostanti a livelli di terreno inquinato diffondendo la contaminazione.

I carotaggi sono stati effettuati con metodi di perforazione a secco senza fluido di perforazione, usando un carotiere di diametro idoneo a prelevare campioni indisturbati ed evitando fenomeni di surriscaldamento.

Le perforazioni sono state eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti estranei, adottando i seguenti accorgimenti:

- rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate; uso di rivestimenti, corone e scarpe non verniciate;
- eliminazione di gocciolamenti di oli dalle parti idrauliche; pulizia dei contenitori per l'acqua;
- pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro.

In fase esecutiva si è proceduto come di seguito specificato:

1. *Carotaggio*. Il carotaggio è stato integrale e rappresentativo del terreno attraversato, con percentuale di recupero > 85%. E' stato inoltre eseguito a secco, senza l'ausilio del fluido di perforazione, evitando fenomeni di surriscaldamento.

Come anticipato in premessa, previa autorizzazione da parte dell'Amministrazione Appaltante, al fine di garantire al massimo la qualità dei campionamenti sia geotecnici sia ambientali, sono stati utilizzati carotieri e campionatori sperimentati con il Centro Studi Francese "Jean Bérard" nella Piana Tirrenica.

Detti campionatori, unitamente all'utilizzo di tecniche e modalità di perforazione affinate negli anni dai sondatori specializzati della Tecno In S.p.A. permettono il campionamento pressoché indisturbato dei terreni fini in falda, caratteristici dall'area in oggetto, con una percentuale di recupero maggiore del 90 %.



Campionamento di sabbie e limi in falda e a mare mediante fustelle dentellate in PVC

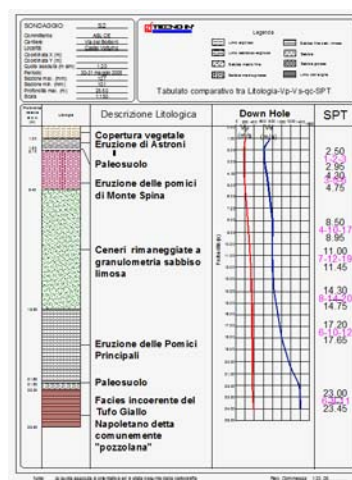
- 2 *Rivestimento provvisorio.* La perforazione è stata seguita dal rivestimento provvisorio solo in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro.
- 3 *Campionamento in foro.* Il prelievo di campioni indisturbati segue la manovra di perforazione e l'eventuale infissione di rivestimenti sino alla profondità di testa del campione stesso.
- 4 *Controllo della lunghezza delle batterie di aste.* La lunghezza delle batterie di aste inserite nel foro è stata misurata e riportata, a cura del geologo responsabile del cantiere, in una apposita tabella, onde prevenire imprecisioni nella definizione delle profondità raggiunte.

3.1.2 Rilievo stratigrafico

Il geologo responsabile del cantiere ha compilato la stratigrafica del sondaggio, completandola con gli elementi elencati nei punti successivi:

- data di perforazione;
- nome del compilatore;

- metodo di perforazione;
- attrezzature impiegate;
- diametro di perforazione;
- diametro di rivestimento;
- tipo di fluido di circolazione impiegato;
- quota di inizio e fine delle singole manovre;
- quota di testa foro assoluta (m s.l.m.) o relativa e sua ubicazione planimetrica.



3.1.3 Cassette catalogatrici

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di setti divisorii e coperchio apribile a cerniera, che consentono la conservazione di 5 m di carotaggio.

Le carote di terreno coesivo sono state scortecciate. Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al piano campagna.

3.1.4 Fotografie a colori

Le singole cassette sono state fotografate con fotocamera digitale alla max risoluzione entro 24 ore dal loro completamento. E' stata assicurata la completa leggibilità di tutte le annotazioni riportate sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute. Le fotografie a colori sono allegate alla presente documentazione in Allegato 10.

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state adoperate le seguenti sonde perforatrici:

a) *Perforatrice Idraulica CMV MK 900F (anno costr. 2007) corredata di:*

- ♦ testa di rotazione massima coppia 1200 kgm
- ♦ slitta di avanzamento (lunghezza 6 m)
- ♦ centralina oleodinamica
- ♦ cingolata



- ◆ argano idraulico
- ◆ morsa idraulica doppia
- ◆ pompa acqua pressione max 30 bar
- ◆ freno blocca aste
- ◆ estrusore per carotiere

b) Perforatrice Idraulica PUNTEL PX 800 (anno costr. 1996) corredata di:

- ◆ testa di rotazione klemm coppia massima 800 kgm
- ◆ martello oleodinamico in testa (**tipo Geoprobe**)
- ◆ slitta di avanzamento (lunghezza 6 m)
- ◆ centralina oleodinamica
- ◆ gommata
- ◆ argano idraulico
- ◆ morsa idraulica doppia
- ◆ pompa acqua pressione max 30 bar
- ◆ freno blocca aste
- ◆ estrusore per carotiere



c) Perforatrice Idraulica Beretta T44. (anno costr. 2008) corredata di:

- ◆ testa di rotazione coppia 800 kgm
- ◆ martello oleodinamico in testa (**tipo Geoprobe**)
- ◆ slitta di avanzamento (lunghezza 4.5 m)
- ◆ centralina oleodinamica
- ◆ cingolata gommata
- ◆ argano idraulico



- ◆ morsa idraulica semplice
- ◆ scambiatore di calore a raffreddamento olio idraulico
- ◆ freno blocca aste
- ◆ estrusore per carotiere

3.1.5 Realizzazione dei piezometri

I piezometri sono stati realizzati in PVC, ed hanno una fenestrazione adeguata alla granulometria dell'acquifero.

La profondità esatta di posizionamento dei piezometri e del tratto fenestrato è stata, comunque, determinata in corso d'opera, considerando la stratigrafia desunta dalle carote estratte.

I piezometri, finalizzati al rilievo della prima falda, sono stati installati nei fori dei sondaggi eseguiti.

Al fine di evitare l'ingresso di sabbie fini e limi, i piezometri sono dotati di un pacco drenante di sufficiente spessore e sono stati realizzati nel seguente modo:

- 1 Alesatura del sondaggio con diametro minimo di 178-200 mm;
- 2 Posizionamento all'interno del foro dei tubi piezometrici DN 4" a fondello conico;
- 3 Posizionamento del dreno (moda 1-3 mm) nell'intercapedine, fino a circa 1.5 m al di sopra del tratto fessurato;
- 4 Chiusura del tratto sommitale dell'intercapedine con boiaccia cementizia;
- 5 Chiusura del tubo piezometrico con idoneo tappo;
- 6 Installazione di pozzetto di protezione.

I piezometri sono stati lavati con acqua potabile e successivamente spurgati con pompa sommersa fino alla chiarificazione e, comunque, per non meno di due ore.

3.1.6 Attività svolte

Come si è detto, sono stati realizzati:

- n. 15 sondaggi spinti a 30 m da p.c., catalogati con la dicitura "T", e n. 10 sondaggi spinti a 10 m da p.c. catalogati con la dicitura "D", nell'area Ex SITOCO.

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
 QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
 RAPPORTO FINALE

- n. 3 sondaggi spinti a 40 m da p.c. nelle aree pubbliche poste tra gli stabilimenti Ex Sipe Nobel ed Ex SITOCO, catalogati con la dicitura “Q”.
- n. 4 sondaggi spinti a 50 m da p.c. nelle aree pubbliche prospicienti l’Ex Miniera Ferromin, catalogati con la dicitura “F”.

I sondaggi “T”, “Q” e “F” sono stati attrezzati a piezometri di monitoraggio della falda, i sondaggi D sono invece stati allestiti con tubazione in PVC da 3” per l’esecuzione di prove Down Hole.

Per l’ubicazione esatta dei sondaggi si è eseguito un rilievo topografico di dettaglio che ha restituito i dati in termini di coordinate UTM WGS 84 - fuso 32 e quote assolute dei sondaggi realizzati (per i piezometri si riportano le quote relative al piano campagna e al boccaforo).

La tabella seguente riassume le coordinate individuate e riporta i valori di quota assoluta del livello di falda:

SONDAGGIO	UTM WGS 84 - fuso 32				Quota falda m s.l.m.
	Est	Nord	Z (m)		
			p.c.	boccaforo	
D01	684160.144	470239.1591	1.502	1.815	-
D02	684070.318	470245.3556	1.365	1.478	-
D03	683991.184	470251.7380	1.187	1.316	-
D04	683934.582	470256.0249	1.186	1.267	-
D05	683959.338	470259.9658	0.744	0.993	-
D06	683990.163	470260.9550	0.943	1.064	-
D07	684051.899	470261.2288	0.917	1.210	-
D08	684104.210	470263.3418	0.896	1.124	-
D09	684114.140	470258.5611	1.361	1.593	-
D10	684130.984	470248.7463	1.128	1.118	-
T01	684627.323	470204.4325	2.017	1.956	0.68
T02	684785.716	470209.8443	1.843	2.146	0.89
T03	684812.133	470215.5042	1.528	1.678	0.83
T04	684716.855	470226.3852	1.260	0.983	0.73
T05	684142.715	470240.1422	1.559	1.533	0.43
T06	684031.670	470248.4657	1.652	1.760	0.76
T07	683953.677	470254.2679	1.386	1.631	0.48
T08	683942.	470257	0.696	0.8	0.77

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

SONDA GGIO	UTM WGS 84 - fuso 32				Quot a falda m s.l.m.
	Est	Nord	Z (m)		
			p.c.	bo cca for o	
	654	5.658		44	
T09	683969. 602	470260 6.707	0.766	0.9 70	0.75
T10	684024. 149	470261 1.656	0.984		0.78
T11	684334. 560	470268 0.050	0.857	0.9 80	0.88
T12	684279. 585	470268 7.907	1.123	1.3 30	0.98
T13	684199. 379	470269 5.376	0.956	1.3 58	0.96
T14	684124. 552	470262 5.700	1.001		0.83
T15	684121. 762	470253 2.610	1.633	1.9 75	0.78
Q1	685418. 018	470225 7.083	7.833	7.6 91	1.59
Q2	685246. 862	470248 7.009	7.346	-	2.39
Q3	685090. 835	470272 1.354	5.758	-	1.68
F1	681290. 757	469860 6.773	1.433	1.3 99	0.42
F2	681258. 495	469872 5.510	0.758	0.6 00	0.18
F3	681206. 450	469892 4.836	1.201		-0.05
F4	680991. 924	469923 9.047	2.003		0.78
PP1	684820. 222	470228 9.410			0.93

Per l'ubicazione dei sondaggi si rimanda all'Allegato 1 del presente Report.

A valle della realizzazione dei piezometri, sono state eseguite le misure dei parametri chimico - fisici delle acque (Log multiparametrici) mediante sonda multiparametrica, in particolare sono state misurati:

- pH;
- Temperatura;
- Conducibilità;
- Ossigeno disciolto;
- Potenziale Redox

Gli esiti delle misure sono riportati in Allegato 5 e sono espresse in termini di valori numerici e diagrammi dei singoli parametri in funzione della profondità.

Infine, sulle acque di alcuni dei piezometri “T”, “Q”, Pp1 e P0 160 sono stati eseguiti i Test della Durezza mediante immissione, in una data quantità di acqua estratta dai piezometri, del reagente KS4,3 in concentrazione tale che tutti gli ioni Calcio e Magnesio siano catturati dallo stesso.

Dalla concentrazione di KS4,3 utilizzato è possibile risalire alla Durezza (concentrazione di CaCO₃) dell’acqua espressa in °F. La tabella seguente mostra i dati rilevati:

Piezometro	Concentrazione KS4,3 (mmol/l)	Durezza (°f)
F1	7	35
F2	6	30
F3	5.5	27.5
F4	6.2	31
Q1	9.3	46.5
Q2	5.7	28.5
Q3	5.5	27.5
PP1	5.7	28.5
P0 160	4.3	21.5
T1	5.8	29
T3	5.6	28
T6	7.6	38
T9	6.8	34
T11	7.1	35.5

Va infine detto che, per il posizionamento delle attrezzature di perforazione in alcune delle aree antistanti la Ex SITOCO (Piano D’Asca) è stato necessario ricorrere alla realizzazione di un attraversamento di un canale.

Un aspetto che si vuole evidenziare è costituito dal fatto che la falda, in sede di realizzazione dei piezometri, è stata riscontrata a profondità maggiori di quelle misurate successivamente nei tubi piezometrici.

Tale aspetto segnala la presenza di una falda soggetta a modeste pressioni (la cui presenza è confermata anche dai valori delle pressioni interstiziali misurati nel corso delle prove CPTU eseguite), probabilmente tamponata superiormente da un orizzonte a bassa permeabilità.

L'immagine a lato mostra, a titolo di esempio, l'andamento delle pressioni interstiziali (U2) misurate nel corso della prova CPTU9.

In Allegato 3 si riportano le colonne stratigrafiche relative ai sondaggi geognostici realizzati.

3.2 Esecuzione di Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile

La prova consente di misurare la permeabilità (o conducibilità idraulica) del terreno in un foro di sondaggio.

La prova, che può essere eseguita per immissione o estrazione di acqua dal foro, può essere condotta a carico idraulico costante o variabile, a seconda della conducibilità idraulica del terreno.

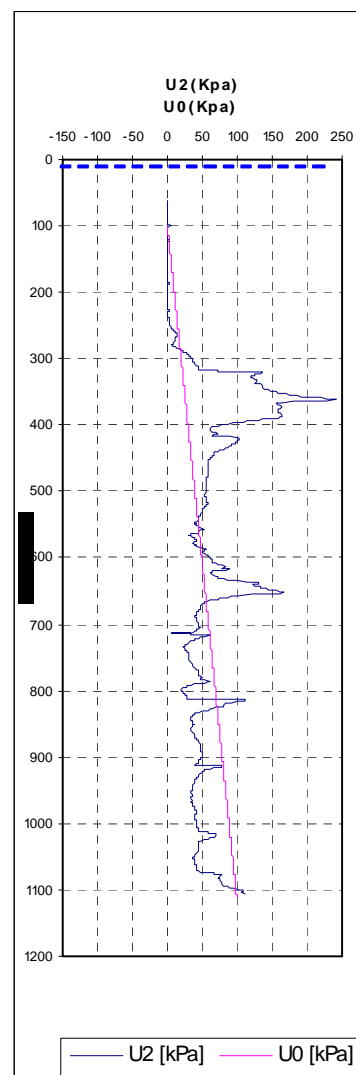
3.2.1 Prova di permeabilità a carico idraulico variabile

Le prove sono state eseguite per immissione di acqua nel foro con le seguenti modalità:

- misurare il livello della falda prima di eseguire la prova;
- infiggere il rivestimento senza rotazione e senza utilizzo di fluidi sino alla profondità di testa della tasca di prova, lasciando una sporgenza tale da agevolare la lettura dei livelli idrici;
- dal momento in cui si sospende l'immissione dell'acqua si inizia a misurarne il livello nel rivestimento ad intervalli di tempo frequenti, annotando ora, minuto e secondo di ciascuna lettura; gli intervalli di tempo, cioè la frequenza delle letture, sono scelti basandosi sulla velocità di discesa dell'acqua nel rivestimento; a titolo di orientamento si dovrebbero eseguire le letture a decrementi circa costanti di livello dell'acqua; se l'altezza iniziale dell'acqua nel foro è 2 m o più al di sopra del livello freatico, si prendono le letture ogni 100 mm circa di discesa; se il dislivello iniziale è minore (ad esempio $0.5 \div 1$ m) le letture sono fatte ogni $25 \div 50$ mm; le letture vanno proseguite fino a che il dislivello dell'acqua è inferiore ad $1/5$ di quello all'inizio della prova.

Per il calcolo del coefficiente di permeabilità si è utilizzata la seguente formula:

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$



dove:

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)

A = area di base del foro (mq)

h_1-h_2 = altezza dell'acqua ai tempi t_1 e t_2 rispetto alla falda (se presente) o al fondo foro

t_1-t_2 = tempi corrispondenti ad h_1 e h_2

CI = coefficiente di forma

valori suggeriti:

- per $L > d = L$
- per $L < d = 1 * 3.14 * d + L$

dove:

L = lunghezza tratto di prova

d = diametro tratto di prova

3.1.7.1. Attività svolte

Nel corso della realizzazione dei sondaggi geognostici classificati D (10 m da p.c.) sono state realizzate n. 30 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile.

Di seguito si riportano i valori dei coefficienti di permeabilità medi calcolati nelle prove eseguite.

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
 QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
 RAPPORTO FINALE

SONDAGGIO	P r o v v a	Profon dità (m)	k (m/s) valore medio
D1	1	2.00 - 2.50	1.8 E- 07
	2	5.00 - 5.50	3.2 E- 07
	3	8.00 - 8.50	4.3 E- 07
D2	1	2.50 - 3.00	1.9 E- 07
	2	5.00 - 5.50	8.8 E- 08
	3	9.50 - 10.00	2.2 E- 06
D3	1	3.00 - 3.50	1.6 E- 06
	2	6.50 - 7.00	8.5 E- 08
	3	9.00 - 9.50	1.6 E- 06
D4	1	1.50 - 2.00	1.9 E- 07
	2	6.50 - 7.00	5.1 E- 08
	3	9.50 - 10.00	1.6 E- 06
D5	1	1.50 - 2.00	9.0 E- 06
	2	5.00 - 5.50	7.3 E- 07
	3	8.00 - 8.50	9.6 E- 06
D6	1	1.50 - 2.00	4.8 E- 06
	2	4.50 - 5.00	1.2 E- 06
	3	9.50 - 10.00	7.2 E- 06
D7	1	1.50 - 2.00	2.2 E- 06
	2	6.00 - 6.50	9.4 E- 08
	3	9.50 - 10.00	2.2 E- 06
D8	1	2.50 - 3.00	1.8 E- 06
	2	5.00 - 5.50	5.8 E- 07
	3	7.50 - 8.00	2.2 E- 06
D9	1	1.50 - 2.00	1.3 E- 06
	2	5.00 - 5.50	7.0 E- 08
	3	8.00 - 8.50	1.6 E- 06
D10	1	2.50 - 3.00	7.0 E- 07
	2	4.00 - 4.50	9.4 E- 08
	3	9.50 -	2.3 E-

RAPPORTO FINALE

SONDAGGIO	P r o v a	Profon dità (m)	k (m/s) valore medio
		10.00	06

Le schede di calcolo sono riportate in Allegato 4.

3.3 Esecuzione di Prove Vane Test

3.3.1. Descrizione della prova

La prova consiste nell'infingere nel terreno naturale al fondo di un foro di sondaggio una paletta a quattro lame metalliche ortogonali (sezione a croce greca), collegata alla superficie mediante una batteria di aste metalliche, imprimendo una rotazione, misurando lo sforzo torsionale necessario per portare il terreno alla rottura.

La prova scissometrica consente di misurare la resistenza al taglio non drenata di terreni coesivi saturi di consistenza da tenera a media.

3.3.2. Caratteristiche dell'attrezzatura: palette scisso metro

Lo scissometro è costituito da 4 rettangoli di lamiera d'acciaio sottile uniti lungo uno dei lati maggiori, con sezione trasversale a croce greca.

Le palette hanno diametro compreso tra 45 e 100 mm. L'altezza della paletta è pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare dovrà essere fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata, in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare (più il terreno è consistente, più piccolo dovrà essere il diametro della paletta e viceversa).

Gli sforzi torsionali sono misurati mediante un dinamometro che possiede i seguenti requisiti:

- indicatore del massimo sforzo raggiunto durante la prova
- impermeabilità all'acqua
- sensibilità < 1% dello sforzo massimo applicabile.

La velocità di rotazione non deve essere superiore a 0.1-0.2 gradi/sec.

3.3.3. Attività svolte

Nel corso della realizzazione dei sondaggi geognostici classificati D (10 m da p.c.) sono state realizzate n. 20 prove Vane Test. Di seguito si riportano i valori di resistenza a taglio non drenata determinati.

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
 QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
 RAPPORTO FINALE

SONDAGGIO	Pro va	Profond ità (m)	Su (kg/cm q)
D1	1	2.80	7
	2	6.60	>10
D2	1	6.00	>10
	2	8.00	3
D3	1	5.50	9
	2	8.00	5
D4	1	7.20	5
	2	9.50	4
D5	1	4.00	7
	2	6.00	8
D6	1	3.50	4.5
	2	6.50	>10
D7	1	2.60	6 - 7
	2	5.00	9
D8	1	2.20	2
	2	5.00	8 - 8.5
D9	1	4.50	7
	2	7.00	5.5
D10	1	2.10	4 - 4.5
	2	4.00	>10

3.4 Esecuzione di Prove di carico su piastra e misura della Densità in sito

Le prove di carico su piastra consistono nell'applicare gradini di pressione crescenti sulle piastre, tramite martinetto idraulico, ed utilizzando come struttura di contrasto la parte posteriore dell'escavatore utilizzato.

Prima dell'esecuzione della prova si è provveduto alla preparazione del terreno. La piastra è stata poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

3.4.1. Modalità di prova

Le prove hanno seguito un programma di carico e scarico del terreno, concordato con la Direzione Lavori.

Dopo l'applicazione di ciascun gradino di carico, le letture al micrometro sono state ripetute ogni 2 min. Le stabilizzazioni nel cedimento sono state date per avvenute quando due letture consecutive hanno differito di un massimo di 0.04 mm.

3.4.2. Attività svolte

Le n.5 prove di carico, sono state eseguite utilizzando la seguente attrezzatura:

- piastra circolare di diametro 15.20 cm e spessore 2.50 cm;
- piastra circolare di diametro 30.00 cm e spessore 2.50 cm;
- piastra circolare di diametro 45.00 cm e spessore 2.50 cm;
- triangolo metallico provvisto di porta comparatori
- martinetto idraulico ENERPAC da 232 kN;
- prolunghe in acciaio per il collegamento del martinetto alla struttura di contrasto;
- pompa oleodinamica manuale, modello Enerpac;
- manometro WIKA, matricola EN 837-1;
- comparatori centesimali della ditta Borletti, per il rilevamento dei cedimenti.

Le prove sono state condotte esercitando gradini di pressione crescenti sulle piastre, tramite martinetto idraulico, ed utilizzando come struttura di contrasto la parte posteriore dell'escavatore.

Sul piano di appoggio, preventivamente ripulito e spianato, è stata posizionata la piastra da 450 mm e su di essa a piramide quella da 300 e 152 mm; al di sopra è stato, infine, fissato il martinetto idraulico, provvisto di nodo sferico, in grado di applicare i carichi prestabiliti per intervalli d'incremento successivi.

Questo sistema così predisposto è al centro di un triangolo metallico, provvisto di tre punti di appoggio, e di dischi di appoggio per i comparatori che vanno fissati tramite aste calamitate sulla piastra da 45 cm. I comparatori sono disposti a 120° ed equidistanti dalla circonferenza della piastra di appoggio.

Le prove sono state condotte applicando un primo precarico di 20 kPa di assestamento dell'attrezzatura di prova; dopo l'assestamento dei comparatori è stato azzerato il carico ed anche la lettura ai comparatori.

Successivamente si sono applicati gradini di carico crescenti ad intervalli di 50 kPa: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 450. Ogni incremento di carico è stato applicato per un intervallo di tempo non inferiore a 15 minuti.

Dopo aver raggiunto la pressione massima inizia la fase di scarico condotta secondo i seguenti gradini: 350, 250, 150, 50; si è registrato in tale modo il valore del ritorno elastico (cedimento residuo). Si è infine effettuato un secondo ciclo di carico fino a 350 KPa.

E' stato infine determinato il modulo K dato dal rapporto D_p/D_s dove D_p è la differenza tra la massima pressione raggiunta in corso di prova (450 Kpa) e la pressione di assestamento (20 Kpa) e D_s è il cedimento registrato nell'intervallo di carico considerato.

Infine, prima di procedere all'esecuzione della prova su piastra, è stata eseguita una misura della densità in sito. Tale prova consiste nella determinazione in sito del peso di volume secco di un terreno.

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
RAPPORTO FINALE

A seguire si riporta uno stralcio fotografico delle fasi esecutive.

<p>Foto prova su piastra 1</p> 	<p>Foto prova su piastra 2</p> 
<p>Foto prova su piastra 3</p> 	<p>Foto prova su piastra 4</p> 
<p>Foto prova su piastra 5</p> 	

La tabella seguente mostra i risultati ottenuti in termini di coefficiente $k = D_p/D_s$ e peso di volume secco del terreno e uno stralcio della planimetria contenente l'ubicazione delle prove eseguite:

RAPPORTO FINALE

PROVA	k (kN/cm ²)	Peso di volume secco (kN/m ³)
PC1	0.016	12.50
PC2	0.007	13.19
PC3	0.007	14.63
PC4	0.081	15.80
PC5	0.056	16.95

Ubicazione delle prove eseguite

I certificati delle prove su piastra e dei calcoli di densità sono riportati in Allegato 6.

3.5 Esecuzione di Prove SPT

La prova consiste nella infissione a percussione, secondo una procedura standardizzata, di un campionatore a pareti grosse di dimensioni standard (campionatore Raymond) nel fondo di un foro di sondaggio e nella registrazione dei colpi necessari per una penetrazione di 30 cm (NSPT).

La prova, per la quale è disponibile una vastissima letteratura di correlazioni empiriche, consente di determinare per via indiretta i parametri di resistenza al taglio, di deformabilità e di resistenza alla liquefazione di un terreno non coesivo.

3.5.1. Modalità esecutive

La prova si esegue infiggendo a fondo foro il campionatore per due tratti consecutivi, il primo da 150 mm e il secondo da 300 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

La successione delle operazioni è la seguente:

- procedere alla infissione preliminare di 150 mm contando ed annotando il numero di colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi;
- procedere alla infissione del tratto di 300 mm contando ed annotando separatamente il numero di colpi relativi ai primi 150 mm ed ai secondi 150 mm fino ad un massimo di 100 colpi complessivi; il rifiuto si considera raggiunto quando, dopo l'infissione preliminare, che è pari a 150 mm o 50 colpi, si ottengono

100 colpi per un avanzamento minore od uguale a 300 mm; nel caso di rifiuto, si annota la lunghezza di infissione corrispondente ai 100 colpi (in cm); la frequenza di battitura in tutte le fasi della prova non deve essere superiore a 30 colpi al minuto;

- ad estrazione avvenuta, aprire il campionatore, misurare e descrivere il campione prelevato, trascurando l'eventuale parte alta costituita da detriti, e quindi sigillarlo in un contenitore cilindrico a tenuta d'aria (sacchetto o barattolo di plastica) che deve consentire l'esame del campione senza mescolamenti fra le varie parti.

A ciascun contenitore andrà fissata un'etichetta contenente le seguenti informazioni:

- cantiere;
- n° del sondaggio;
- n° del campione;
- profondità della prova;
- lunghezza del campione;
- data della prova;
- n° di colpi per ogni singolo tratto di 15 cm.

3.5.2. Attività svolte

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi classificati D, sono state realizzate N. 10 prove SPT (N. 2 per ogni sondaggio). Di seguito si riporta una tabella contenente i valori N_{spt} relativi al singolo sondaggio e alla profondità.

SONDAGGIO	Pro ve SP T	Intervalli di profondità SPT (m)	N col pi	NSPT (n° colpi/3 0cm)
D1	D1-1	4.50 – 4.95	5/8/11	17
	D1-2	8.50 – 8.95	6/8/12	20
D2	D2-1	5.80 - 6.25	6/9/11	20
	D2-2	9.50 – 9.95	6/8/11	19
D3	D3-1	6.50 – 6.95	6/7/12	19
	D3-2	9.50 – 9.95	7/11/15	26
D4	D4-1	3.30 - 3.75	5/7/9	16
	D4-2	8.00 - 8.45	5/5/6	11
D5	D5-1	5.00 - 5.45	5/7/8	15
	D5-2	7.50 - 7.95	6/8/9	17

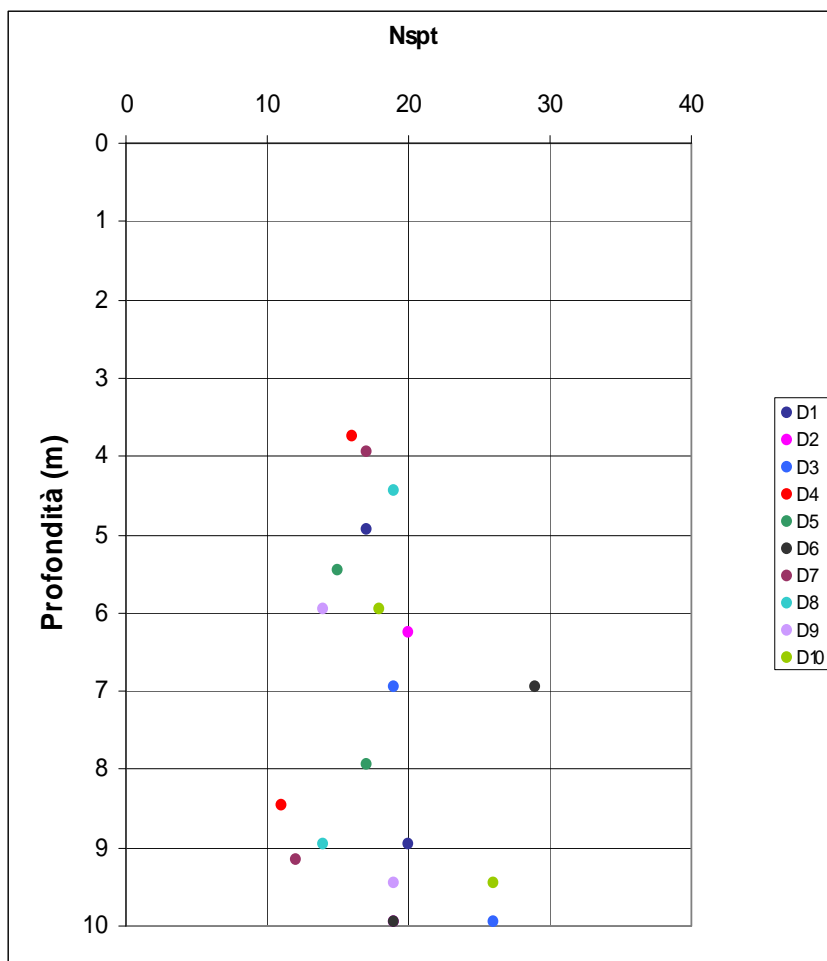
ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

SONDAGGIO	Pro ve SP T	Intervalli di profondità SPT (m)	N col pi	NSPT (n° colpi/3 0cm)
D6	D6-1	6.50 - 6.95	8/12/17	29
	D6-2	9.50 - 9.95	5/8/11	19
D7	D7-1	3.50 - 3.95	5/7/10	17
	D7-2	8.70 - 9.15	4/6/6	12
D8	D8-1	4.00 - 4.45	6/8/11	19
	D8-2	8.50 - 8.95	5/6/8	14
D9	D9-1	5.50 - 5.95	4/6/8	14
	D9-2	9.00 - 9.45	7/8/11	19
D10	D10-1	5.50 - 5.95	6/8/10	18
	D10-2	9.00 - 9.45	9/11/15	26

Gli stessi valori sono riportati, per semplicità di confronto, in Allegato 3 nelle colonne stratigrafiche.

Infine si riporta il grafico dei valori Nspt in relazione alla profondità.



3.6 Esecuzione di Prove CPTU

3.6.1. Descrizione della prova

La prova, eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è dotata di un filtro poroso, consente di misurare in maniera continua, oltre alla resistenza alla penetrazione alla punta q_c e alla resistenza per attrito laterale F_s , anche la pressione dell'acqua nei pori presente nel terreno durante la penetrazione. La prova CPTU viene eseguita solo in terreni saturi, al disotto del livello della falda.

3.6.2. Modalità di prova

Le prove sono state eseguite infiggendo la punta penetrometrica nel terreno e misurando in contemporanea i valori di resistenza alla punta e laterale, le pressioni neutre indotte, la velocità di infissione e l'inclinazione dell'asse della punta.

3.6.3. Attività svolte

Sono state eseguite, nell'area Ex SITOCO, n. 10 prove CPTU la cui ubicazione è riportata in Allegato 1.

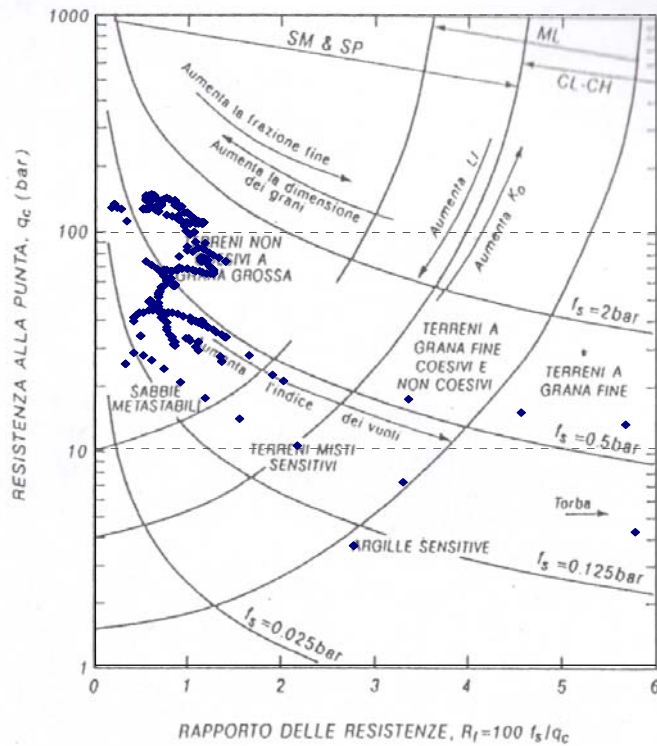


Le profondità raggiunte dalla prova *Esecuzione della prova CPTU 10* WGS 84 dei punti di esecuzione, sono riportate nella tabella seguente:

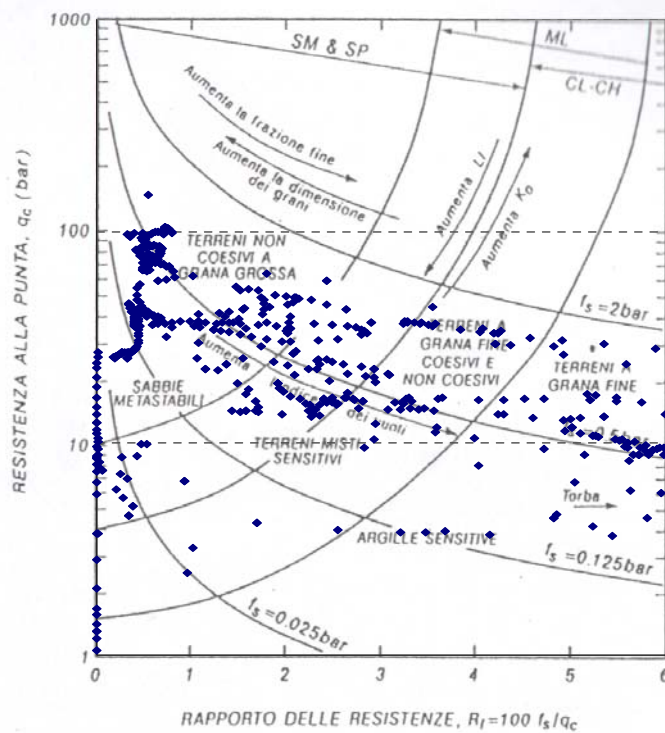
Prova CPTU	Coordinate UTM WGS 84 - fuso 32			Profondità da p.c. (m)
	Est	Nord	Z	
CPTU1	684143.114	4702438.149	1.015	10.13
CPTU2	684108.161	4702434.250	0.643	10.15
CPTU3	684017.982	4702497.389	1.393	11.18
CPTU4	683950.910	4702555.356	0.958	9.06
CPTU5	683951.102	4702586.360	0.661	9.26
CPTU6	683983.789	4702605.666	0.805	10.16
CPTU7	684043.217	4702607.094	0.994	10.66
CPTU8	684080.665	4702618.964	0.921	10.61
CPTU9	4702560.196	684118.802	1.644	11.13
CPTU10	684125.394	4702515.331	1.519	11.13

In Allegato 7 si riportano le elaborazioni delle prove eseguite in termini di Resistenza alla punta (Qc), Resistenza all'attrito laterale (Fs), Rapporto di Frizione (Rf), Pressioni neutre (U2 e U0) e angolo di inclinazione della punta. Tali prove hanno consentito inoltre di ottenere una classificazione dei terreni attraversati sulla base degli studi effettuati da Douglas e Olsen. E' stato pertanto possibile diagrammare su un opportuno abaco i punti desunti dai valori di Qc (bar) ed Rf (%). A seguire si riportano gli abachi di Douglas & Olsen relativi alle n. 10 prove eseguite con relative interpretazioni desunte dal confronto con le stratigrafie rilevate in prossimità delle prove.

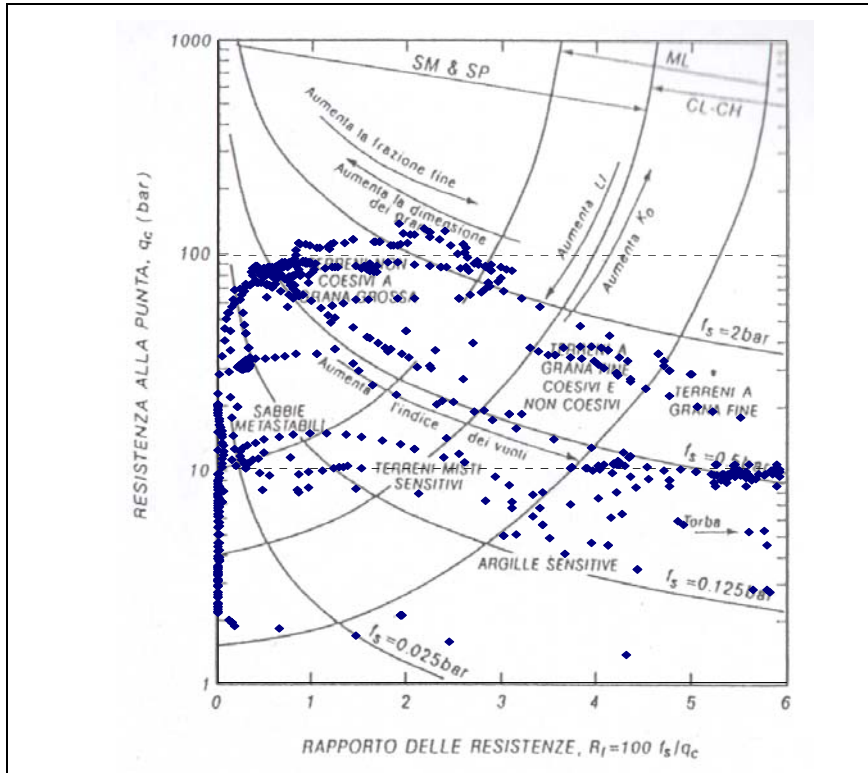
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU1



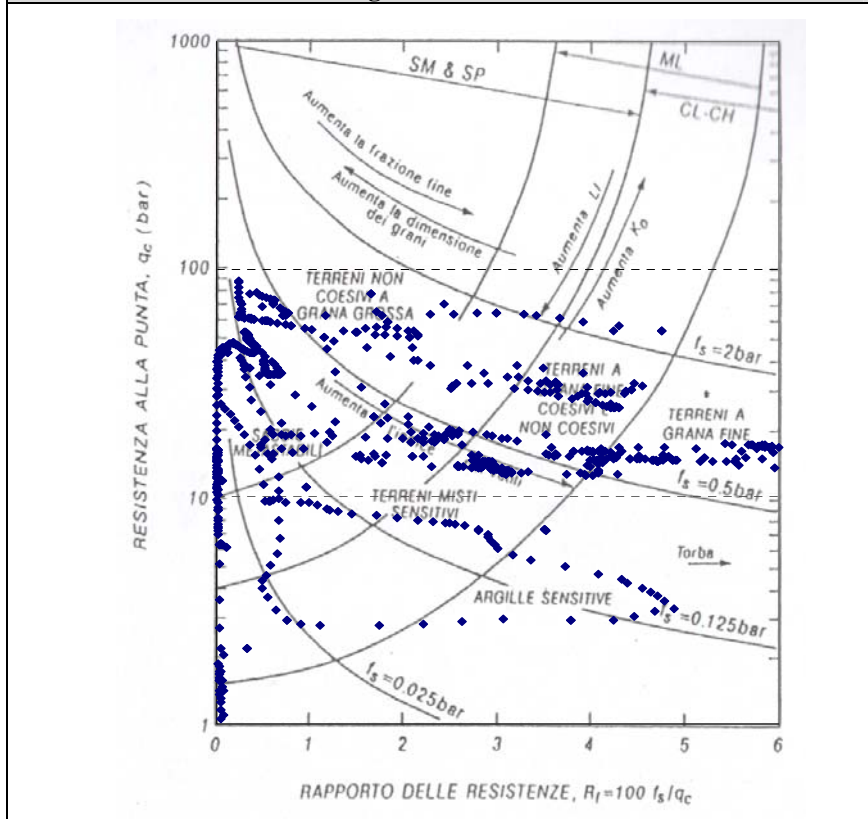
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU2



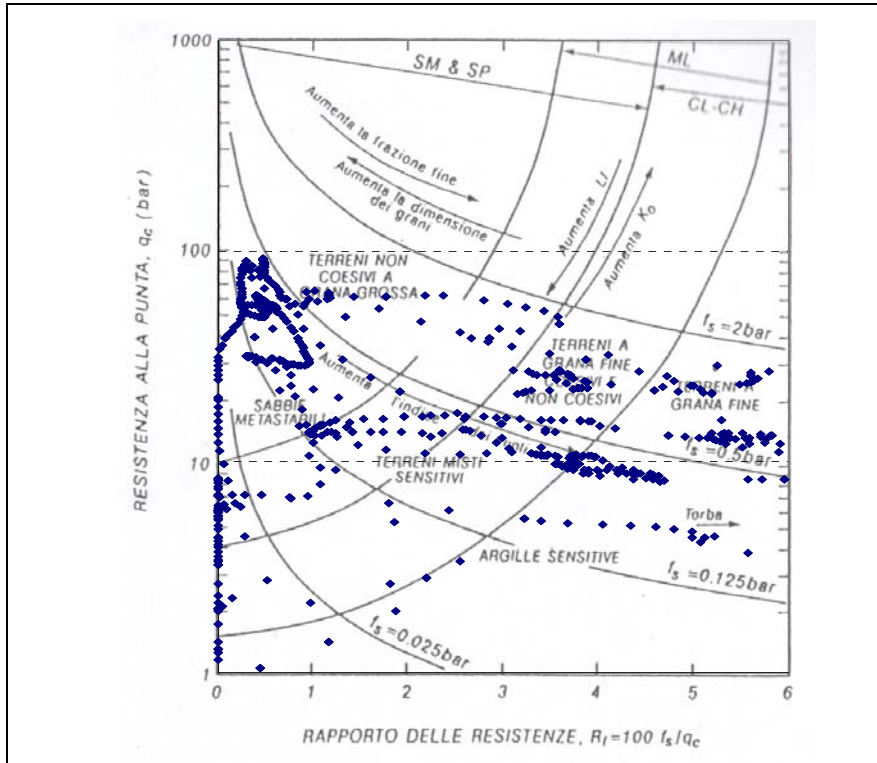
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU3



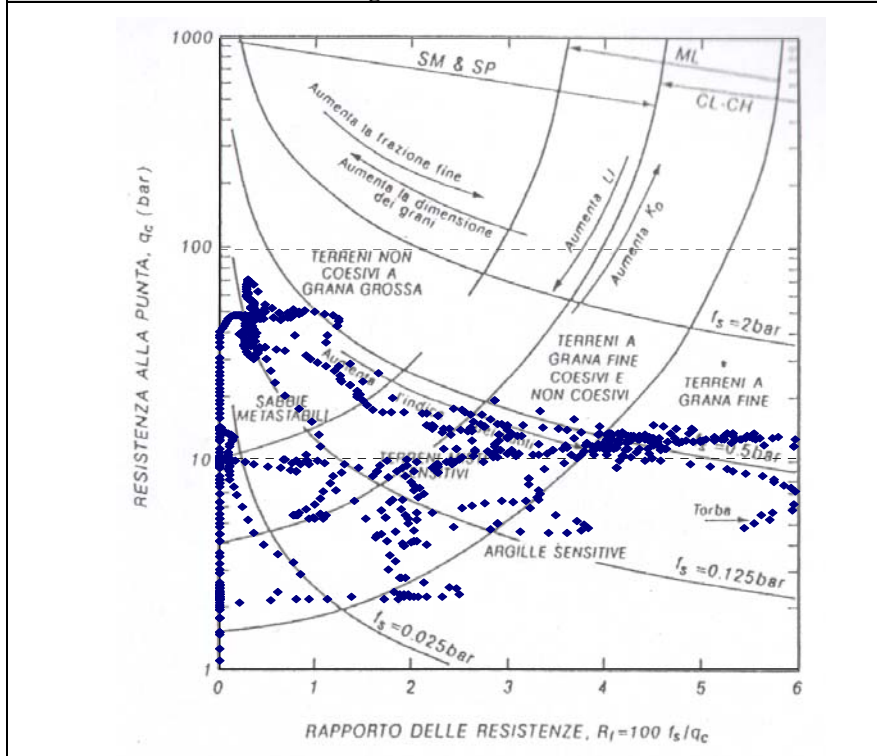
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU4



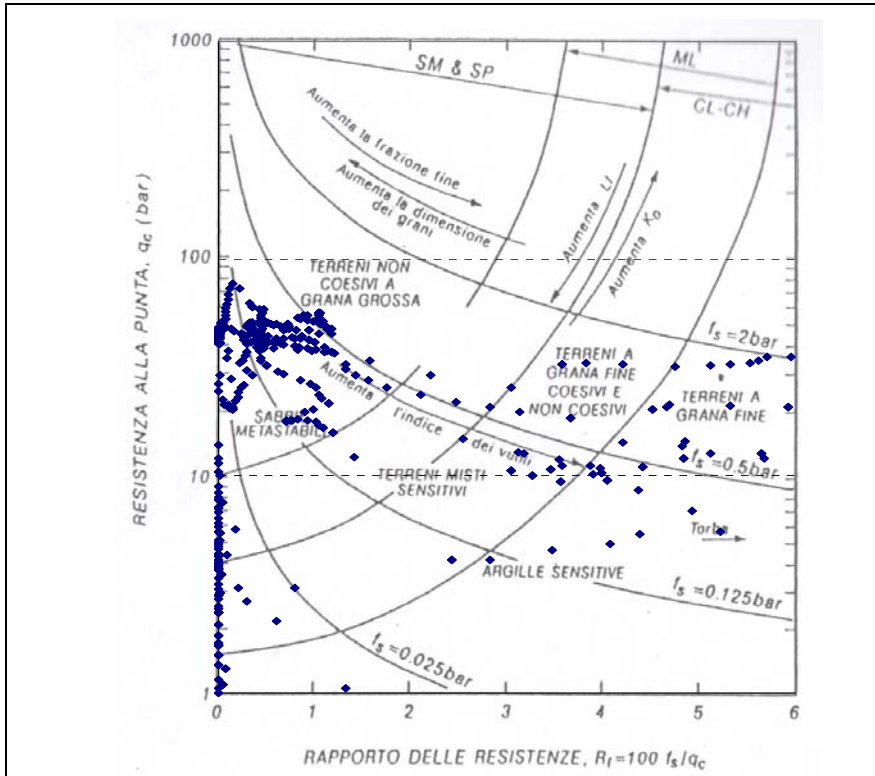
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU5



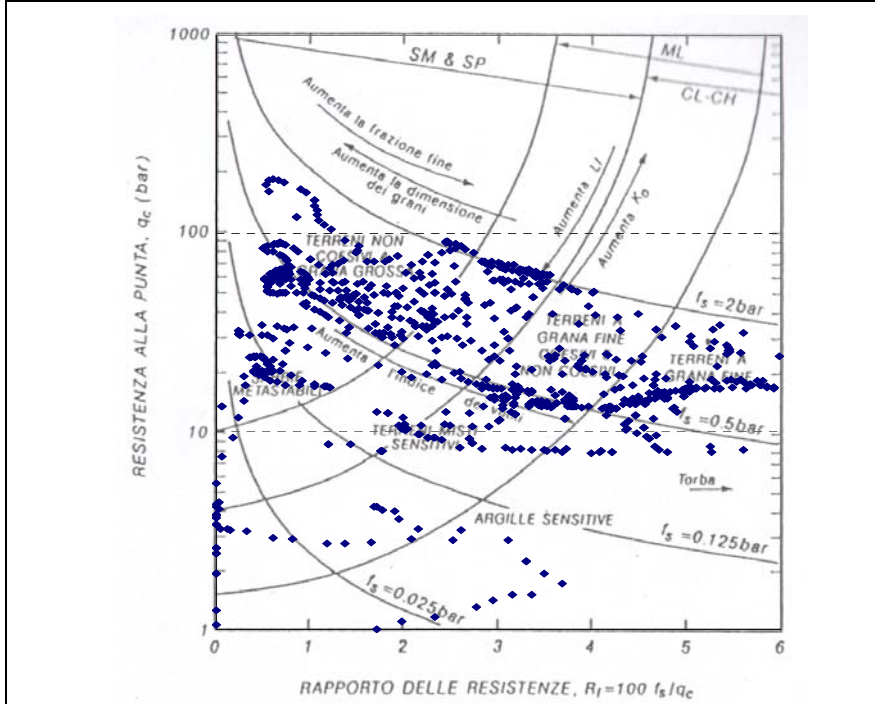
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU6



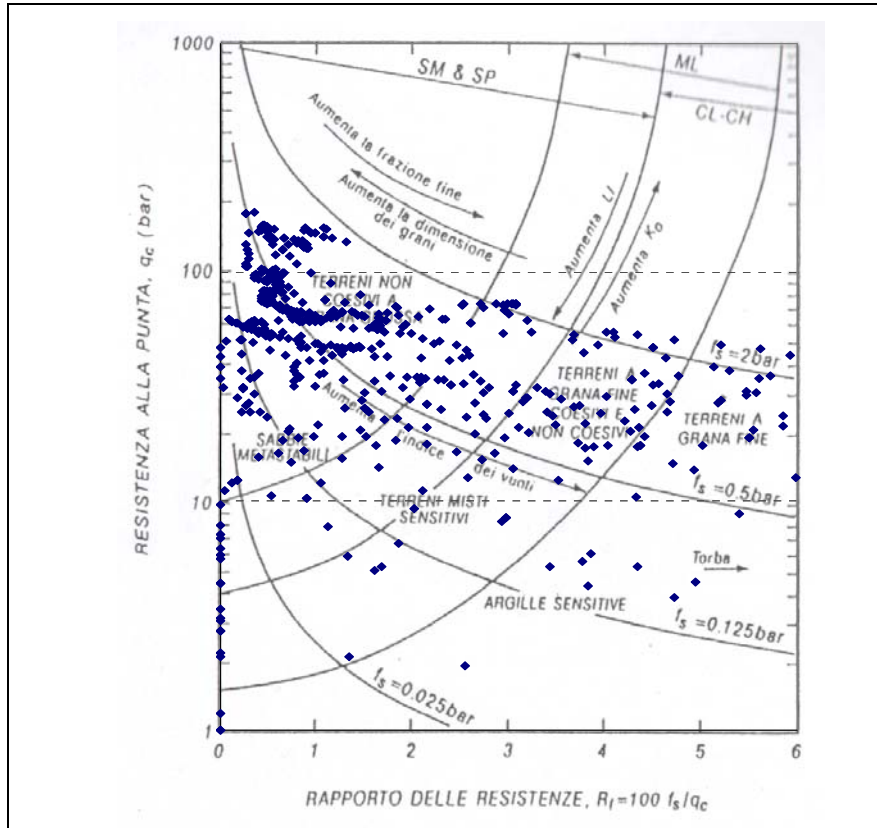
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU7



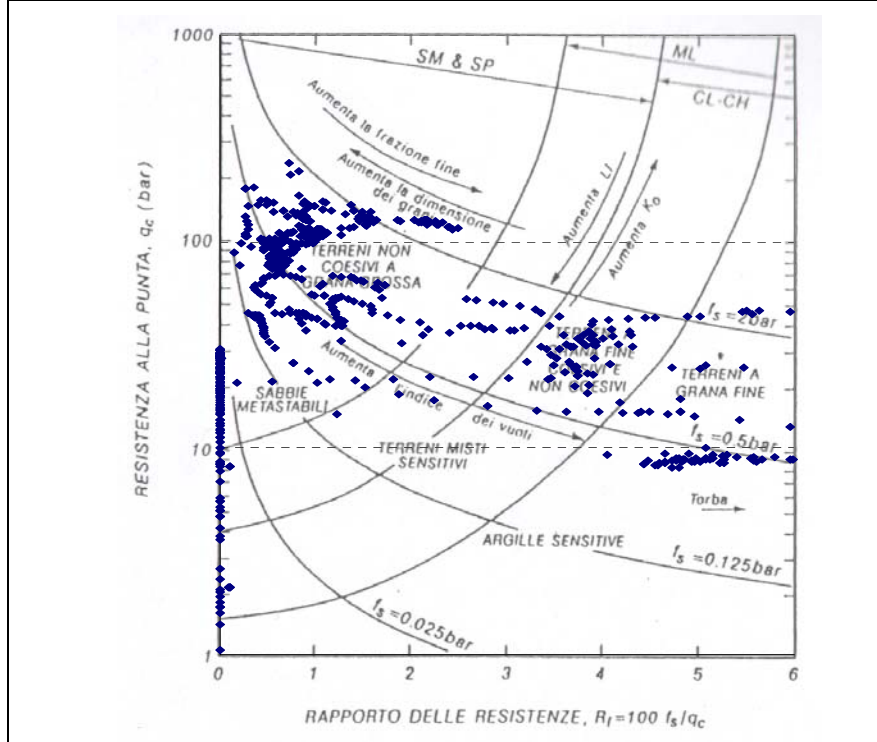
Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU8



Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU9



Classificazione di Douglas & Olsen - CPTU10



L'analisi delle risultanze appena evidenziate mostra una sostanziale dispersione dei punti rappresentativi delle singole letture nelle aree del grafico relative ai terreni non coesivi a grana grossa (frazione sabbiosa) in misura prevalente, e terreni a grana fine coesivi e non coesivi (frazioni limosa e argillosa) in misura minore.

L'analisi delle stratigrafie relative ai sondaggi realizzati in prossimità delle prove CPTU mette in evidenza effettivamente la netta alternanza tra formazioni a differente composizione granulometrica.

Tale andamento non è rappresentativo invece delle prove CPTU1 e CPTU7 caratterizzate da una maggiore presenza di terreni a granulometria prevalentemente sabbiosa. Tale fenomeno è confermato dalle stratigrafie relative ai sondaggi D1 e D7 posti in prossimità delle prove CPTU omonime.

Si precisa inoltre che i valori di resistenza alla punta registrati in alcuni tratti di prova pari a 0 MPa, sono da ricollegarsi a valori talmente bassi della resistenza offerta dai terreni da ricadere al di sotto del limite di risposta elastica della punta conica, quindi tali da non poter essere quantizzati dalla apparecchiatura stessa.

Come già segnalato, in fase esecutiva la falda è stata riscontrata a profondità superiori a quelle misurate nei piezometri; ciò è da attribuirsi alla presenza di strati tamponanti a tetto dell'acquifero. Difatti, analizzando le pressioni interstiziali desunte dall'esecuzione delle prove CPTU, si osserva che in parte delle prove realizzate i valori di U2 risultano maggiori di quelli attribuibili alle U0 (falda in pressione).

3.7 Scavo di trincee esplorative

Lo scavo delle trincee esplorative ha consentito di verificare in dettaglio la stratigrafia degli strati più superficiali, il livello della falda freatica, lo spessore del terreno vegetale, oltre a consentire il prelievo di campioni di terreno per le eventuali determinazioni analitiche di laboratorio e le prove di aggotamento della sezione di scavo.

Le trincee, sono state realizzate con un escavatore meccanico cingolato, hanno una dimensione areale di 3 m x 3 m e sono state spinte sino ad un max di 3 – 4 m dal p.c.

L'ispezione dello scavo ha previsto che venisse compilata la stratigrafia del pozzetto, in accordo con lo schema descrittivo seguente:

- spessore del terreno vegetale o della copertura;
- descrizione geotecnica dei singoli strati attraversati, adattandole alla descrizione della parete dello scavo.

Ad ispezione conclusa, gli scavi sono stati ritombati utilizzando lo stesso materiale di scavo, costipandolo con la benna dell'escavatore usata come maglio.

La documentazione di ciascun trincea ha compreso:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- quota assoluta o relativa di p.c.;
- livello piezometrico della falda freatica.
- stratigrafia geotecnica del terreno;
- indicazioni relative all'eventuale prelievo di campioni;
- indicazioni relative agli eventuali tempi di ricarica della falda nelle trincee.

3.7.1. Attività svolte

Sono stati scavati n. 8 pozzetti quadrati aventi dimensioni riportate nelle tabelle seguenti. Si riportano di seguito le caratteristiche riscontrate in ogni scavo:

Pozzetto n. 1		Dimensioni: 3x3x3 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 1.00	Silice amorfa di colore bianco e rosa (scarti di lavorazione).	

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

1.00 – 1.40	Livello litoide di colore grigio-violaceo, probabilmente sabbie litificate a causa delle infiltrazioni di acqua piovana.
1.40 – 1.60	Sabbia limosa di colore bruno-giallastro.
1.60 - 3.00	Argilla di colore bruno mediamente consistente.
Note	La falda è stata intercettata a 1.40 m nell'interfaccia tra livello litoide e sabbia limosa. Nel livello argilloso (1.60 - 3.00 m) non si riscontrano venute d'acqua.



Pozzetto n. 2		Dimensioni: 2x2x3 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 1.00	Silice amorfa di colore bianco e rosa (scarti di lavorazione).	
1.00 – 1.40	Livello litoide di colore grigio-violaceo, probabilmente sabbie litificate a causa delle infiltrazione di acqua piovana.	
1.40 – 2.50	Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore bruno-giallastro, compatta con orizzonti scuri dovuti alla presenza di materiale organico.	
2.50 - 3.00	Sabbia medio-fine debolmente limosa di colore bruno-giallastro, priva di inclusi.	
Note	La falda è stata intercettata a 2.50 m a partire dall'interfaccia tra livello argilloso e la sabbia debolmente limosa. La ricarica della falda in trincea avviene in 13 minuti.	



Pozzetto n. 3		Dimensioni: 3x3x3.30 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 1.30	Silice amorfa di colore bianco e rosa (scarti di lavorazione).	

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

1.30 – 1.80	Sabbia limoso-argillosa di colore grigio scuro, priva di inclusi.
1.80 – 3.30	Argilla sabbiosa debolmente limosa di colore bruno-giallastro, plastica alla manipolazione, con inclusi frammenti subcentimetrici di forma angolare di breccia carbonatica.
Note	Sul fondo si osserva una scarsissima infiltrazione d'acqua.



Pozzetto n. 4	Dimensioni: 3x3x3 m
----------------------	----------------------------

Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica
----------------------------------	----------------------------------

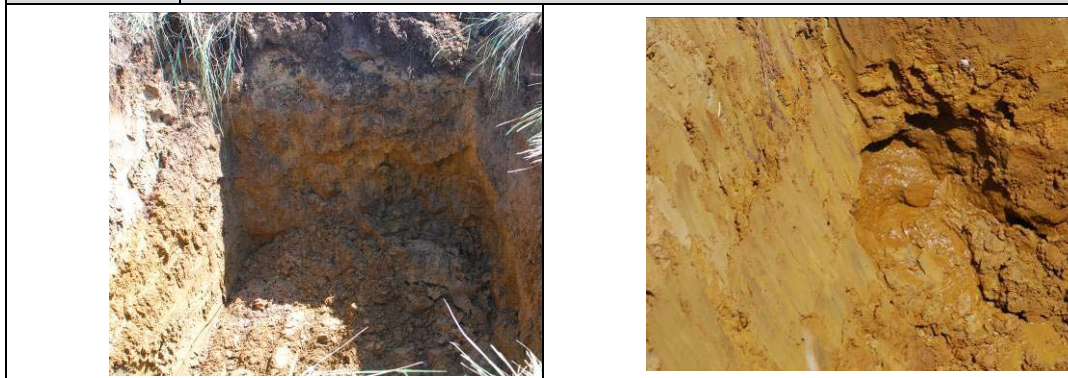
0.00 – 0.40	Suolo vegetale.
--------------------	-----------------



0.40 – 1.00	Sabbia limoso-argillosa di colore bruno chiaro.
--------------------	---



1.00 – 2.00	Sabbia fine debolmente limosa.
--------------------	--------------------------------

2.00 - 3.00	Argilla debolmente sabbiosa di colore bruno scuro.
--------------------	--

Note	La falda è stata intercettata a 2.00 m nell'interfaccia tra la sabbia fine e l'argilla deb. sabbiosa e si presenta sottoforma di venute d'acqua localizzate. La ricarica della falda in trincea avviene in 1 ora.
-------------	---





Pozzetto n. 5		Dimensioni: 3x3x3 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 0.50	Suolo vegetale.	
0.40 – 1.20	Sabbia debolmente argillosa con tracce di ossidazione di colore arancione.	
1.20 – 2.70	Sabbia di colore bruno, a granulometria fine e debolmente limosa.	
2.70 - 3.00	Argilla debolmente sabbiosa di colore bruno scuro.	
Note	La falda è stata intercettata a ca 2.00 m nel livello sabbioso.	
		

Pozzetto n. 6		Dimensioni: 3x3x3 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 0.30	Suolo vegetale.	
0.30 – 1.20	Sabbia fine a tratti debolmente limosa di color bruno arancio.	
1.20 – 3.00	Sabbia fine a tratti debolmente argillosa con pezzatura cromatica grigio-azzurra e arancione (la parte grigio-azzurra è sabbioso-argillosa, la parte arancione è sabbia fine). Verso il basso aumenta la frazione argillosa.	
2.70 - 3.00	Argilla debolmente sabbiosa di colore bruno scuro.	
Note	La falda rifluisce molto lentamente a ca. 3.00 m.	
		

RAPPORTO FINALE

Pozzetto n. 7		Dimensioni: 3x3x3 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 3.00	Materiale di discarica: buste di plastica di uso industriale, gomma, legno, mattoni in laterizio, frammenti di ferro immersi in matrice sabbiosa di colore violaceo.	
		

Pozzetto n. 8		Dimensioni: 3x3x3 m
Profondità n dal p.c.	Descrizione stratigrafica	
0.00 – 3.00	Materiale di discarica: frammenti di laterizio e ferro immersi in matrice sabbiosa di colore violaceo.	
Note	La falda rifluisce lentamente a ca. 3 m.	
		

Di seguito si riportano le coordinate UTM WGS 84 dei pozzetti scavati:

SC AV O	Coordinate UTM WGS 84 - fuso 32		
	Est	Nord	Z (m)
S1	68456 8.011	47023 52.53 8	0.935
S2	68457 2.319	47022 96.32 3	0.852
S3	68461 4.230	47022 89.79 1	0.903
S4	68423 5.086	47024 45.33 9	0.746
S5	68423 3.693	47024 14.63 5	0.653
S6	68426 0.754	47024 34.89 2	1.079
S7	68431 9.156	47026 27.72 7	3.112
S8	68434 5.677	47025 22.10 8	1.993

Si è osservato che la falda nei pozzetti si è manifestata sottoforma di venute d'acqua di entità limitata e per lo più concentrate in determinati punti degli scavi.

Ciò è ascrivibile alla presenza della formazione argillosa, riscontrabile a partire da ca. 1.5 - 2.5 m dal p.c., che costituisce un tampone alla risalita dell'acqua di falda all'interno degli scavi.

Quanto detto, oltre la forte disomogeneità stratigrafica riscontrata negli scavi, ha reso impossibile la determinazione di un coefficiente di permeabilità desunto dall'aggottamento dei pozzetti.

3.8 Esecuzione di Prove Granulometriche su campioni di Top Soil

Il prelievo di n.10 campioni di Top Soil (0.00 - 0.20 m) nella aree comprese tra gli stabilimenti Ex SITOCO ed ex Sipe Nobel è avvenuto al fine di sottoporre i campioni ad analisi chimiche e granulometriche; sono state, quindi prelevate n. 2 aliquote.

L'aliquote da sottoporre ad analisi chimiche è stata prelevata sulla base delle tecniche di quartatura (CNR 25) con formazione del campione su telo impermeabile (es. polietilene), in condizioni adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale ed omogeneizzato in busta in PET o in alternativa in un contenitore di acciaio inossidabile, ovvero mediante l'utilizzo di paletta per campionamento in acciaio inox, al fine di ottenere un campione rappresentativo dell'intero strato individuato, e finale sigillatura ed etichettatura del campione e custodia in frigo portatile da cantiere e spedizione al laboratorio incaricato per l'esecuzione delle analisi chimiche.

Nel prelievo in campo dei campioni sono stati eliminati i ciottoli e privilegiati i materiali fini o di matrice fine (passaggio al setaccio 2 cm).

Tutti i contenitori sono stati contrassegnati con etichette adesive riportanti:

- identificativo del sito;
- la data e l'ora del campionamento;
- il numero di aliquote che compongono il campione (es. 2 di 3).



Tutti i campioni prelevati sono stati conservati alla temperatura di $+4 \pm 2$ °C e spediti immediatamente al Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle analisi chimiche previste.

La seconda aliquota di tali campioni è stata sottoposta a prove geotecniche di laboratorio finalizzate alla determinazione della composizione granulometrica. Si è fatto riferimento pertanto a:

- Classificazione granulometrica mediante setacciatura: la prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n° 200; le normative di riferimento sono:
 - ASTM D 422 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
 - ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.
- Analisi granulometrica per vagliatura: è stata eseguita in ogni caso per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3"; è ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.
- Analisi granulometrica mediante sedimentazione: la prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.

Nella tabella seguente si riportano le determinazioni relative alla distribuzione granulometrica dei campioni prelevati.

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

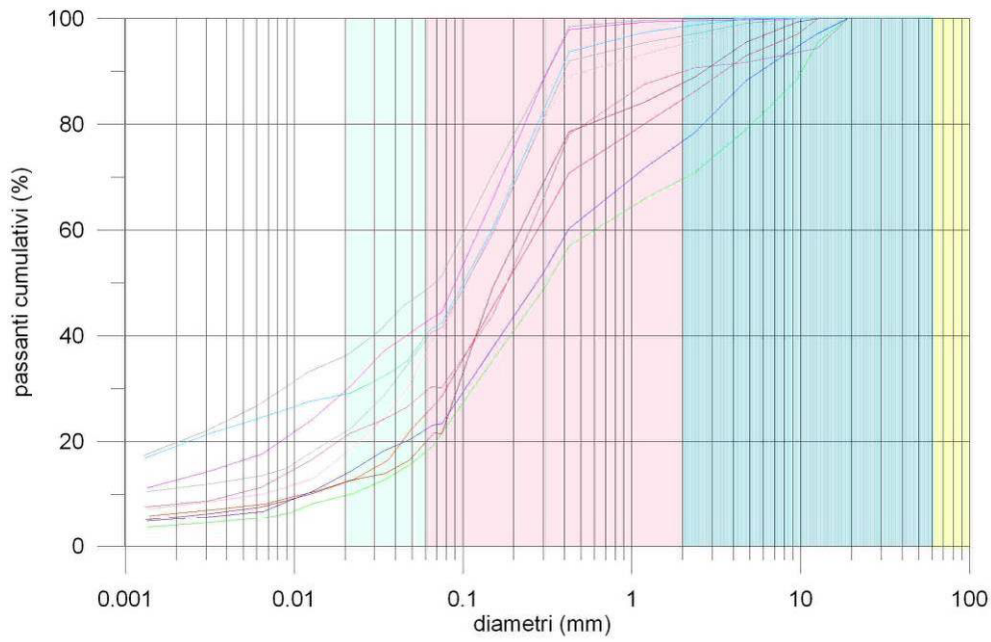
RAPPORTO FINALE

CAMPIONE	Argilla (%)	Limo (%)	Sabbia (%)	Ghiaia (%)	Ciottoli (%)
C1	7	19	59	15	0
C2	5	17	55	23	0
C3	4	15	51	30	0
C4	8	28	59	5	0
C5	12	30	58	0	0
C6	20	18	62	0	0
C7	9	20	61	10	0
C8	11	28	58	3	0
C9	19	20	59	2	0
C10	5	14	68	13	0

I certificati delle prove di laboratorio geotecnico sono riportati in Allegato 8.

Di seguito si riportano i fusi granulometrici relativi ai campioni prelevati, in relazione alla classificazione geotecnica dei terreni.

RAPPORTO FINALE
CURVE GRANULOMETRICHE



Graph granulometrie	
	Campione C1
	Campione C2
	Campione C3
	Campione C4
	Campione C5
	Campione C6
	Campione C7
	Campione C8
	Campione C9
	Campione C10

classi granulometriche	
	ciottoli
	ghiaia
	sabbia
	limo
	argilla

3.9 Esecuzione di Prove Geotecniche su campioni indisturbati

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi "D" è stato effettuato il campionamento di n 20campioni indisturbati.

Il prelievo di campioni indisturbati ha seguito le manovre di perforazione ed è avvenuto mediante campionatori costituiti da fustella a pareti sottili in acciaio inox, tipo Shelby, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_{int} \geq 7.5$
- coefficiente di parete (o rapporto delle aree):
- coefficiente di ingresso (o coefficiente di spoglia interna):
- diametro utile > 85 mm

I campioni indisturbati prelevati nel corso delle perforazioni saranno sottoposti a prove geotecniche di laboratorio. Si prevede di eseguire le seguenti prove:

- Classificazione granulometrica mediante setacciatura. La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n° 200. Le normative di riferimento sono:
- ASTM D 422 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants
- L'analisi granulometrica per vagliatura si eseguirà in ogni caso per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3". E' ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.
- Analisi granulometrica mediante sedimentazione. La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.
- Calcolo dei limiti di Atterberg
- Prove meccaniche tra cui prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e prove di taglio in scatola di Casagrande, per la stima dei parametri a rottura (coesione ed angolo di attrito interno).

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
 QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
 RAPPORTO FINALE

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri geotecnici individuati:

Sigla campione	D01-C1	D01-C2	D02-C1	D02-C2
Profondità prelievo (m)	4.00/4.50	8.00/8.50	5.30/5.80	9.00/9.50
Peso volume naturale γ_n (KN/m ³)	19.93	17.26	18.17	18.20
Peso volume del secco γ_d (KN/m ³)	16.22	12.38	14.43	13.89
Contenuto d'acqua W (%)	22.85	39.42	25.91	31.07
Peso volume dei Granuli G (-)	2.64	2.62	2.63	2.66
Porosità n (%)	38.66	52.80	45.08	47.82
Indice dei vuoti e (-)	0.63	1.12	0.82	0.92
Grado di saturazione S _r (%)	95.90	92.45	82.96	90.23
Classe granulometrica	Sabbia argillosa	Argilla limosa	Argilla limosa	Sabbia deb. limosa
Limiti di Atterberg				
Limite di liquidità WL (%)	36	77	66	/
Limite di plasticità WP (%)	25	54	34	/
Indice di plasticità IP (%)	11	23	32	/
Indice di consistenza IC (-)	1.17	1.64	1.25	/
Prova Taglio Diretto CD				

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

Sigla campione	D01-C1	D01-C2	D02-C1	D02-C2
Profondità prelievo (m)	4.00/4.50	8.00/8.50	5.30/5.80	9.00/9.50
Angolo di attrito interno (°)	31	29	29	/
Coesione di picco (kPa)	15	21	20	/
Prova Triassiale UU				
Cu media (kPa)	/	/	/	49.88

Sigla campione	D03-C1	D03-C2	D04-C1	D04-C2
Profondità prelievo (m)	6.00/6.50	9.00/9.50	2.80/3.30	7.50/8.00
Peso volume naturale γ_n (KN/m ³)	18.04	16.41	20.04	17.82
Peso volume del secco γ_d (KN/m ³)	13.40	12.26	17.07	12.98
Contenuto d'acqua W (%)	34.68	33.83	17.39	37.30
Peso volume dei Granuli G (-)	2.67	2.61	2.71	2.68
Porosità n (%)	49.77	53.08	36.92	51.61
Indice dei vuoti e (-)	0.99	1.13	0.59	1.07
Grado di saturazione Srs (%)	93.35	78.14	80.40	93.83
Classe granulometrica	Argilla limosa	Sabbia deb. Limosa	Sabbia limosa	Argilla deb. Limosa
Limiti di Atterberg				
Limite di liquidità WL (%)	68	/	/	56

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

Sigla campione	D03-C1	D03-C2	D04-C1	D04-C2
Profondità prelievo (m)	6.00/6.50	9.00/9.50	2.80/3.30	7.50/8.00
Limite di plasticità WP (%)	32	/	/	34
Indice di plasticità IP (%)	36	/	/	22
Indice di consistenza IC (-)	0.94	/	/	0.87
Prova Taglio Diretto CD				
Angolo di attrito interno (°)	/	34	34	/
Coesione di picco (kPa)	/	7	7	/
Prova Triassiale UU				
Cu media (kPa)	119.11	/	/	71.24

Sigla campione	D05-C1	D05-C2	D06-C1	D06-C2
Profondità prelievo (m)	4.50/5.00	7.00/7.50	6.00/6.50	9.00/9.50
Peso volume naturale γ_n (KN/m ³)	19.39	18.71	18.19	18.28
Peso volume del secco γ_d (KN/m ³)	16.43	14.76	13.26	13.68
Contenuto d'acqua W (%)	18.03	26.71	37.18	33.64
Peso volume dei Granuli G (-)	2.60	2.57	2.65	2.57
Porosità n (%)	36.88	42.51	49.87	46.78
Indice dei vuoti e (-)	0.58	0.74	0.99	0.88
Grado di saturazione Srs (%)	80.30	92.78	98.88	98.39
Classe granulometrica	Sabbia	Argilla limosa	Argilla limosa	Sabbia

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

Sigla campione	D05-C1	D05-C2	D06-C1	D06-C2
Profondità prelievo (m)	4.50/5.00	7.00/7.50	6.00/6.50	9.00/9.50
Limiti di Atterberg				
Limite di liquidità WL (%)	/	57	55	/
Limite di plasticità WP (%)	/	30	37	/
Indice di plasticità IP (%)	/	27	18	/
Indice di consistenza IC (-)	/	1.12	0.97	/
Prova Taglio Diretto CD				
Angolo di attrito interno (°)	33	/	/	/
Coesione di picco (kPa)	10	/		/
Prova Triassiale UU				
Cu media (kPa)	/	45.7	117.23	41.52

Sigla campione	D07-C1	D07-C2	D08-C1	D08-C2
Profondità prelievo (m)	3.00/3.50	8.20/8.70	3.50/4.00	8.00/8.50
Peso volume naturale γ_n (KN/m ³)	17.54	18.65	19.39	18.65
Peso volume del secco γ_d (KN/m ³)	13.95	14.40	16.63	14.40
Contenuto d'acqua W (%)	27.17	29.51	16.61	29.51
Peso volume dei Granuli G (-)	2.58	2.60	2.62	2.60
Porosità n (%)	46.03	44.52	36.47	44.71
Indice dei vuoti e (-)	0.85	0.80	0.57	0.81
Grado di saturazione	82.35	95.43	75.72	95.02

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

Sigla campione	D07-C1	D07-C2	D08-C1	D08-C2
Profondità prelievo (m)	3.00/3.50	8.20/8.70	3.50/4.00	8.00/8.50
Srs (%)				
Classe granulometrica	Sabbia	Sabbia limosa	Sabbia	Sabbia
Limiti di Atterberg				
Limite di liquidità WL (%)	/	/	22	/
Limite di plasticità WP (%)	/	/	12	/
Indice di plasticità IP (%)	/	/	10	/
Indice di consistenza IC (-)	/	/	0.52	/
Prova Taglio Diretto CD				
Angolo di attrito interno (°)	/	/	33	/
Coesione di picco (kPa)	/	/	10	/
Prova Triassiale UU				
Media (kPa)	63.26	40.36	/	58.79

Sigla campione	D09-C1	D09-C2	D10-C1	D10-C2
Profondità prelievo (m)	5.00/5.50	8.50/9.00	5.00/5.50	8.50/9.00
Peso volume naturale γ_n (KN/m ³)	18.86	17.93	18.43	18.95
Peso volume del secco γ_d (KN/m ³)	14.65	14.03	14.14	14.97
Contenuto d'acqua	28.73	27.76	30.34	26.62

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.

RAPPORTO FINALE

Sigla campione	D09-C1	D09-C2	D10-C1	D10-C2
Profondità prelievo (m)	5.00/5.50	8.50/9.00	5.00/5.50	8.50/9.00
W (%)				
Peso volume dei Granuli G (-)	2.60	2.61	2.65	2.64
Porosità n (%)	43.65	46.21	46.68	43.31
Indice dei vuoti e (-)	0.78	0.86	0.88	0.76
Grado di saturazione S_{r_s} (%)	96.47	84.30	91.88	91.98
Classe granulometrica	Argilla limosa	Sabbia	Argilla limosa	Sabbia
Limiti di Atterberg				
Limite di liquidità WL (%)	64	/	57	/
Limite di plasticità WP (%)	41	/	35	/
Indice di plasticità IP (%)	23	/	22	/
Indice di consistenza IC (-)	1.55	/	1.23	/
Prova Taglio Diretto CD				
Angolo di attrito interno (°)	27	35	27	/
Coesione di picco (kPa)	25	4	24	/
Prova Triassiale UU				

RAPPORTO FINALE

Sigla campione	D09-C1	D09-C2	D10-C1	D10-C2
Profondità prelievo (m)	5.00/5.50	8.50/9.00	5.00/5.50	8.50/9.00
Cu media (kPa)	/	/	/	69.73

3.10 Esecuzione di Prospezioni Natural Gamma

3.10.1. Descrizione della prova

I carotaggi geofisici, o logs in foro, sono diagrafie che consentono di ottenere una registrazione in continuo delle variazioni di un parametro fisico - chimico del terreno, ad alta risoluzione e in condizioni pressoché indisturbate, sotto forma digitale o analogica, calando all'interno di un foro di sondaggio o di un piezometro o di un pozzo già esistente, un'apposita sonda cilindrica del diametro di pochi centimetri.

Sono pertanto metodi che generalmente vengono utilizzati come strumento complementare o in associazione alle tecniche di indagine tradizionali di superficie, sia dirette che indirette.

In particolare, il log per la misura del gamma naturale (gamma ray logs) misura la radioattività naturale (espressa in CPS *count per second*) emessa dalle formazioni geologiche in funzione della loro composizione chimico - mineralogica.

La particolarità di questo metodo consiste soprattutto nella sua praticità e nella possibilità di essere eseguito anche in un foro già pre-rivestito, quando nella maggior parte dei casi i migliori risultati si ottengono in fori non rivestiti.

3.10.2. Attrezzatura impiegata

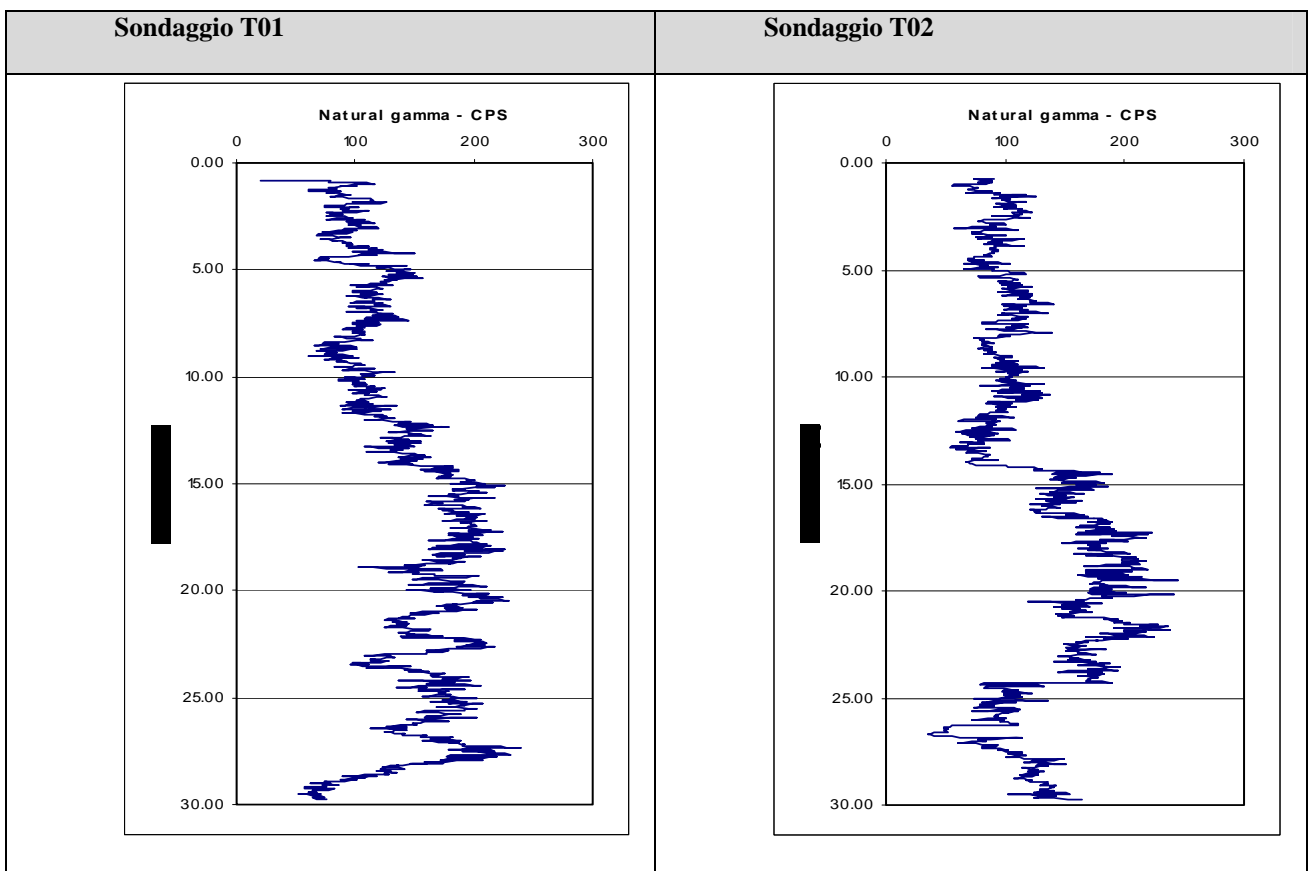
Per le misure in campo potrà essere utilizzata un sistema della MountSopris, costituito da:

- console con software di acquisizione
- verricello motorizzato portatile con cavo di sostegno (fino a 200 metri di profondità), alimentazione e trasmissione del segnale del sistema di misura
- sistema di alimentazione a mezzo motogeneratore portatile con stabilizzatore di corrente

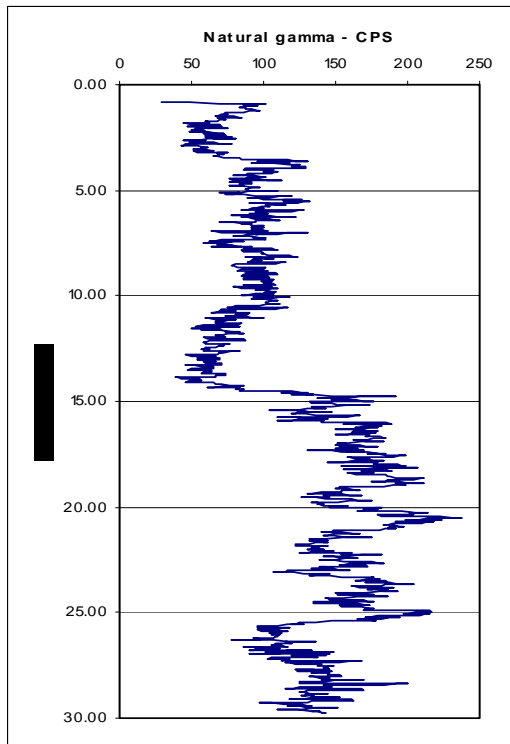
- sonda 2PGA-1000 Gamma naturale, di dimensioni 4.1 cm (diametro), 79.5 cm (lunghezza).

3.10.3. Prove eseguite

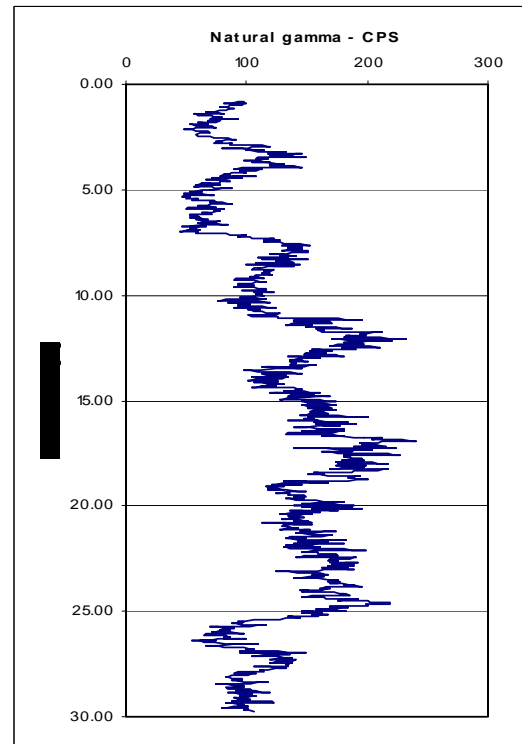
L'esecuzione di rilievi Natural Gamma ha interessato i piezometri "T" per tutto il loro sviluppo. Di seguito si riportano i diagrammi che mostrano i valori di CPS in funzione della profondità per ogni singolo piezometro:



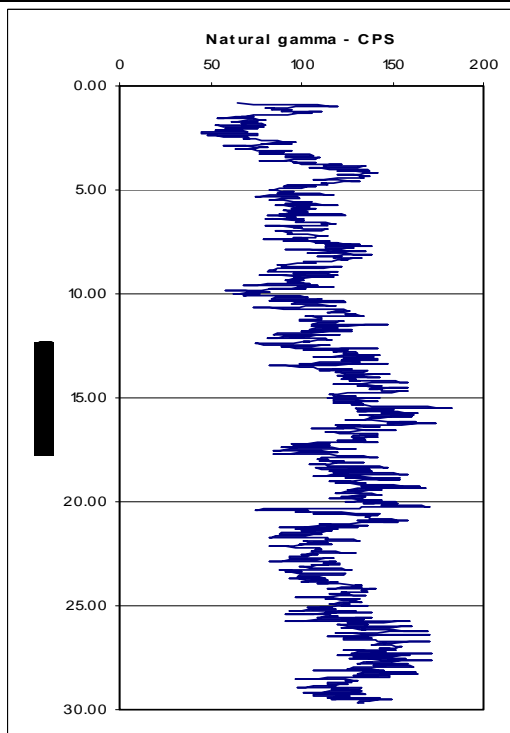
Sondaggio T03



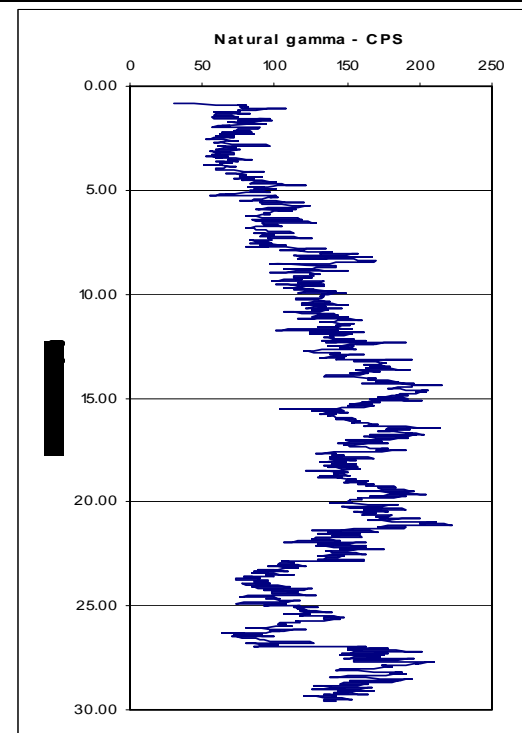
Sondaggio T04



Sondaggio T05

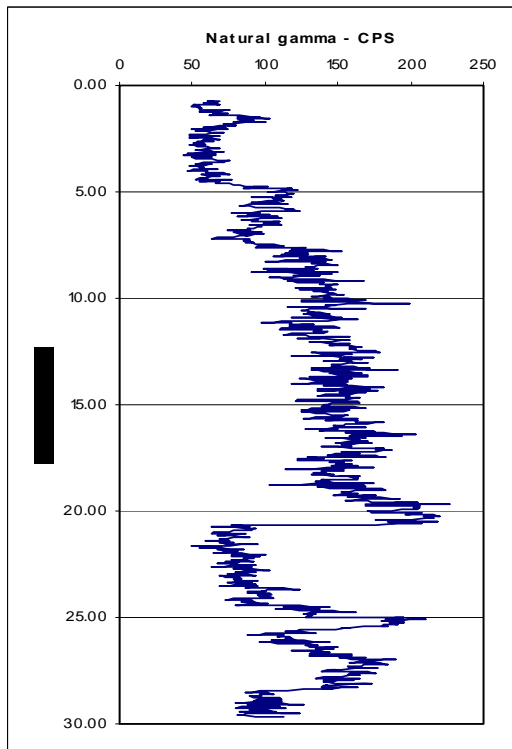


Sondaggio T06

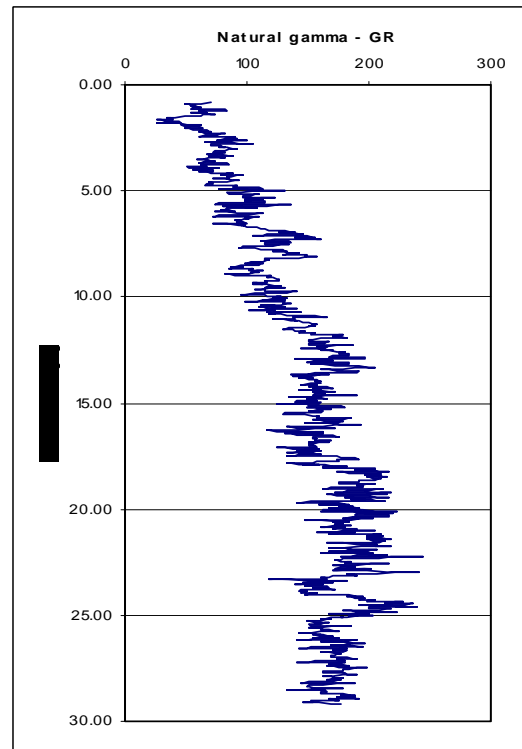


ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
RAPPORTO FINALE

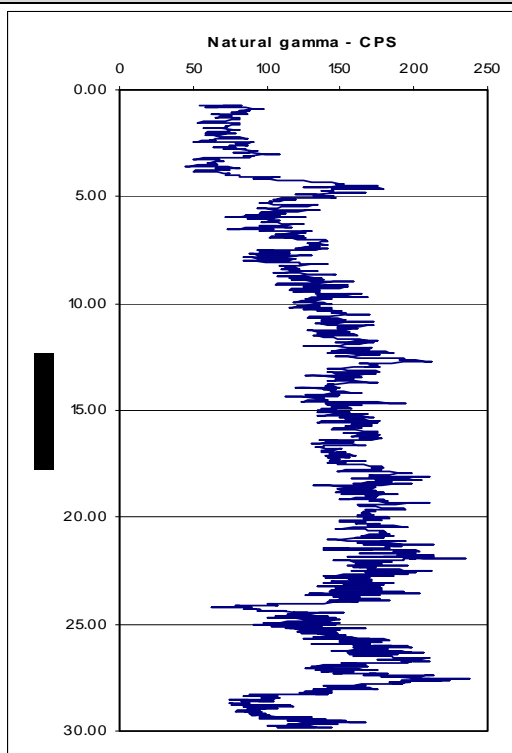
Sondaggio T07



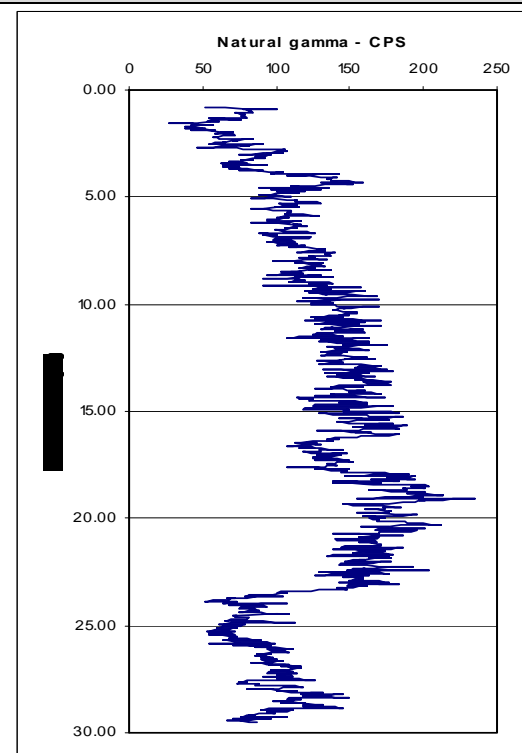
Sondaggio T08



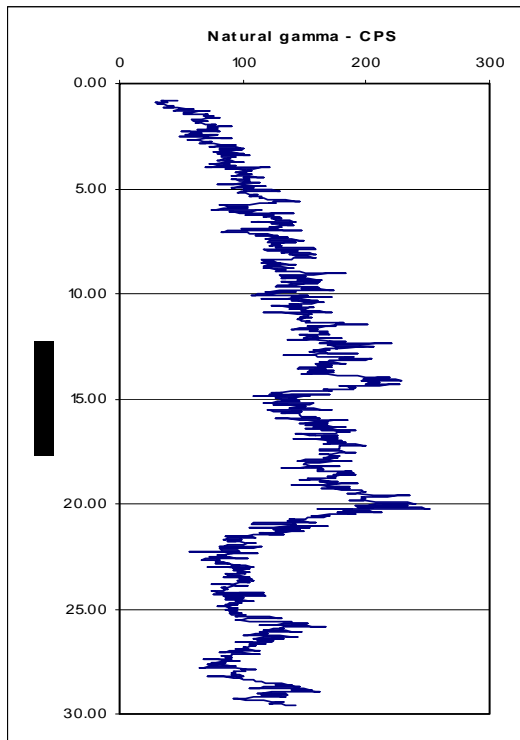
Sondaggio T09



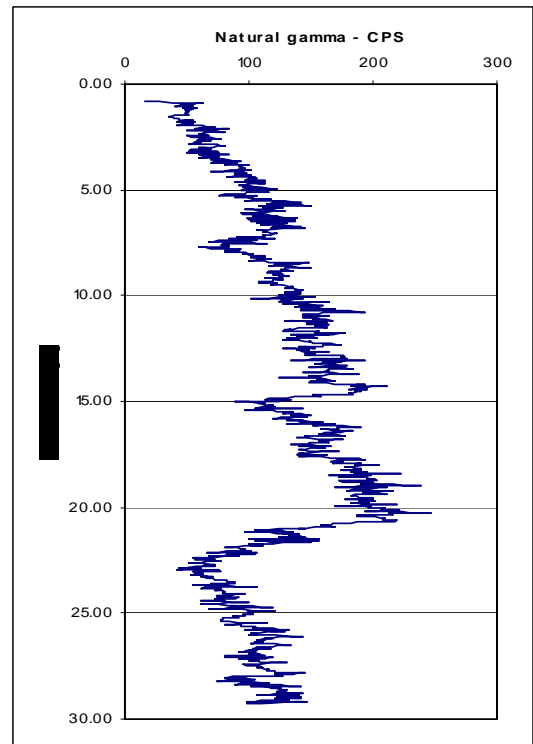
Sondaggio T10



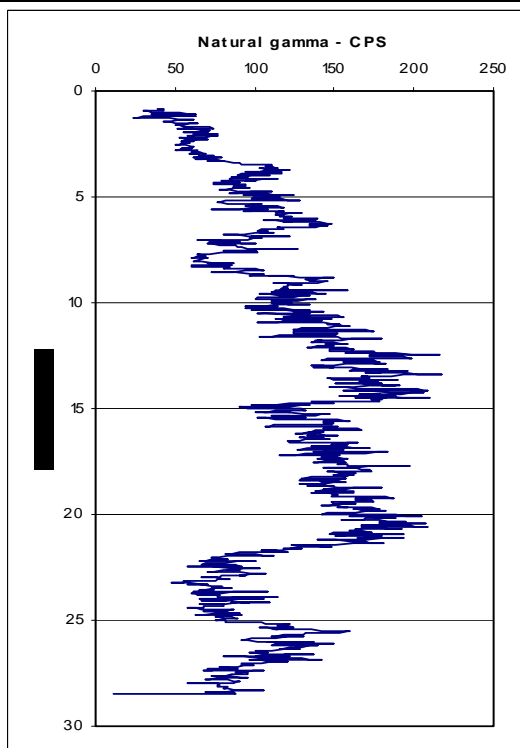
Sondaggio T11



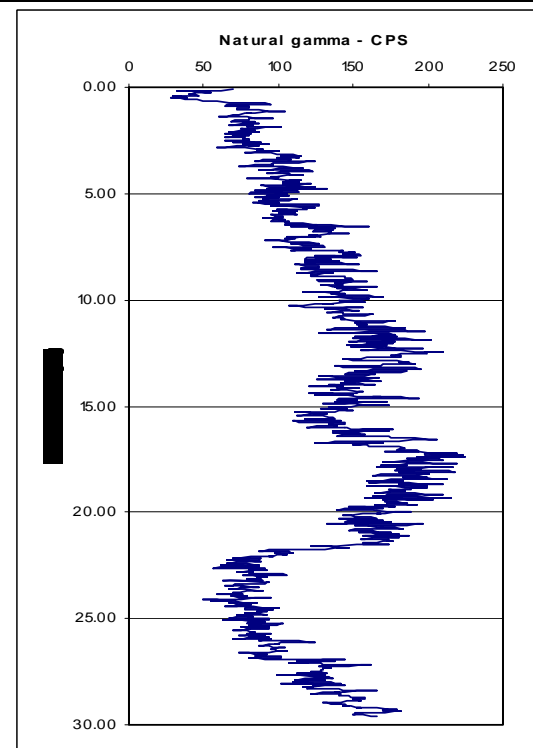
Sondaggio T12

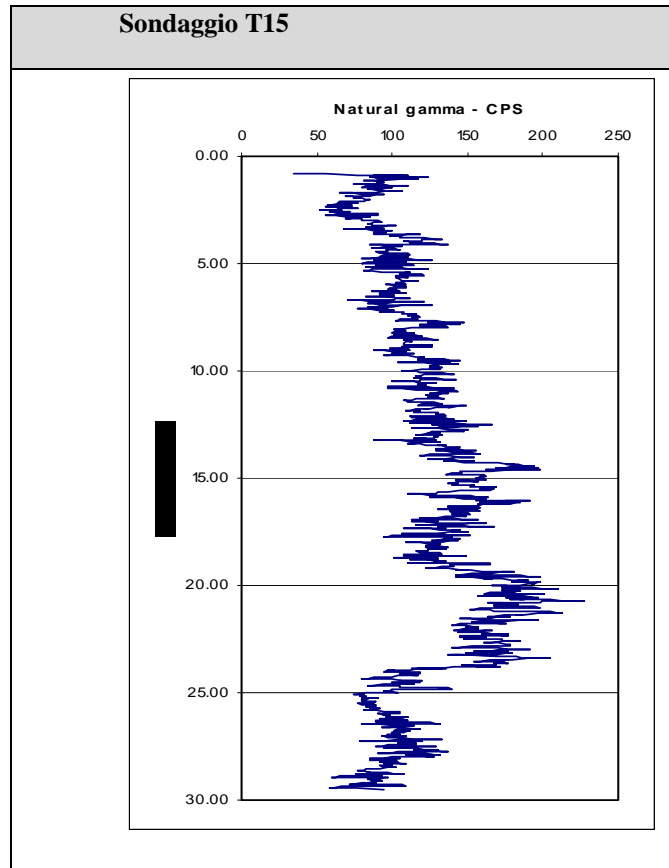


Sondaggio T13



Sondaggio T14





3.11 Esecuzione di Prospezioni Down Hole

3.11.1. Descrizione della prova

Il metodo sismico in foro “down-hole” consente di determinare il tempo di propagazione delle onde elastiche di compressione e di taglio, P ed S, generate in superficie mediante l’uso di una massa battente, all’interno delle varie unità litologiche che si incontrano lungo una perforazione.

In fase esecutiva, per il rilievo delle onde elastiche, si utilizza un sistema di ricezione costituito da geofoni opportunamente assemblati, che viene fissato a profondità man mano crescenti contro le pareti di un perforo, opportunamente condizionato, mediante un sistema pneumatico.

La rilevazione delle onde P e delle onde S, nota la profondità dell’apparato di misurazione, permette di determinare le relative velocità di propagazione e di calcolare i moduli elastici dinamici dei litotipi, noti i pesi di volume che li caratterizzano.

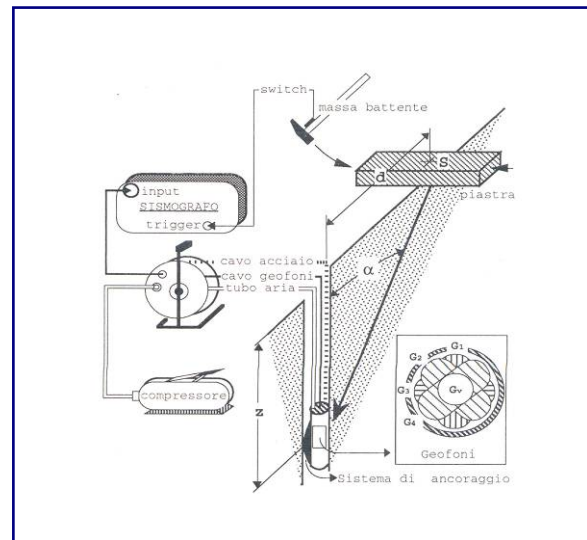
A differenza della sismica a rifrazione che misura i tempi di arrivo delle onde sismiche dopo che queste hanno subito fenomeni di rifrazione e/o di riflessione, il metodo “down-hole”, misurando il tempo di arrivo delle onde elastiche man mano che queste penetrano negli strati più profondi, ha, rispetto al precedente, il vantaggio di non avere come condizione necessaria l’aumento della velocità con la profondità; pertanto è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nel pacco di litotipi attraversati dall’indagine.

Se la sorgente energizzante è molto prossima all'asse del perforo e le superfici di discontinuità sono perpendicolari a tale asse, il raggio sismico che dalla sorgente si muove verso i geofoni, non subirà alcuna deviazione nell'attraversare le suddette discontinuità.

Se, invece, sia per motivi logistici sia per evitare che l'onda elastica si trasmetta lungo il materiale di condizionamento, la sorgente energizzante viene a trovarsi ad una certa distanza dall'asse del perforo, i tempi di arrivo delle onde devono essere corretti in modo da riportarli ai valori che si sarebbero dovuti riscontrare qualora il raggio avesse viaggiato secondo un tragitto verticale.

In fase di elaborazione, per una prima valutazione del grado di disomogeneità delle litologie lungo il profilo verticale, si usa determinare la "velocità intervallo", ovvero la velocità con cui viaggerebbe il fronte d'onda lungo l'asse verticale tra due posizioni consecutive del ricevitore, intervallate da un determinato spessore, rappresentate mediante un diagramma del tipo step plot. Successivamente, si determina il profilo di velocità reale lungo la verticale per il pozzo, sia per le onde P sia per le onde S, nell'ipotesi che il sottosuolo sia localmente stratificato. In tal modo, sono costruiti diagrammi "tempi di arrivo corretti-profondità" per procedere all'individuazione di dromocrone laddove ciascuno dei segmenti individua un intervallo di profondità entro cui la velocità dell'onda sismica è costante.

Infine, dalla conoscenza dei valori di velocità di propagazione delle onde P ed S, in ogni strato, e noti i valori del peso di volume naturale, tramite prove di laboratorio o valori bibliografici, è possibile determinare i valori dei moduli elastici tra cui il modulo di Poisson, modulo di Taglio G ed il modulo di Elasticità o Young (E).



Schema di acquisizione di una prova "down-hole"

modulo di Poisson	$\nu = \frac{0.5 * (V_p / V_s)^2 - 1}{(V_p / V_s)^2 - 1} \quad (1)$
modulo di Taglio	$G = \gamma \cdot V_s^2 \quad (2)$
modulo di Elasticità	$E = V_s^2 \cdot \gamma \frac{(3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)}$

3.11.2. Metodologie ed attrezzature

L'indagine down-hole, è compiuta, operando presso un foro di sondaggio, opportunamente condizionato, acquisendo mediante un sistema di rilevamento, composto da 5 geofoni, di cui 1 verticale (per la rilevazione delle onde P) e 4 orizzontali (per la rilevazione delle onde S).



Geofono orizzontale per la rilevazione delle onde P ed S

Questi ultimi sono disposti, all'interno dell'array, secondo un angolo di 45° l'uno dall'altro, in modo da consentire l'acquisizione e, successivamente, la determinazione corretta delle onde S, a prescindere dall'orientamento nel foro del sistema di rilevamento rispetto al punto di battuta. I segnali sono generati mediante l'impatto della testa di un martello contro una spessa lamina posta sia orizzontalmente (per la generazione delle onde P) sia verticalmente (per la generazione delle onde S) ed acquisiti mediante un sismografo MAE A 2000S a 16 bit).

Per quanto concerne la generazione delle onde S si posizionano due distinti siti di energizzazione, diametralmente opposti al perforo, detti SH-A ed SH-B. Tale metodica è adoperata per generare onde di taglio polarizzate di 180° in un piano orizzontale. In questo modo, l'arrivo delle onde di taglio risulta maggiormente riconoscibile in quanto, per ciascuna profondità d'indagine, le onde risultano opposte nel medesimo istante.

I siti di energizzazione per le onde P ed S sono posizionati, in genere, ad una distanza compresa tra 1,50 e 2,00 m dall'asse foro.

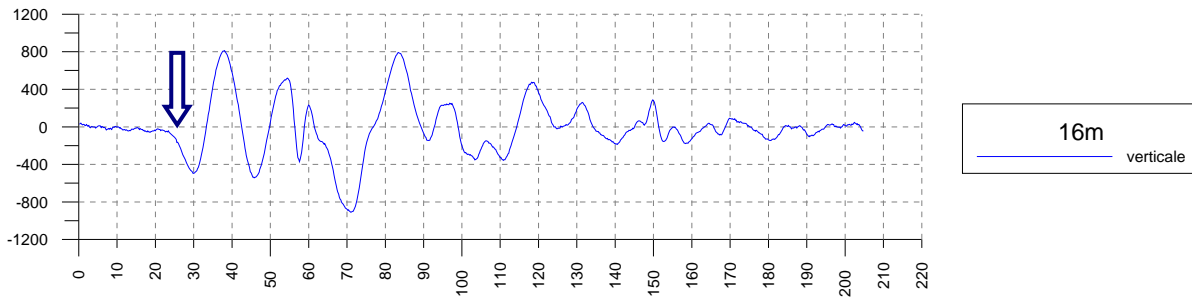
3.11.3. Analisi dei risultati

L'interpretazione della prospezione down-hole avviene seguendo l'iter descritto:

- conversione digitale dei sismogrammi registrati;
- analisi dei segnali nel dominio delle frequenze e filtraggio del segnale stesso (se necessario);
- lettura dei tempi di arrivo delle onde P ed S per le singole registrazioni;

Per quanto concerne le registrazioni ottenute da energizzazione applicata in verticale, si determina il primo arrivo in onde P come mostrato nella figura seguente.

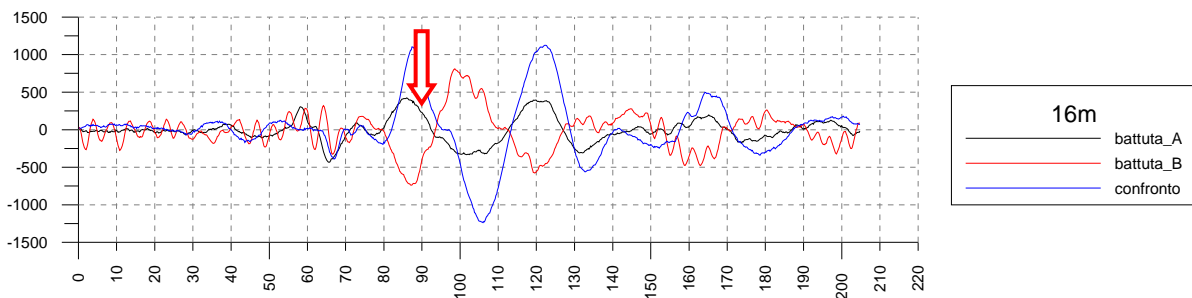
ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
RAPPORTO FINALE



Nella figura riportata, concernente la lettura del segnale acquisito con energizzazione verticale, relativo alle onde P, si osserva distintamente il primo arrivo dell'onda di compressione.

Nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, per ciascuna profondità d'indagine, sono sottratte le registrazioni "battuta destra (SH-A)-battuta sinistra (SH-B)".

Tale metodica consente di esaltare l'onda di taglio in quanto eventuali onde di compressione provocate durante l'energizzazione, con la differenza "battuta destra-battuta sinistra", si riducono in ampiezza laddove le onde SH (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così d'ampiezza. Il concetto espresso poc'anzi appare più chiaro osservando la figura seguente.



Nella figura riportata, concernente la lettura del segnale acquisito con energizzazione orizzontale, relativo alle onde S, sono sovrapposti i segnali acquisiti con battuta destra (SH-A) e sinistra (SH-B) con l'operazione di sottrazione dei segnali (indicata nella figura come "confronto"). La metodologia in oggetto, consente di individuare più agevolmente il tempo di arrivo delle onde S.

Una volta letti i tempi di arrivo delle onde P ed S, si procede ad ulteriori determinazioni:

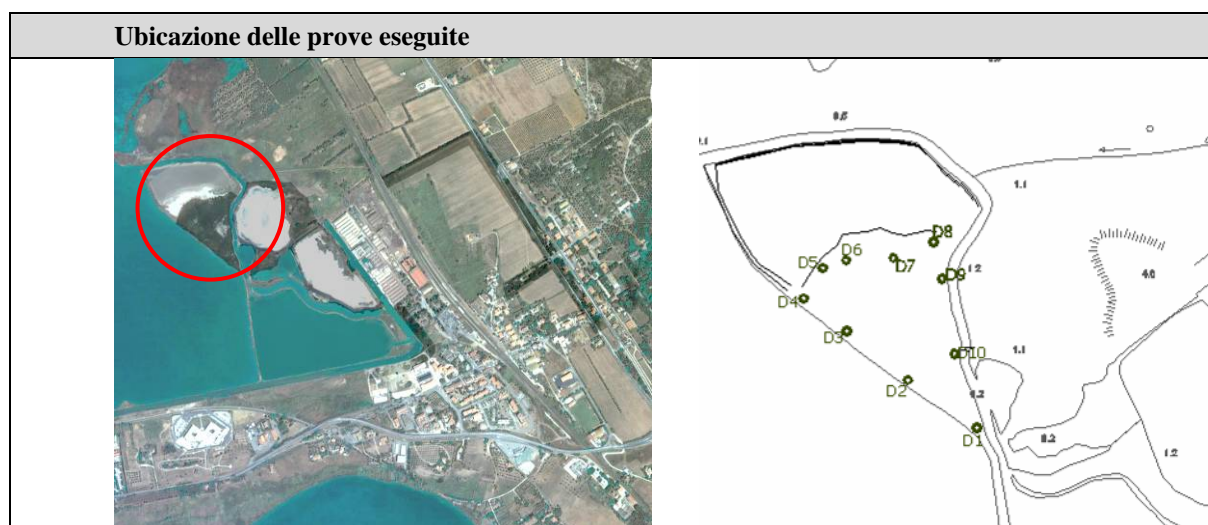
- calcolo dei valori di velocità intervallo sia per le onde P che per le onde S;
- costruzione dei diagrammi "tempi di arrivo corretti-profondità" ed individuazione delle *dromocrone*;
- calcolo della velocità media delle onde, relativa a strati omogenei di terreno, in base al calcolo della pendenza dei segmenti di retta che meglio seguono il fitting dei punti sperimentali.

Infine, sulla base del calcolo dei valori di velocità delle onde P ed S, si provvede al calcolo dei moduli elastici dinamici tenendo conto della stratigrafia relativa al sondaggio geognostico riportato

nella seguente relazione e di pesi di volume ricavati da prove di laboratorio realizzate su campioni indisturbati. In particolare, nel suddetto calcolo, sono considerati i valori di γ_n (peso di volume naturale).

3.11.4. Attività svolte

Le prospezioni down-hole sono state eseguite in n°10 fori di sondaggio (indicati con la lettera D seguita da una numerazione da 1 a 10), spinti sino alla profondità di 10,00 metri dal piano campagna e ubicati presso la cassa di colmata di Pian d'Asca, nell'area dello stabilimento "Ex Sitoco".



La prospezione è stata realizzata ad intervalli di 2 metri, da -10 m a -2 m dal boccaforo, facendo risalire l'apparato di misura nel perforo, opportunamente condizionato mediante la solidarizzazione del tubo in PVC alle pareti del perforo stesso. L'interpretazione della prova down-hole è avvenuta seguendo l'iter descritto:

- analisi dei segnali nel dominio delle frequenze e filtraggio del segnale stesso (se necessario);
- lettura dei tempi di arrivo delle onde P ed S per le singole registrazioni.

Una volta letti i tempi di arrivo delle onde P ed S , si è proceduto ad ulteriori determinazioni:

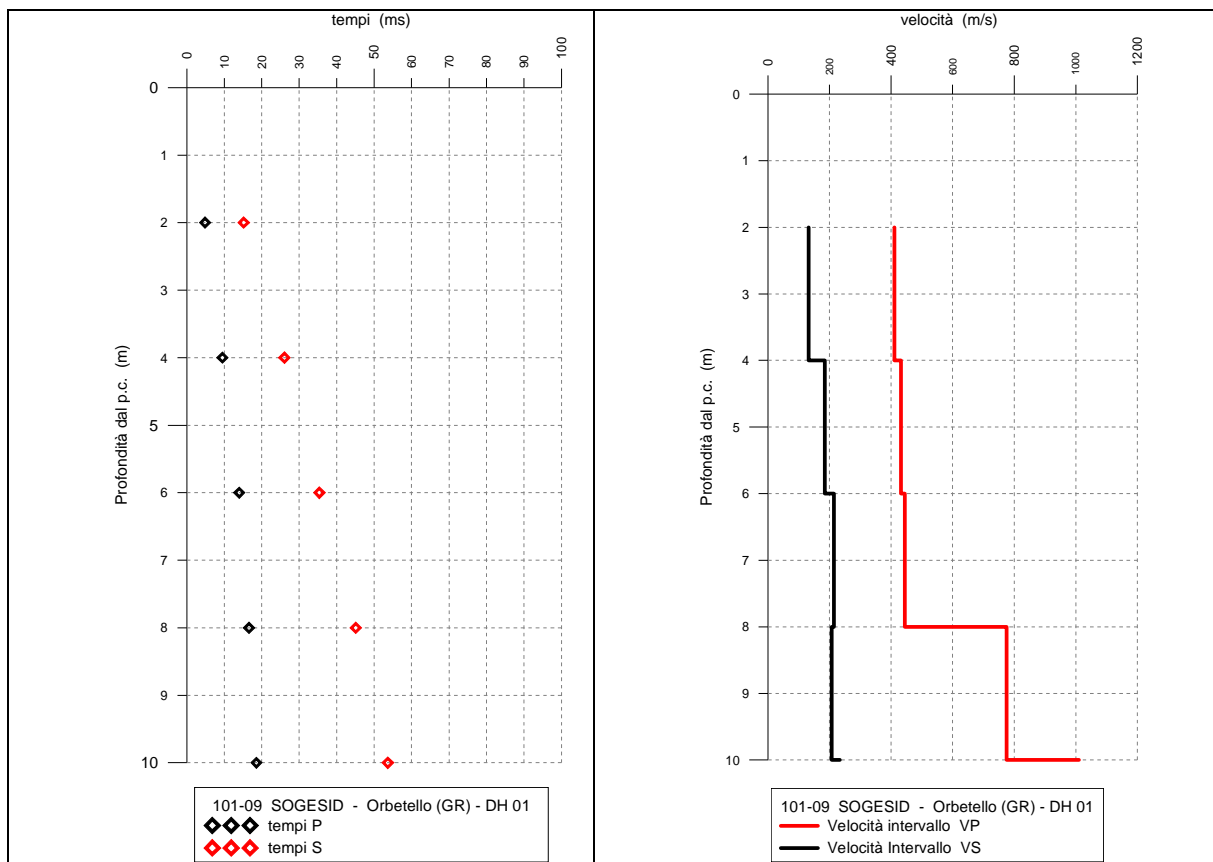
- calcolo dei valori di velocità intervallo sia per le onde P che per le onde S ;
- costruzione dei diagrammi "tempi di arrivo corretti-profondità" ed individuazione delle dromocrone;
- calcolo della velocità media delle onde, relativa a strati omogenei di terreno, in base al calcolo della pendenza dei segmenti di retta che meglio seguono il fitting dei punti sperimentali.

Infine, sulla base dei valori di velocità media delle onde P ed S, si è provveduto al calcolo dei moduli elastici dinamici, tenendo conto della stratigrafia locale relativa al sondaggio geognostico, riportato nella seguente relazione, e dei pesi di volume ricavati dalle prove di laboratorio. In particolare, nel suddetto calcolo, sono stati considerati i valori di γ_n (peso di volume naturale).

Nei diagrammi di seguito riportati, per ciascuna prova è possibile osservare sulla sinistra il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. In calce ai suddetti diagrammi si riporta la tabella dove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, e i valori dei moduli dinamici.

Sondaggio D1

La prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D1 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. A seguire si riporta, inoltre, la tabella dove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, e i valori dei moduli dinamici.

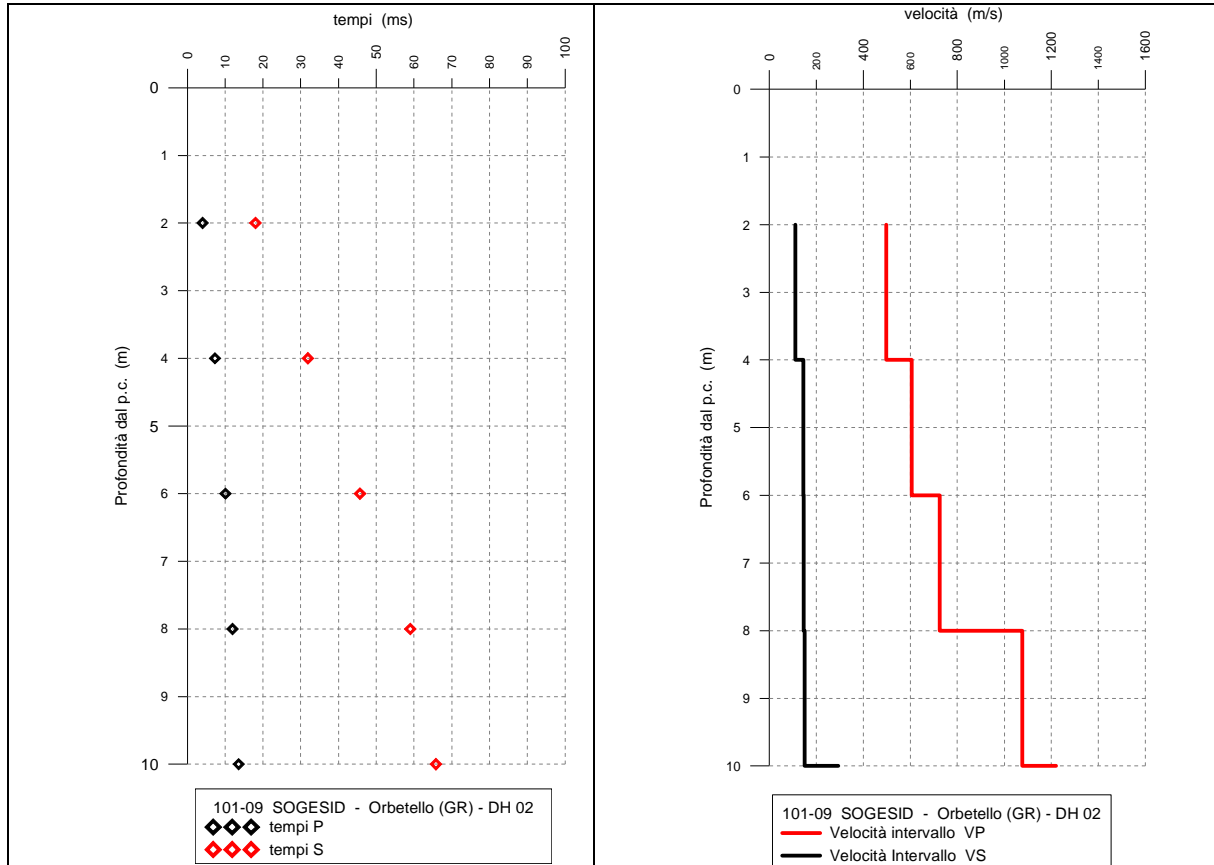


Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.9	15.2	411	132	3.1	0.44	1.80	31	90
4	9.5	26.0	432	185	2.3	0.39	2.00	68	189
6	14.0	35.4	444	214	2.1	0.35	2.00	91	247
8	16.6	45.1	775	206	3.8	0.46	1.76	75	219
10	18.6	53.6	1010	233	4.3	0.47	1.76	96	282

Sondaggio D2

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D2 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre

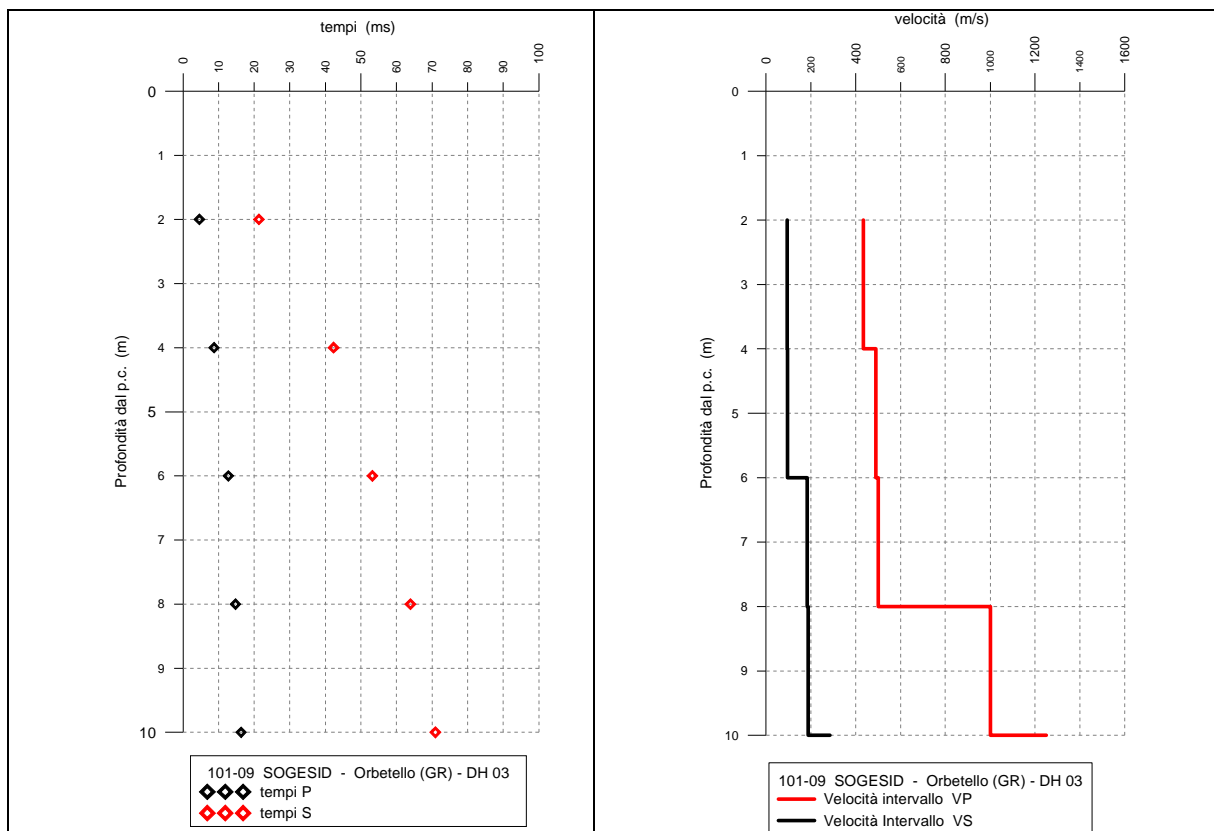
a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforno. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.



Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.0	18.0	497	111	4.5	0.47	1.80	22	65
4	7.3	31.9	606	144	4.2	0.47	1.80	37	109
6	10.1	45.7	724	145	5.0	0.48	1.80	38	112
8	11.9	59.0	1077	150	7.2	0.49	1.71	39	115
10	13.6	65.8	1220	294	4.2	0.47	1.71	148	434

Sondaggio D3

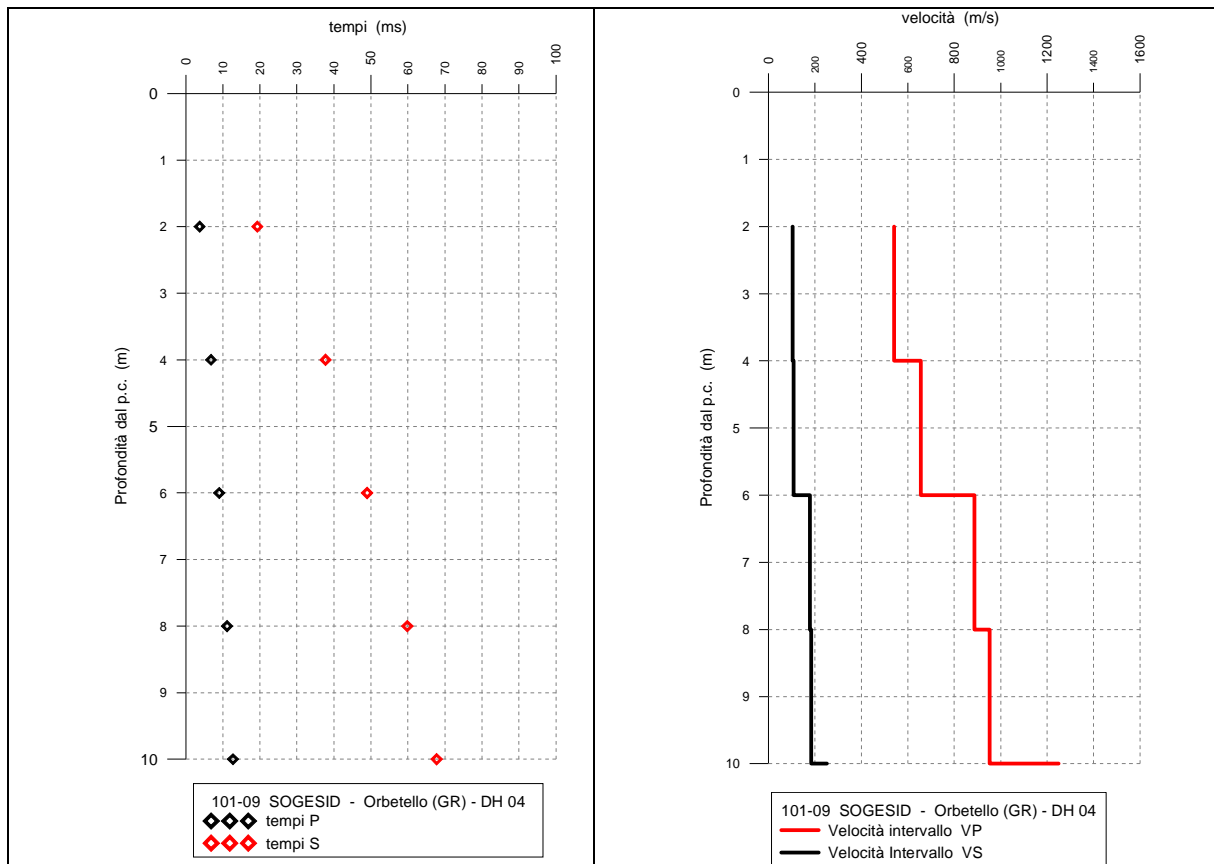
La prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D3 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta, inoltre, la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, e i valori dei moduli dinamici.



Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.6	21.3	434	94	4.6	0.48	1.70	15	44
4	8.7	42.3	489	95	5.1	0.48	1.80	16	49
6	12.7	53.2	500	183	2.7	0.42	1.80	60	172
8	14.7	63.9	1000	187	5.3	0.48	1.80	63	187
10	16.3	70.9	1250	285	4.4	0.47	1.80	147	432

Sondaggio D4

La prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D4 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.

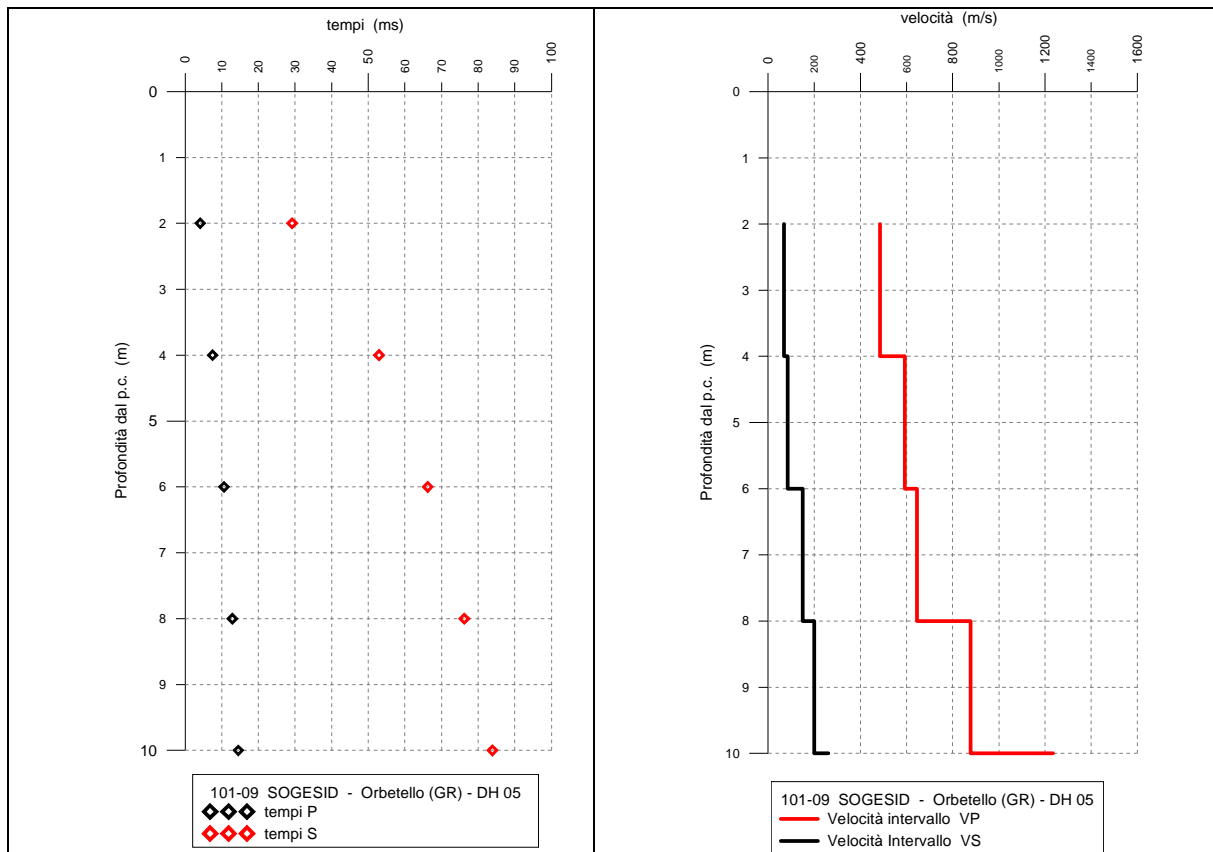


Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	3.7	19.3	541	104	5.2	0.48	1.70	18	54
4	6.7	37.7	656	108	6.1	0.49	1.80	21	63
6	9.0	48.9	887	179	5.0	0.48	1.80	57	170
8	11.1	59.8	952	184	5.2	0.48	1.80	61	180
10	12.7	67.8	1250	252	5.0	0.48	1.80	114	337

Sondaggio D5

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D5 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma

relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.

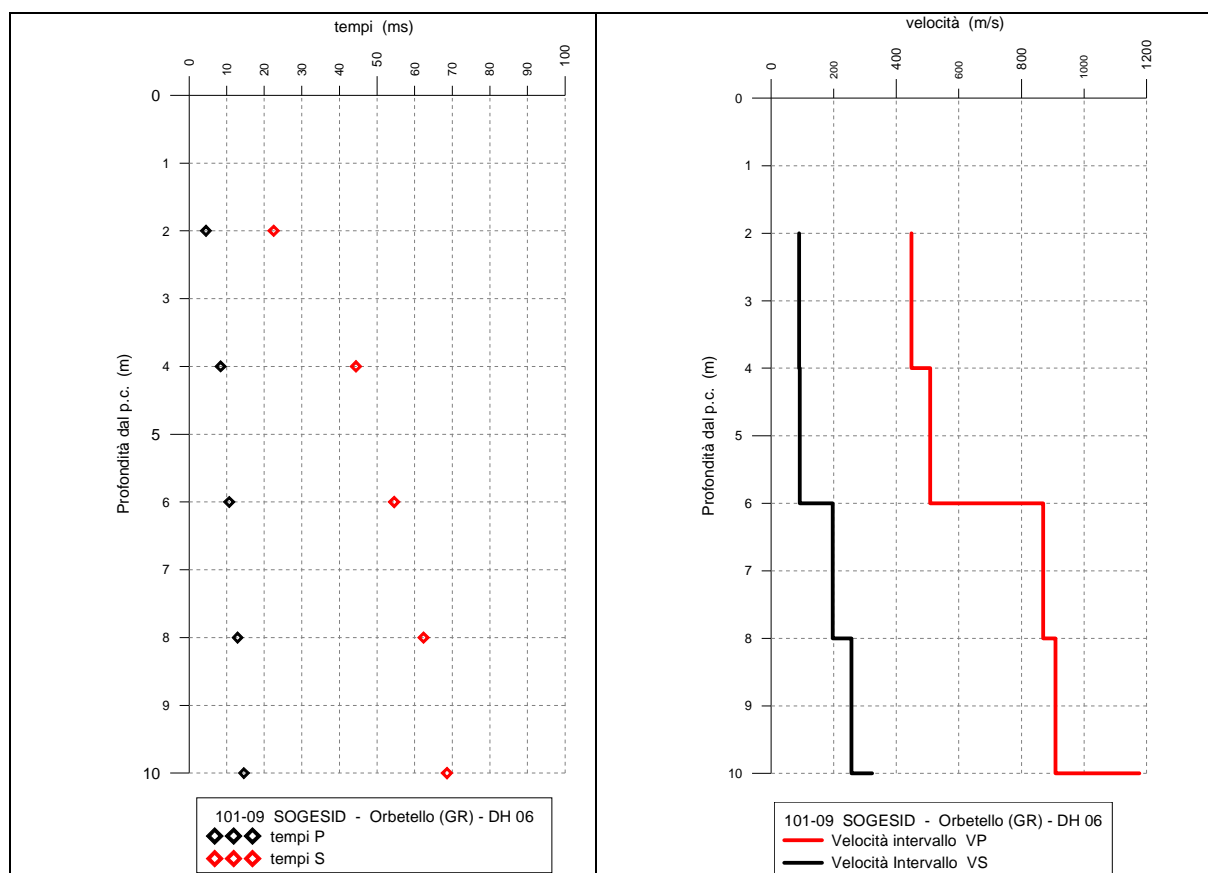


Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.1	29.2	485	68	7.1	0.49	1.70	8	24
4	7.5	52.9	592	84	7.0	0.49	1.80	13	38
6	10.6	66.2	645	150	4.3	0.47	1.80	41	120
8	12.9	76.2	877	200	4.4	0.47	1.80	72	212
10	14.5	83.9	1235	260	4.7	0.48	1.80	122	360

Sondaggio D6

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D6 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms),

i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.

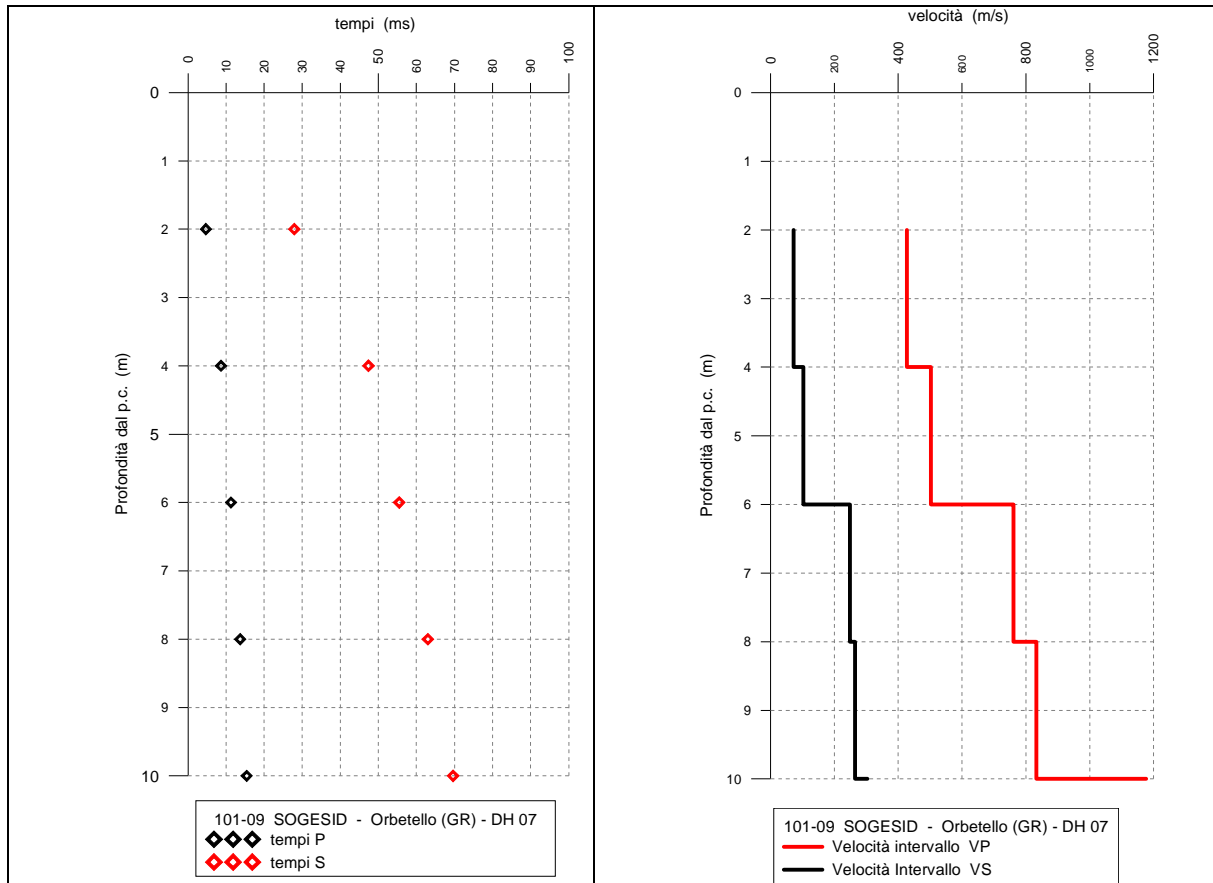


Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.5	22.5	448	89	5.0	0.48	1.70	13	40
4	8.4	44.4	508	91	5.6	0.48	1.80	15	45
6	10.7	54.5	870	196	4.4	0.47	1.80	69	205
8	12.9	62.4	909	256	3.5	0.46	1.80	118	344
10	14.6	68.6	1176	322	3.6	0.46	1.80	187	546

Sondaggio D7

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D7 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.

RAPPORTO FINALE

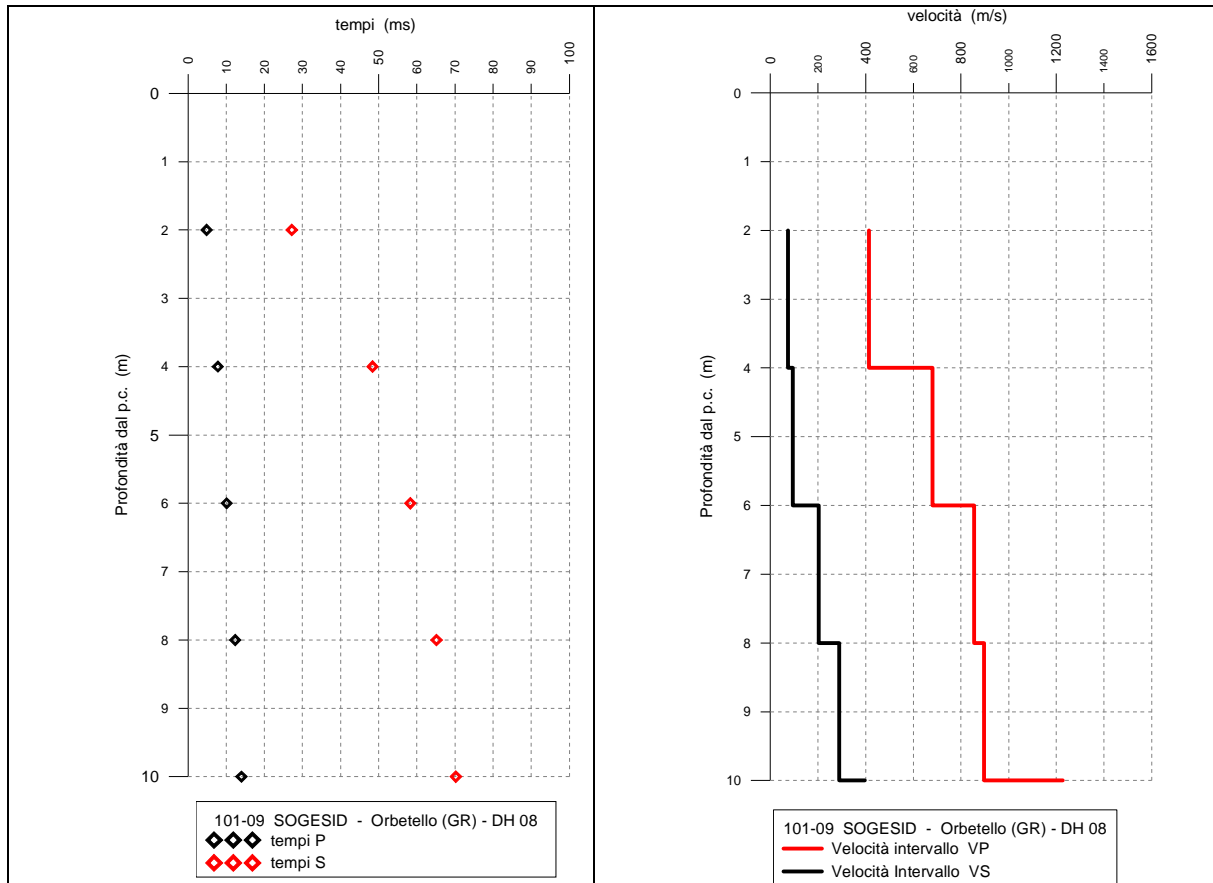


Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.7	27.9	427	72	6.0	0.49	1.70	9	26
4	8.7	47.4	502	103	4.9	0.48	1.80	19	56
6	11.3	55.5	760	249	3.1	0.44	1.80	111	320
8	13.7	63.0	833	265	3.1	0.44	1.80	126	365
10	15.4	69.6	1176	303	3.9	0.46	1.80	165	483

Sondaggio D8

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D8 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.

RAPPORTO FINALE

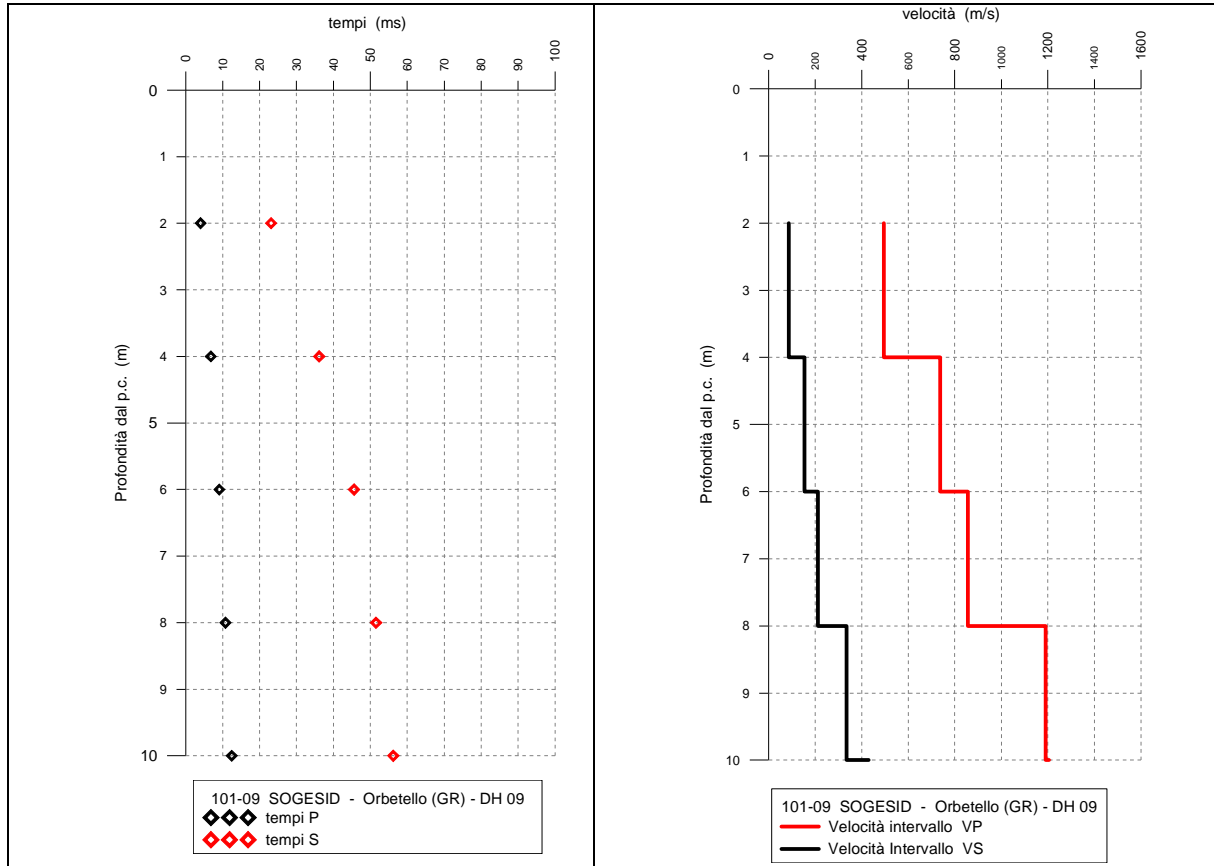


Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.8	27.2	413	73	5.6	0.48	1.70	9	27
4	7.8	48.4	681	94	7.2	0.49	1.80	16	48
6	10.1	58.3	854	202	4.2	0.47	1.80	74	217
8	12.4	65.2	897	290	3.1	0.44	1.80	151	436
10	14.0	70.2	1227	396	3.1	0.44	1.80	282	812

Sondaggio D9

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D9 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.

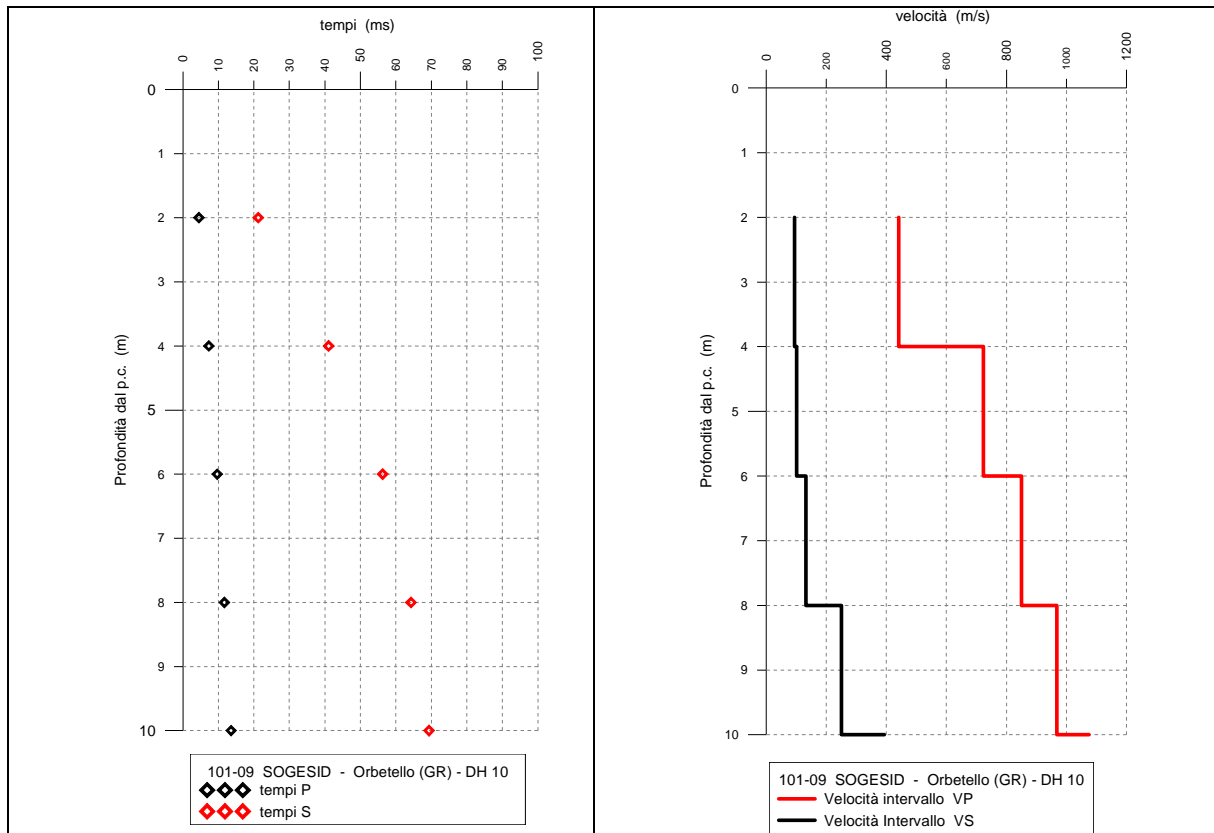
RAPPORTO FINALE



Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.0	23.1	494	87	5.7	0.48	1.70	13	38
4	6.8	36.1	737	154	4.8	0.48	1.80	42	126
6	9.1	45.6	856	212	4.0	0.47	1.80	81	237
8	10.8	51.5	1190	335	3.6	0.46	1.80	202	588
10	12.4	56.2	1205	430	2.8	0.43	1.80	333	949

Sondaggio D10

Come riportato in precedenza, la prospezione down-hole, è stata effettuata nel foro di sondaggio D10 sino ad una profondità di 10 metri dal boccaforo. Di seguito si riporta, a sinistra, il diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo corretti, al variare della profondità dal boccaforo, mentre a destra è tracciato il grafico inerente l'andamento delle velocità intervallo delle onde P ed S, sempre in funzione della profondità dal boccaforo. Si riporta inoltre la tabella ove sono indicati, per le varie profondità d'indagine, i valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S corretti (espressi in ms), i valori calcolati delle velocità intervallo (espressi in m/s), il rapporto tra le velocità delle onde P ed S, i valori dei moduli dinamici.



Profondità (m dal p.c)	tp corr (ms)	ts corr (ms)	velocità intervallo Vp (m/s)	velocità intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	γ^n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
2	4.5	21.2	441	94	4.7	0.48	1.70	15	45
4	7.3	41.1	723	101	7.2	0.49	1.80	18	54
6	9.7	56.3	850	132	6.5	0.49	1.90	33	98
8	11.7	64.3	968	250	3.9	0.46	1.93	121	353
10	13.6	69.3	1075	393	2.7	0.42	1.93	299	850

Per ciò che attiene l'interpretazione delle prospezioni down-hole, le indagini in oggetto sono state analizzate nel loro complesso, in base alla pendenza dei tratti di dromocrona, al fine di individuare i cosiddetti sismostrati, tenendo altresì in conto dell'andamento subplaneggiante dell'area in esame.

In tal modo sono stati individuati 3 intervalli di velocità delle onde P ed altrettanti per onde S, così distinti:

- Velocità delle onde P comprese tra $V_P=400 - 500 \text{ m/s}$ e velocità delle onde S $V_S=70 - 150 \text{ m/s}$. Queste velocità sono caratteristiche degli strati più superficiali (meno costipati) dei terreni di colmata compresi tra il piano campagna e i primi 2-4 metri dal p.c.; in alcuni casi raggiungono i 6 m dal p.c. (come in **D1**). Detti terreni sono costituiti da materiale di riporto, sabbie con intercalazioni di limo ed alla base da argille in eteropia con sabbie argillose (verso il sondaggio D1).
- Velocità delle onde P comprese tra $V_P=500 - 900 \text{ m/s}$ e velocità delle onde S $V_S=150 - 250 \text{ m/s}$. Queste velocità sono caratteristiche degli strati a profondità intermedie, compresi tra 4 e 6-8 metri dal p.c.. Detti terreni sono costituiti da argille con limo debolmente sabbiose di colore bruno giallastro e limo argilloso-argilla limosa fino a circa 7 metri, seguite da sabbie medio fini debolmente argillose.
- Velocità delle onde P comprese tra $V_P=900 - 1250 \text{ m/s}$ e velocità delle onde S $V_S=250 - 400 \text{ m/s}$. Queste velocità sono caratteristiche degli strati più profondi interessati dalle prove down-hole, presenti a profondità tra 8-10 metri dal p.c., e costituiti prevalentemente da sabbie medio fini di rado debolmente limose di colore bruno e giallastro.

3.12 Esecuzione di Analisi chimiche su top soil e acque di falda

Le analisi chimiche sui campioni di Top Soil e di acque di falda sono state condotte utilizzando tecniche di pretrattamento e metodiche analitiche riconosciute a livello nazionale ed internazionale (APAT, IRSA - CNR, Metodi analitici per le acque, 2003; Metodi US EPA).

Sui campioni prelevati dalle matrici oggetto di indagine chimica sono stati ricercati i seguenti parametri:

Acque sotterranee:

Sui 25 campioni prelevati saranno analizzati:

- metalli (Al, Sb, As, Cd, Co, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Cu, Sn, Zn);
- ioni inorganici (fluoruri, nitriti, solfati);
- fenoli;
- clorofenoli;
- Ammine aromatiche;

Sul 25% circa dei campioni prelevati, pari a n. 6 campioni, sono stati ricercati

- idrocarburi totali;
- composti alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni;
- composti alifatici alogenati cancerogeni;
- composti organici aromatici (BTEX);
- nitrobenzeni;
- clorobenzeni.

Terreni eluvio-colluviali:

Sui 10 campioni prelevati sono stati determinati:

ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE, RICOGNIZIONI IN CAMPO E RICOSTRUZIONE DELLO STATO
QUALITATIVO DEL SITO, NECESSARI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.
RAPPORTO FINALE

- pH, potenziale redox;
- granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico;
- metalli (Al, Sb, As, Cd, Co, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Cu, Sn, Zn);

Sul 50% dei campioni prelevati, pari a n. 5 campioni, è stato ricercato il solo parametro amianto”.

Gli schemi seguenti mostrano le risultanze della caratterizzazione chimica delle matrici suolo e acqua.