

Provincia di PORDENONE		Comune di PORDENONE
Progetto	PIANO REGOLATORE PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA N° 55	
Committente	IDEA COSTRUZIONI s.r.l.	
Oggetto	INDAGINE GEOLOGICO TECNICA	
Il Committente	Il Progettista	<b>D.4</b> ELABORATO Data: 06-06-2009 File: PA55-EL-D4.doc
	 	
Progettista Dott. Ing. MAURO CAINI Via Correr n°68 - 33080 - Porcia - PN - Tel. 0434/361185		


**COMUNE DI PORDENONE**  
**Prot.N. 0087032 / A**  
 Data 24/12/2009 Class.6-1



COMUNE  
DI  
PORDENONE

PROVINCIA  
DI  
PORDENONE



DI VORLICEK PIER ANDREA PHD IN APPLIED GEOLOGY

## Indagine geologico-tecnica per la realizzazione di una lottizzazione

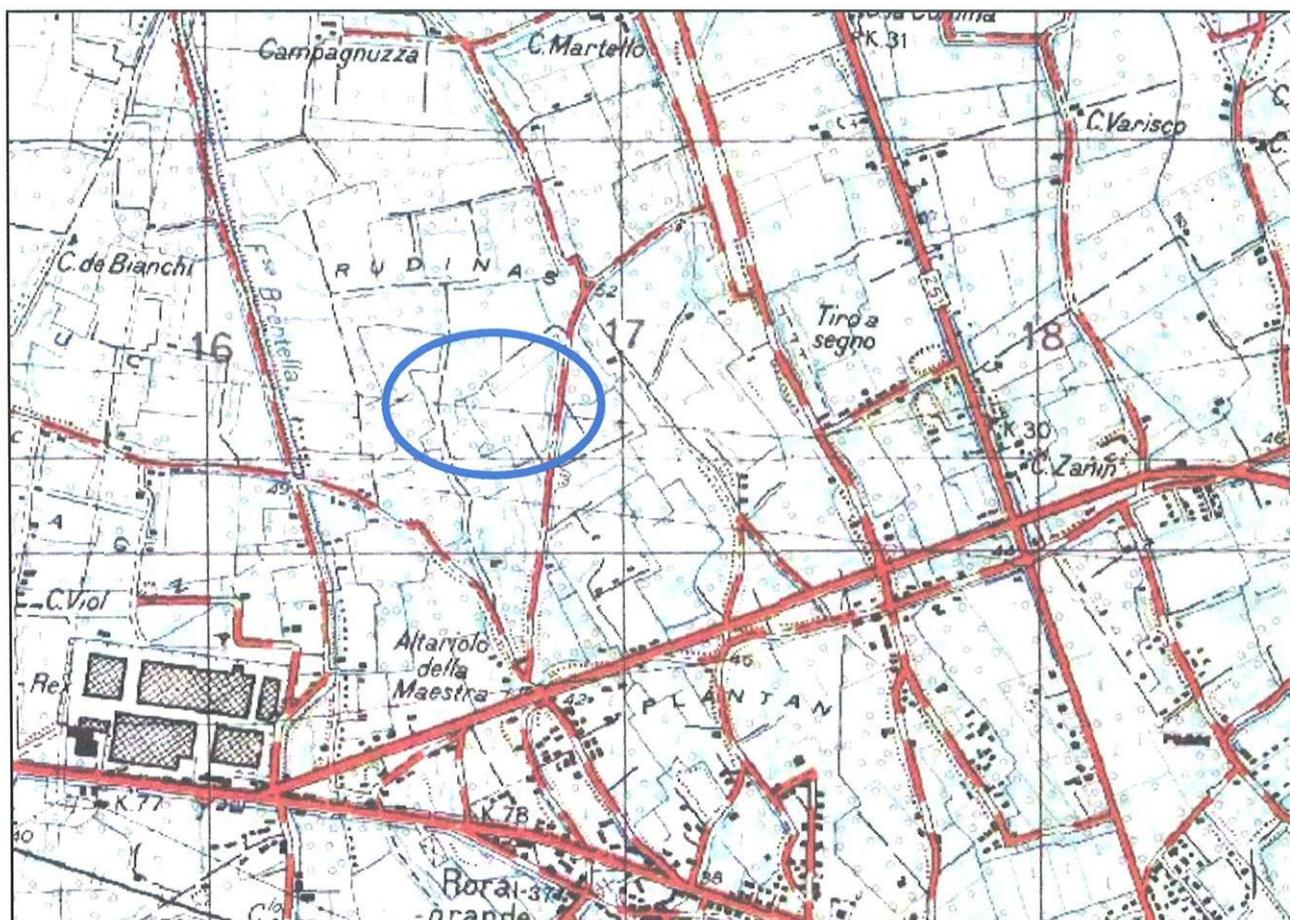
- INTRODUZIONE
- RELAZIONE GEOLOGICA
- RELAZIONE GEOTECNICA
- CONCLUSIONI

### INTRODUZIONE

Al fine di verificare la fattibilità geologica e di fornire indicazioni geotecniche utili per la realizzazione di una lottizzazione in via Castelfranco Veneto nel comune di Pordenone sono state eseguite le seguenti indagini

1. Una ricerca bibliografica dell'area in esame
2. L'esecuzione di 9 prove penetrometriche dinamiche spinte fino alla profondità massima di 9.60 m da p.c.
3. Due stendimenti sismici a rifrazione

Tale indagine è altresì necessaria per ottemperare al D.M. 11/03/88 e seguenti.



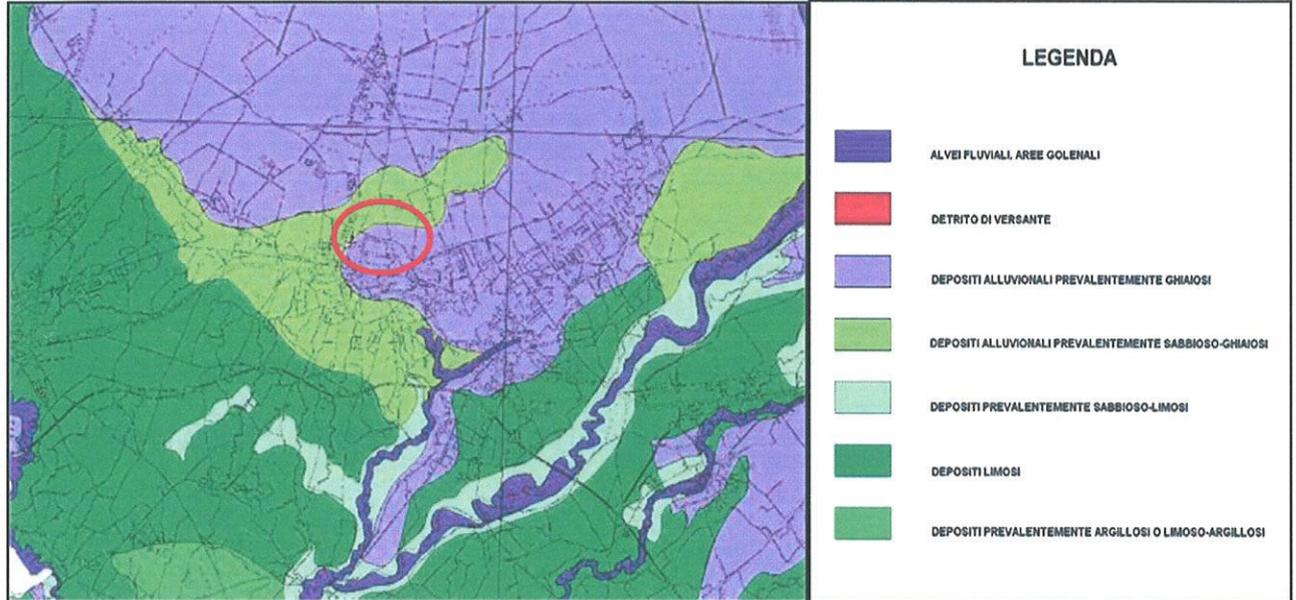
*Inquadramento del sito di studio nel igm 1:25000. Evidenziata in blu la zona d'indagine*

## RELAZIONE GEOLOGICA

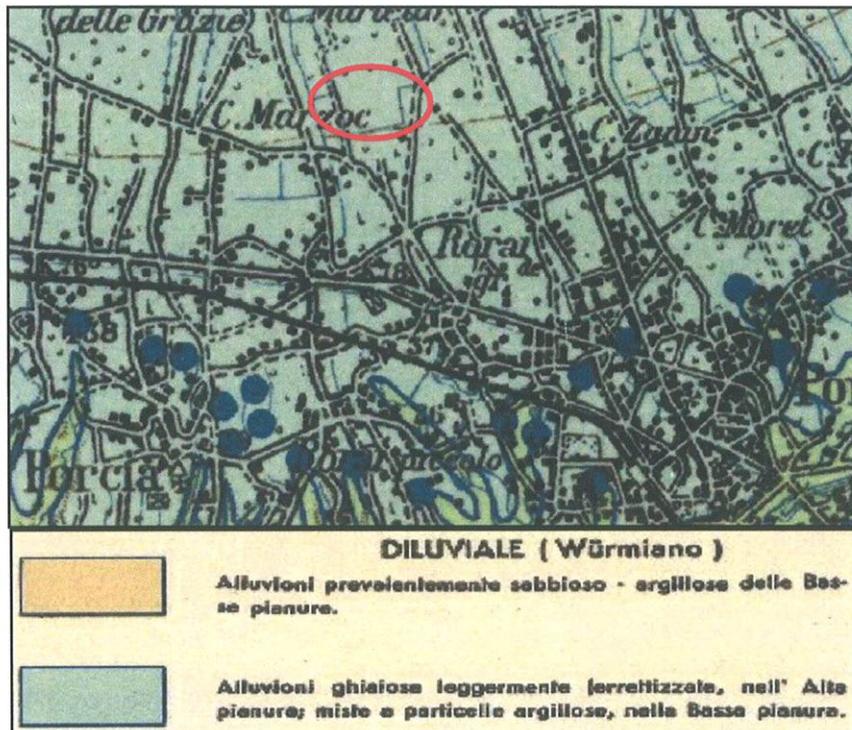
### Geologia

L'area in esame si inserisce nell'unità geografica della pianura veneto - friulana: questa si sviluppa su un'ampia fascia di territorio situato ai piedi dei rilievi prealpini, limitato ad occidente dall'allineamento Monti Lessini - Colli Berici - Colli Euganei, a meridione dalla costa adriatica e chiuso verso oriente tra Udine e Gorizia. La pianura è caratterizzata dal punto di vista idrologico dalla presenza di una serie di corsi d'acqua ad andamento subparallelo che, usciti dalle valli montane, la attraversano in direzione approssimativamente meridiana, fino a riversarsi nel Mare Adriatico. A questi corsi d'acqua (ad es.: T. Astico - F. Bacchiglione, F. Brenta, F. Piave, F. Tagliamento e pro parte F. Isonzo) si deve la deposizione di imponenti quantità di materiali sciolti che, accumulatisi in forti spessori, hanno dato origine al sottosuolo dell'alta pianura, contribuendo inoltre all'esistenza di differenti strutture idrogeologiche presenti nella media e nella bassa pianura. La geologia di questo settore di pianura risulta quindi sufficientemente nota nelle sue linee essenziali. Nell'estratto della carta geologica 1:100000 si nota come la litologia prevalente della zona è costituita da alluvioni ghiaiose, così come nell'estratto della carta geomorfologica sotto riportata si evince che i terreni in sito sono prevalentemente costituiti da depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi sabbiosi. La stratigrafia di un pozzo e di un sondaggio eseguiti poco a sud del sito (ubicati con il numero 3 e 4 nel ctr del Prg) indicano entrambi la presenza (per i primi 30 m di sottosuolo) prevalentemente di ghiaia sabbiosa.

M p.c.	Pozzo3	M p.c.	Sondaggio 4
0.0 -2.0	<i>Terreno vegetale</i>	0-0.5	<i>Terreno vegetale</i>
2.0-30.0	<i>Ghiaia</i>	0.5-6.60	<i>Ghiaia sabbiosa</i>
30.0-100	<i>Alternanza di livelli argilla con ghiaia, ghia e conglomerato</i>	6.60-7.50	<i>Ghiaia sabbiosa-argillosa</i>
		7.50-15.0	<i>Ghiaia sabbiosa</i>



Carta geomorfologica dell'area di Pordenone con ubicazione del sito (depositi prevalentemente ghiaiosi e depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi)



Estratto della carta geologica 1:100000 in rosso è evidenziato il sito

### Geomorfologia

L'area indagata è inserita in quella fascia medio alta della pianura caratterizzata da depositi prevalentemente ghiaiosi sabbiosi incisi da importanti corsi d'acqua il cui libero divagare ha determinato il formarsi di vari ordini di terrazzi alluvionali. Il sito è in corrispondenza, come indicato nella foto aerea del sito, di una zona utilizzata in passato come cava di pianura.

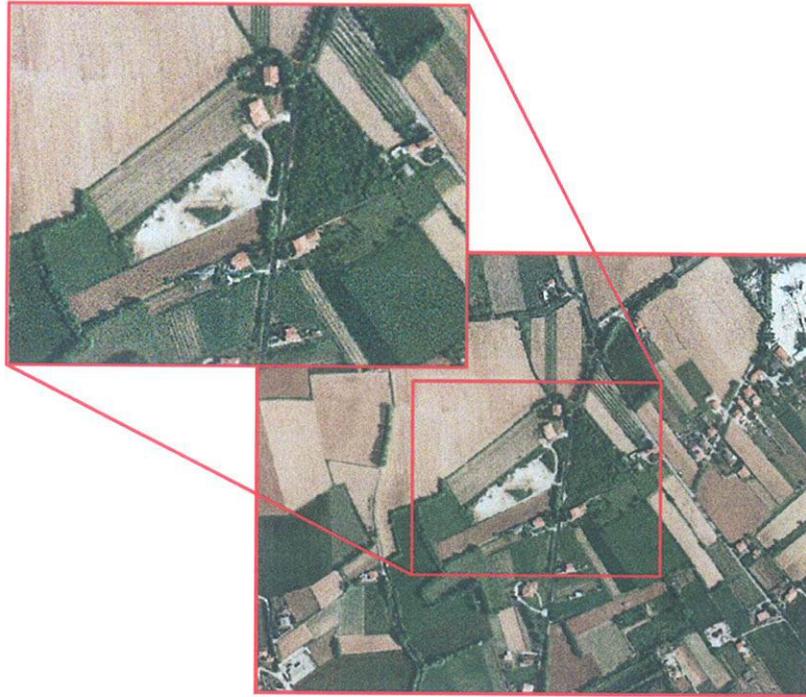
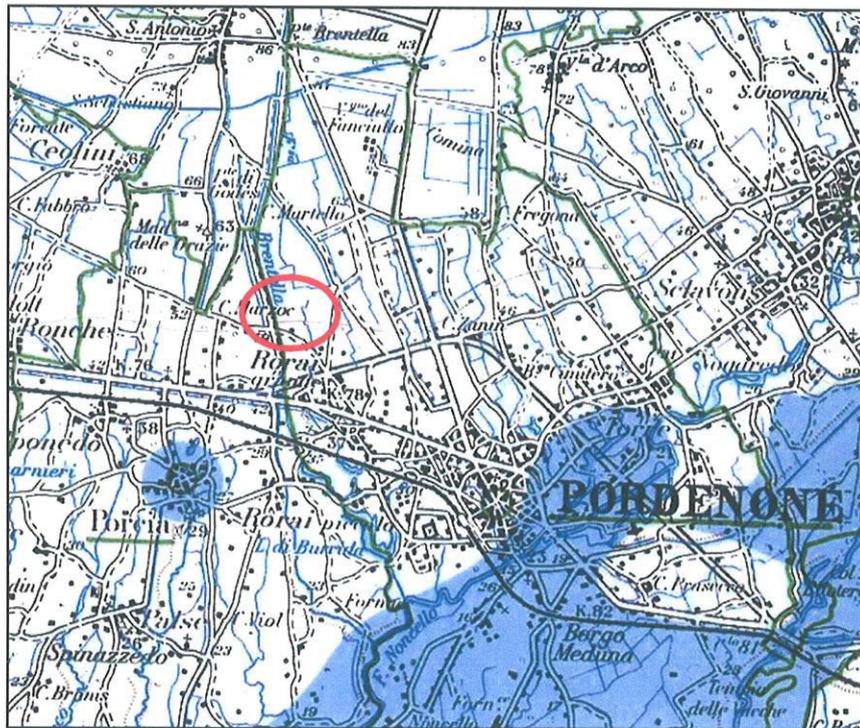


Foto aerea del sito con particolare

**Idrologia**

Non vi sono in prossimità del sito corsi d'acqua degni di nota. A più ampia scala a ovest del sito scorre il fiume Bretella e a sud del sito scorre il fiume Noncello. La quota media del sito è di circa 55 m s.l.m.



Carta del rischio idraulico.

In base alla carta delle alluvioni sopra riportata si evince che le aree a rischio esondazione indicate in azzurro, interessano principalmente quella parte del territorio a sud di Pordenone compresa tra i fiumi di Noncello e il Meduna e il centro di Porcia. Il sito indagato non rientra in tali aree ed è classificabile come a basso rischio idrogeologico

### **Idrogeologia**

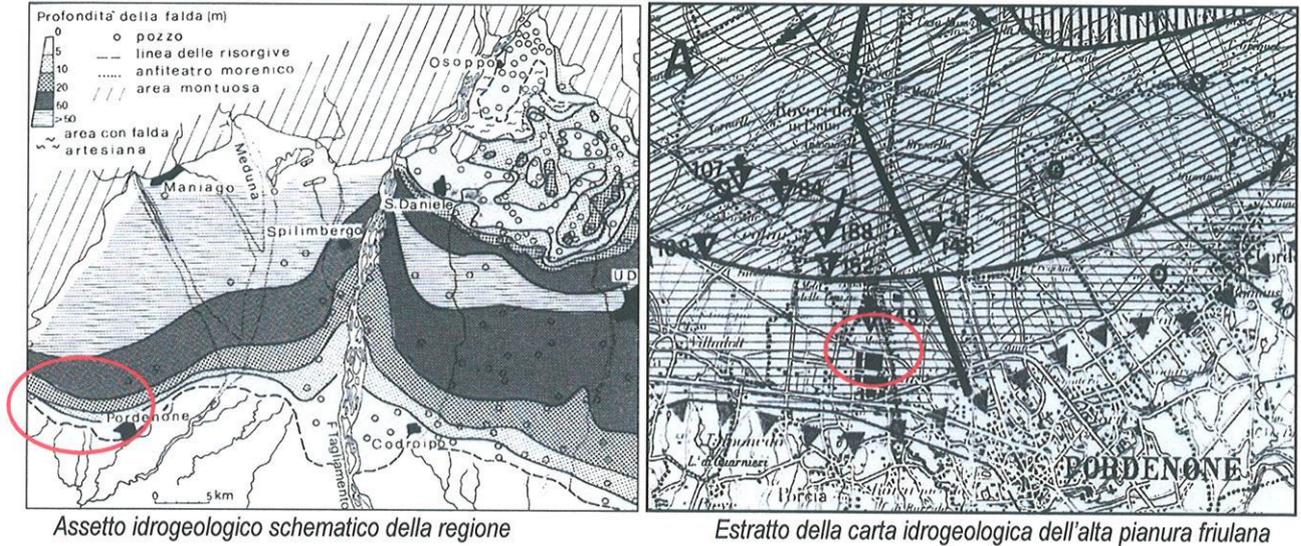
Il sito in questione si trova poco a nord del limite superiore della fascia delle risorgive. La situazione idrogeologica del sottosuolo è evidentemente condizionata dalle caratteristiche granulometriche e strutturali del materasso alluvionale, e soprattutto dalla differente distribuzione dei materiali ad elevata permeabilità. Lungo la fascia settentrionale, dove il sottosuolo è interamente ghiaioso, esiste un'unica e potente falda idrica a carattere freatico. Essa è sostenuta dal substrato roccioso ed oscilla liberamente all'interno dell'acquifero indifferenziato a grande permeabilità, in relazione alle fasi di piena e di magra del proprio regime.

Al piede dei rilievi la falda si trova tra i 100 e i 50 m di profondità. Procedendo verso valle la superficie freatica si avvicina progressivamente al piano campagna, fino a venire a giorno nei punti topograficamente più depressi, lungo una fascia praticamente continua, a sviluppo circa est - ovest e di ampiezza compresa tra 2-8 km (fascia dei fontanili o delle risorgive).

A partire dalle risorgive, le condizioni idrogeologiche cambiano in conseguenza della differenziazione del materasso alluvionale ghiaioso. Il sottosuolo infatti è qui strutturato in fitte alternanze di livelli ghiaiosi e di letti limoso - argillosi, che determinano l'esistenza di un complesso idrogeologico multifalदे ad acquiferi sovrapposti. Tale sistema multistrato contiene falde idriche in pressione, alloggiate entro gli orizzonti a granulometria grossolana e confinate al tetto e al letto tra livelli praticamente impermeabili, formati appunto da limi e argille.

L'alimentazione delle falde è garantita nelle aree di ricarica soprattutto da 3 fattori: la dispersione in alveo dei corsi d'acqua nel tratto in cui attraversano l'alta pianura, l'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici che si verifica nella medesima fascia e l'infiltrazione delle acque irrigue. Tutti gli apporti citati concorrono, nell'area dell'alta pianura, alla ricarica dell'acquifero freatico, il quale provvede a rifornire il sistema multifalदे con cui è strutturalmente connesso.

Dalla carta sotto riportata si evince che il sito si trova compreso tra l'isofreatica 35 e l'isofreatica 40 m s.l.m. che indica quindi la falda presente compresa tra 15 - 20 m da p.c. Tale dato non può purtroppo essere confermato da misure piezometriche visto che non si è raggiunta la falda con le indagini eseguite in loco.



### Classificazione sismica del sito

Il comune di Pordenone è classificato dal punto di vista sismico in classe 2 con quindi i seguenti parametri edificatori minimi.

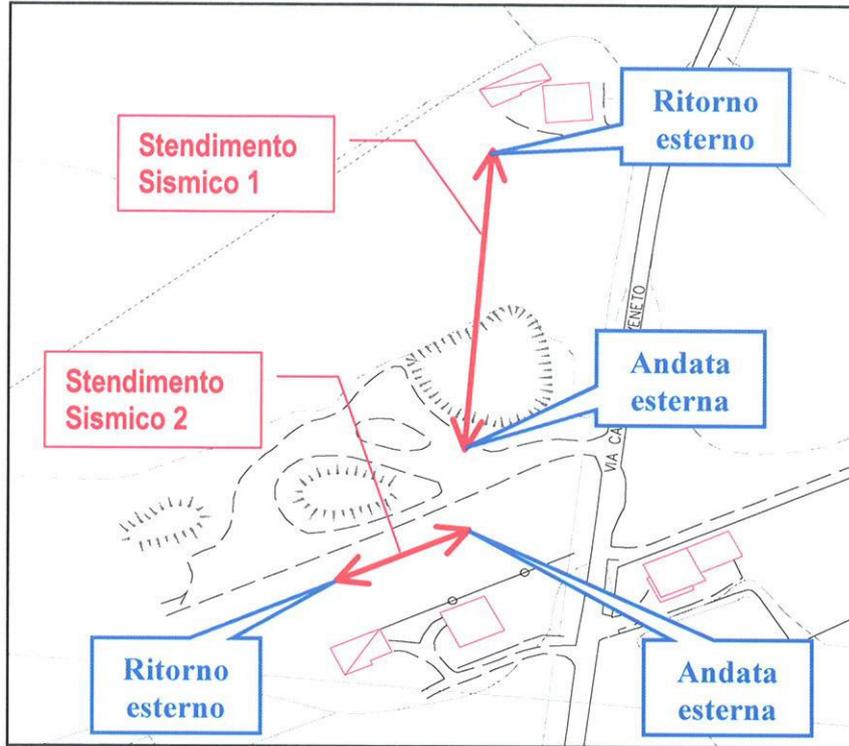
zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
2	0.15 – 0.25	0.25

In base ai parametri del sito il **coefficiente di fondazione  $\epsilon$**  essendo il sito in esame caratterizzato dalla presenza di suoli con velocità  $V_s > 400$  m/s e con substrato a profondità  $>$  di 70 m è pari a  $\epsilon = 1.10$ . In base al D.M. 16/01/96 "Norme tecniche per le costruzioni nelle zone sismiche" – punto C.6.1.1, il **coefficiente di fondazione  $\epsilon$  si assume = 1.1**

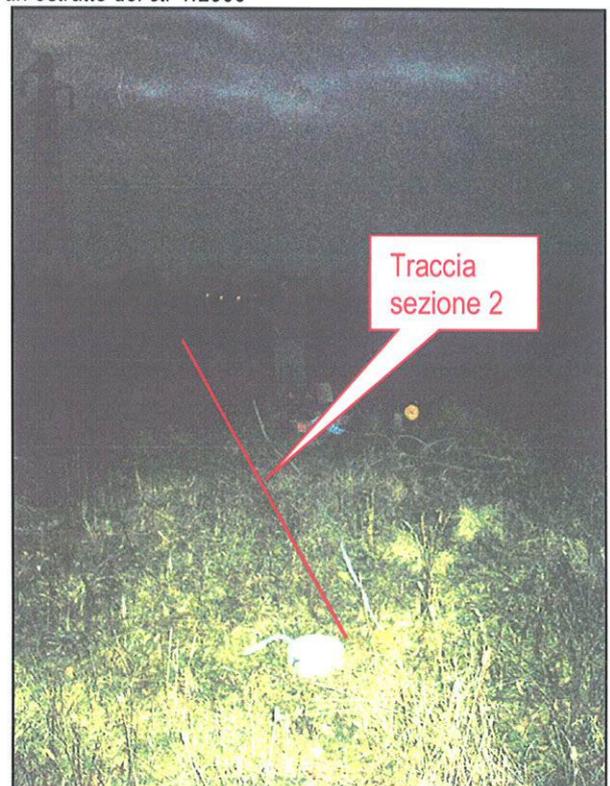
Data la presenza di terreni prevalentemente sabbioso - ghiaiosi si riduce al minimo il rischio di liquefazione sabbie. Secondo la nuova normativa sismica (bozza aggiornata al 25/03/03) i terreni al di sotto del suolo vegetale (circa 1 m da p.c.) sono prevalentemente ghiaiosi sabbiosi con  $N_{spt} < 15$ . Rientrano nella categoria D "Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati".

**RELAZIONE GEOTECNICA**

Una prima parte della presente relazione geotecnica si basa sui risultati di due stendimenti sismici e sui dati desunti dalla bibliografia. Si riporta a seguito l'ubicazione delle indagini.



*Ubicazione delle indagini in un estratto del ctr 1:2000*



*Esecuzione degli stendimenti sismici*

## La sismica a rifrazione:

### Cenni sulla teoria del metodo

#### LE ONDE SISMICHE

Le onde sismiche si possono dividere in onde che viaggiano attraverso la Terra, dette anche body waves, oppure lungo la superficie, dette anche surface waves; queste ultime sono di due tipi, onde di Love e onde di Rayleigh. In questa sede saranno trattate esclusivamente le body waves in quanto di fondamentale importanza nelle tecniche di prospezione sismica. Questo tipo di onde si propaga secondo due tipologie distinte; si suddividono perciò in onde **P**, o onde compressionali, che si propagano attraverso una serie di dilatazioni e compressioni del terreno nella direzione della loro propagazione, e in onde **S**, o onde di taglio, le cui oscillazioni emergono trasversalmente alla direzione di propagazione. Le onde P sono dette anche "primarie" in quanto sono più veloci delle onde S, e perciò, qualunque sia la sorgente delle vibrazioni (naturale o artificiale), arrivano per prime ad un sensore in grado di rilevare i tempi di arrivo e le ampiezze di oscillazione (geofoni, idrofoni, etc.).

Per un corpo elastico isotropo e illimitato le velocità delle due onde dipendono dalle costanti elastiche e dalla densità del materiale secondo le seguenti relazioni:

$$v_p = \sqrt{\frac{k + 4/3 \mu}{\rho}} \quad v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

In cui  $k$  e  $\mu$  sono rispettivamente il bulk modulus e lo shear modulus, mentre  $\rho$  indica la densità del materiale.

#### PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Si tratta di una tecnica di prospezione geofisica molto usata in geologia applicata. Fa parte dei metodi attivi di prospezione in quanto prevede l'iniezione di campi di energia elastica nel terreno, e la misura di come esso risponde a tali sollecitazioni. Le prospezioni sismiche consistono nella misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche generate in un punto in superficie, in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica, ove sono infissi dei sensori idonei (geofoni).

#### ANALISI DI DATI SISMICI

Gli strumenti usati per rilevare ampiezze e tempi di arrivo delle onde sismiche in superficie sono detti geofoni.

Ogni singolo geofono infisso nel terreno effettua una registrazione, o sismogramma in cui si notano due arrivi distinti, uno a 100 ms, l'altro a 150 ms.

Da una singola registrazione non è possibile individuare il tipo di onda; per questo motivo si usano dispositivi costituiti da più geofoni posti a distanze diverse dalla sorgente, e generalmente a passo costante la cui entità dipende dal dettaglio richiesto. La sequenza di sismogrammi che ne risulta può essere rappresentata in funzione del tempo e della distanza.

Da queste registrazioni è possibile distinguere il tipo di onda ricordando che la riflessa non è mai la prima registrata nel sismogramma. Si nota che a piccole distanze il primo arrivo è delle dirette, caratterizzato da grande ampiezza e scostamento (variazione del tempo vs distanza) costante a tutte le distanze; a maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello della rifratta, caratterizzato da minor ampiezza e scostamento (la retta cambia pendenza). Il punto in cui si ha l'arrivo contemporaneo dell'onda diretta e rifratta è detto "punto a ginocchio" (crossover distance), la cui distanza dal punto di scoppio può essere facilmente calcolata, mentre il punto in cui si osserva il primo arrivo della rifratta è detto "distanza critica".

L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello della riflessa, in cui lo scostamento aumenta con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Dai sismogrammi di uno stendimento di geofoni si ricavano curve distanza-tempo (travel-time curves) o dromocrone.

Il punto fondamentale nell'interpretazione dei dati è l'individuazione dei primi arrivi (first peak) in ogni geofono, ma non sempre è una operazione agevole a causa di disturbi del segnale (rumore di fondo) o perché il primo arrivo è dato dall'onda d'aria, qualora le velocità competenti al terreno più superficiale siano vicine a quelle di propagazione nell'aria.

#### INTERPRETAZIONE DEL SUBSTRATO DA DROMOCRONE

Si può considerare un modello, formato da due layer aventi velocità diverse, in due condizioni ovvero con il layer superiore di spessore diverso. La condizione di partenza fondamentale è  $V_2 > V_1$ .

Dalle velocità è possibile ricavare lo spessore degli strati ed avere una valutazione della litologia attraversata; infatti ogni materiale è caratterizzato da un proprio range di velocità con cui può essere attraversato dalle onde sismiche.

Lo spessore può essere calcolato in due modi:

- considerando la  $X_{cr}$  (crossover-distance)

$$h = \frac{X_{cr}}{2} \left( \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right)^{1/2}$$

- Considerando  $t_0$  (zero offset time) che è la proiezione sull'asse dei tempi della retta relativa alla  $V_2$ ; in pratica si estrapola il tempo di arrivo dell'onda rifratta alla distanza zero, dove in realtà non esiste.

$$h = \frac{t_o (V_2 V_1)}{2(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}$$

### **Prospezione Sismica a rifrazione:**

Allo scopo di estendere in profondità le osservazioni di superficie sono stati eseguiti due stendimenti sismici a rifrazione. Per la sismica a rifrazione è stata utilizzato un sismografo a 12 canali, 12 geofoni da 14 Hz con distanza intergeofonica per quanta riguarda la sezione 1 di 2 m e per la sezione 2 di 1 m, una massa battente di 15 Kg per energizzare il terreno.

La configurazione dello stendimento 1 ha previsto l'utilizzo di 9 punti sorgente (come si vede dalla sezione riportata di seguito); la profondità indagata, considerata la tipologia di sorgente, la distanza tra geofoni e tra sorgenti e le caratteristiche del substrato, è stata di circa 9.5 m.

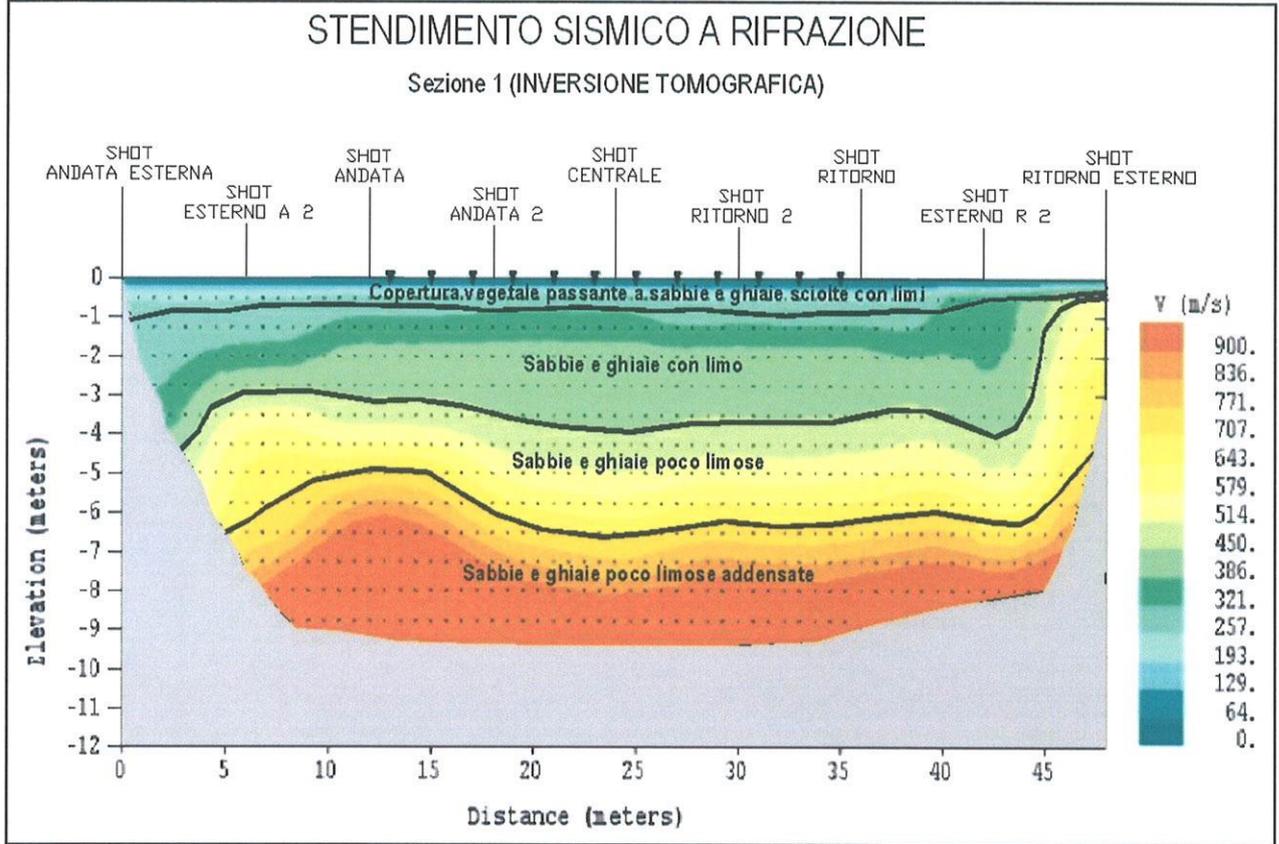
La configurazione dello stendimento 2 ha previsto l'utilizzo di 5 punti sorgente (2 esterni, due ali estremi dello stendimento e 1 centrale); la profondità indagata, considerata la tipologia di sorgente, la distanza tra geofoni e tra sorgenti e le caratteristiche del substrato, è stata di circa 3 m.

L'elaborazione dei dati è stata condotta, previo opportuno filtraggio e pulizia degli stessi, mediante l'utilizzo di due metodologie al fine di avere un pieno controllo dei risultati; in primo luogo sono state valutate in via preliminare le velocità delle singole litologie, cercando, dove possibile di discriminarne la natura. Questa valutazione è stata possibile analizzando le curve tempi/distanze (dromocrone) relative ad ogni sismogramma; ciò ha permesso di ottenere delle superfici di separazione nette ed univoche tra i mezzi elastici (litotipi).

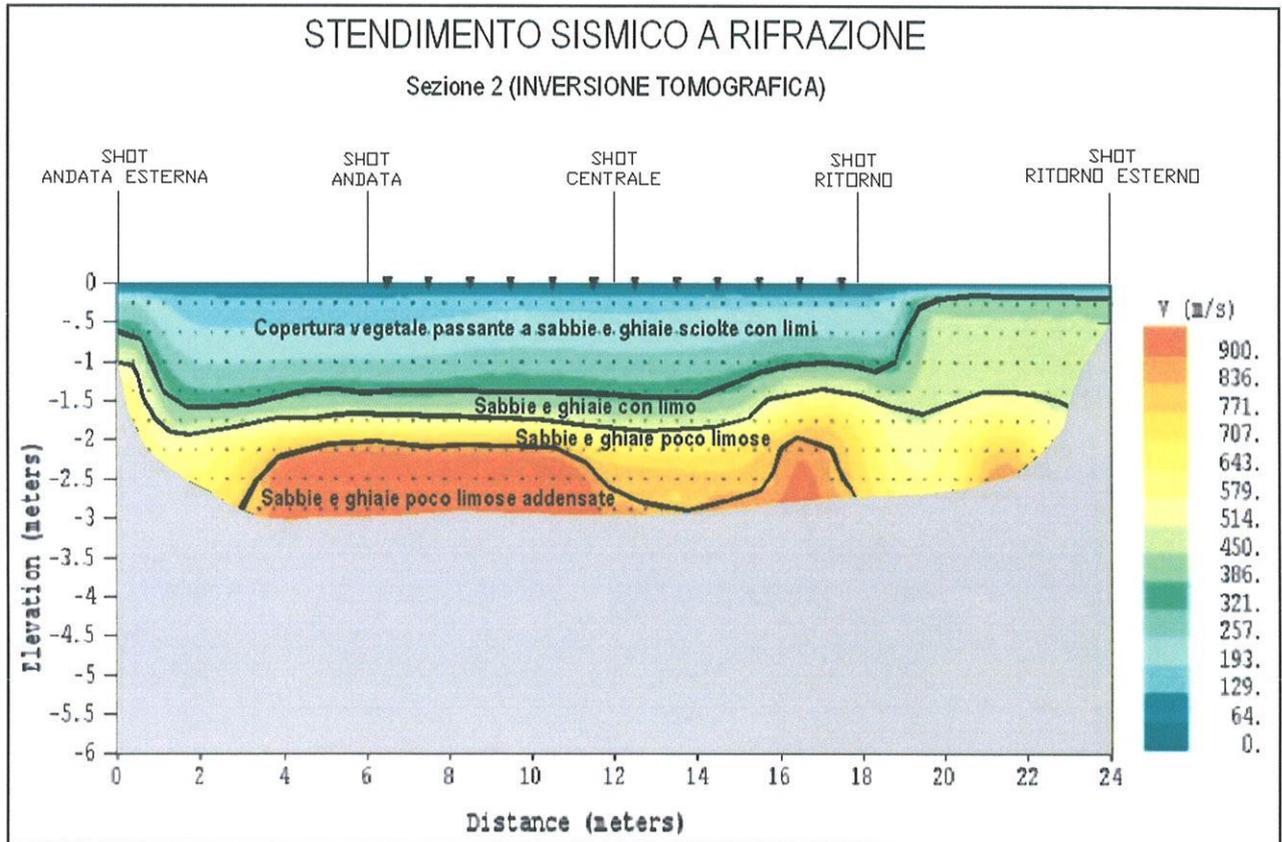
L'analisi delle velocità e degli spessori dei terreni è stata ulteriormente affinata utilizzando il metodo dell'inversione tomografica; in sostanza tale metodo utilizza i tempi di primo arrivo delle onde P ai geofoni unitamente alla geometria dello stendimento, e, attraverso un algoritmo di inversione, costruisce un modello caratterizzato da un gradiente verticale e laterale delle velocità delle onde P. La computazione reciproca di tutti i dati permette, inoltre, di caratterizzare un modello geometrico delle strutture del sottosuolo.

Il confronto tra le due metodologie sopra accennate ha permesso di inserire, nelle sezioni tomografiche, delle superfici di separazione coincidenti con il passaggio tra diverse litologie o entro una medesima litologia qualora essa sia caratterizzata da orizzonti a diversa competenza (purchè non di spessore esiguo).

I risultati delle prospezioni sismiche sono rappresentati nelle sezioni tomografiche che seguono:



*Tomografia sismica dello stendimento S1*



*Tomografia sismica dello stendimento S2*

### Caratteristiche meccaniche del terreno:

Le caratteristiche meccaniche dei terreni in esame sono desunte considerando i risultati della prospezione sismica e i dati bibliografici. Le correlazioni suddette sono naturalmente approssimate, mancando riscontri diretti in laboratorio su campioni indisturbati di terreno, specialmente per quanto riguarda la compressibilità.

A seguito si riporta una stratigrafia schematica con assegnati i principali parametri geotecnici.

#### Stendimento S1 :

Spessore (m)		Velocità onde	Interpretazione
A	R	P (km/s)	
0.8	0.9	0.00 - 0.25	Copertura vegetale passante a sabbie e ghiaie sciolte con limi
2.2	2.6	0.25 - 0.40	Sabbie e ghiaie con limo
2.0	2.6	0.40 - 0.70	Sabbie e ghiaie poco limose
/	/	0.70 - 0.90	Sabbie e ghiaie poco limose addensate

#### Stendimento S2 :

Spessore (m)		Velocità onde	Interpretazione
A	R	P (km/s)	
1.4	1.1	0.00 - 0.25	Copertura vegetale passante a sabbie e ghiaie sciolte con limi
0.3	0.4	0.25 - 0.40	Sabbie e ghiaie con limo
0.3	1.10	0.40 - 0.70	Sabbie e ghiaie poco limose
/	/	0.70 - 0.90	Sabbie e ghiaie poco limose addensate

N.B. Lo spessore dell'ultimo strato non è stato definito sia perchè significativamente potente sia per le limitazioni della stessa prova.

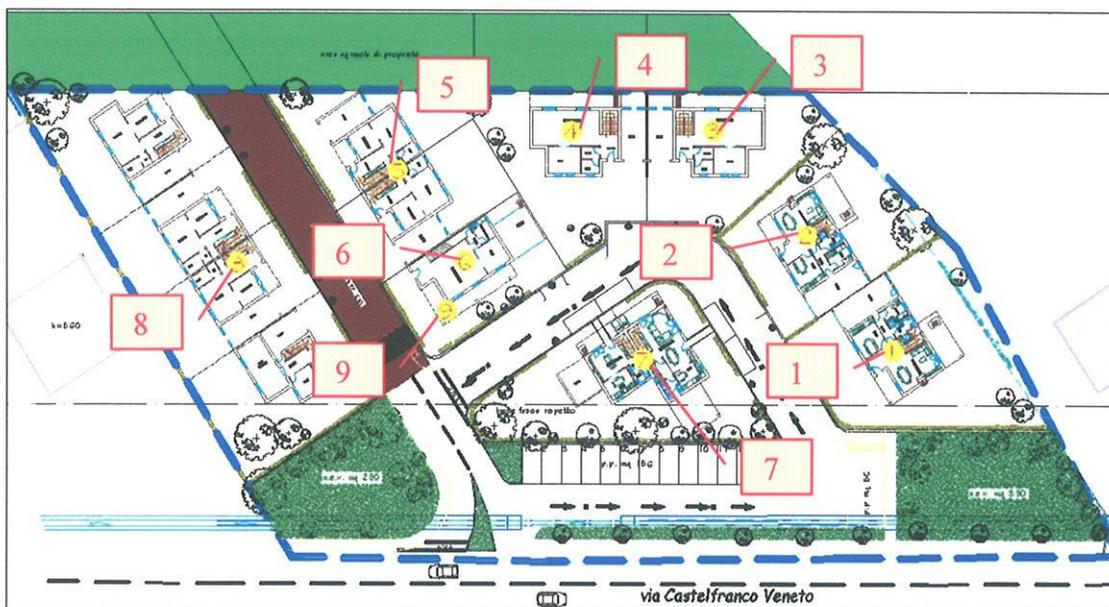
La prospezione sismica ha permesso di evidenziare le caratteristiche elastiche e di stimare uno spessore delle litologie presenti nel sottosuolo. Esaminando nel dettaglio i risultati relativi allo stendimento S1, spinto fino alla profondità di indagine di circa 9.5 m, si evince che è presente uno strato superficiale mediamente potente 0.90 m

costituito da terreno sciolto con copertura vegetale al di sotto della quale è presente uno strato di sabbie e ghiaie sciolte con limi, definito da una velocità delle onde compressionali P (tra 0 e 250 m/s). In successione è presente uno strato di spessore compreso tra i 2.20 e i 2.60 m costituito da sabbie e ghiaie con materiale coesivo, presumibilmente limo, con una velocità delle onde P tra 250 e 400 m/s. Lo strato successivo, di circa 2.50 m di spessore medio, presenta una velocità delle onde compressionali P compresa tra 400 e 700 m/s, infine l'ultimo strato costituito da sabbie e ghiaie poco limose addensate, presenta una velocità delle onde P compresa tra 700 e 900 m/s.

Valutando i risultati dello stendimento S2 si evince che si trova uno strato di uno spessore compreso tra 1.10 e 1.40 m con, superficialmente, del terreno di copertura seguito da sabbie e ghiaie sciolte con limi, con velocità delle onde compressionali P tra 0 e 250 m/s, al disotto di questo strato, per uno spessore di circa 0.30 – 0.40 m si trova una piccola fascia di sabbie e ghiaie con limo con velocità tra 250 e 400 m/s. Più in profondità, per uno spessore che varia dai 0.30 m (in corrispondenza dello scoppio di andata) ai 1.10 m (in corrispondenza dello scoppio di ritorno) in cui le velocità delle onde P è compreso fra 400 e 700 m/s. L'ultimo strato, di cui non è possibile definire lo spessore, presenta velocità comprese tra 700 e 900 m/s.

### Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche sono state condotte fino alla profondità massima di 9.60 m da p.c. Per le prove penetrometriche dinamiche è stato utilizzato un penetrometro dinamico classificato come Heavy (ISMEF) con maglio da 50 kg ed energia specifica per colpo pari a 5.60 kg/cm<sup>2</sup>. Di seguito si riporta l'ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche, le foto dell'esecuzione delle stesse e la loro interpretazione, mentre i grafici sono riportati in allegato.



Planimetrica di progetto con ubicazione delle prove

### Caratteristiche meccaniche del terreno

Le caratteristiche meccaniche dei terreni in esame sono desunte tramite correlazioni con dati penetrometrici

Alla resistenza strumentale possono essere correlati:

- Coesione non drenata  $C_u$  e Angolo d'attrito dei terreni granulari (in relazione al diagramma di Searle e all'elaborazione del programma Win-din ).
- Coefficiente di compressibilità volumetrica  $mv = 1 / \alpha * P_1$  (con  $\alpha$  = parametro dipendente dal tipo di terreno) e quindi il modulo confinato  $M = 1/mv$ .

Le correlazioni suddette sono naturalmente approssimate, mancando riscontri diretti in laboratorio su campioni indisturbati di terreno, specialmente per quanto riguarda la compressibilità.



*Esecuzione dp1*



*Esecuzione della dp 2*



*Esecuzione della dp 3*



*Esecuzione dp 4*



*Esecuzione della dp 5*



*Esecuzione della dp 6*



*Esecuzione dp 7*



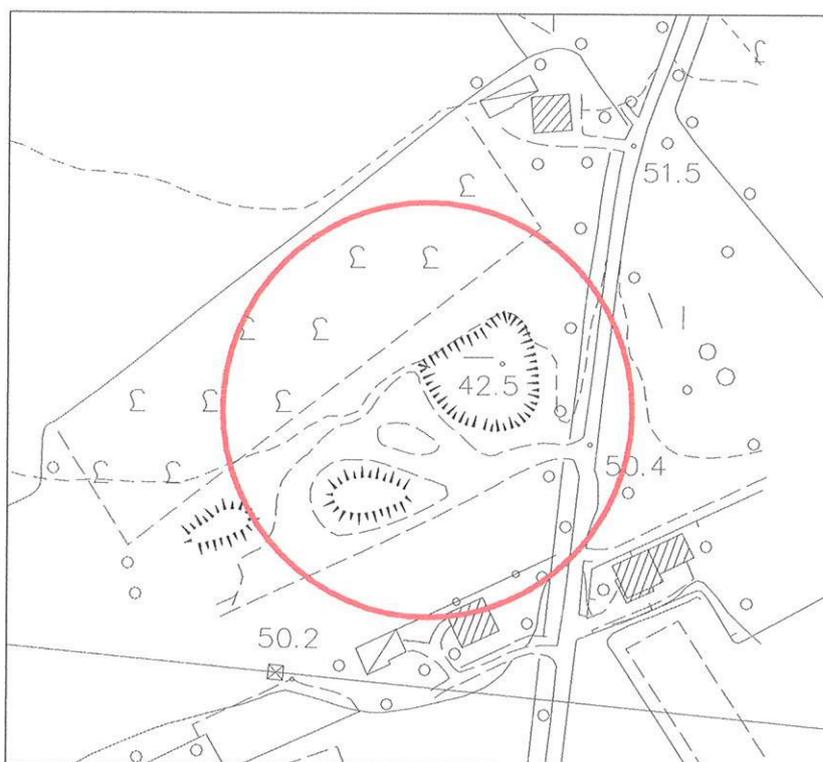
*Esecuzione della dp 8*



*Esecuzione della dp 9*

sabbia), dalle indagini effettuate risulta però anche la presenza di materiale di natura coesiva (limo e argilla). Non è stato comunque possibile individuare il passaggio tra i terreni di riporto e il materiale naturale anche se dalle quote indicate nell'estratto di una vecchia carta sotto riportato, si vede come ci siano circa 8 m di dislivello tra l'area di cava e le zone limitrofe.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche dp 9, dp 6 e dp 4, sono state spinte fino alla profondità di 0.90-1.20 m da p.c. perché durante la fase di riempimento della cava, alcune betoniere scaricavano i residui di lavaggio che ha portato alla formazione nell'area di alcune croste di cemento (tipo magrone) che non ha permesso di raggiungere profondità d'indagine maggiori.



*ctr 1:5.000 in rosso è cerchiata l'area di studio con indicate le zone di cava e le curve di livello con le quote p.c.*

A seguito si riportano delle stratigrafie schematiche media dedotta dai dati delle prove con assegnati i principali parametri geotecnici.

### Lotto 1

#### Interpretazione dp 7 (Lotto 1)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (1)	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^{\circ}$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-0.9	Materiale granulare denso	174	/	35	2.00	35	70.0
3	0.9-1.5	Materiale granulare con debole frazione coesiva	77	/	35	2.00	27	60.5
4	1.5-4.2	Materiale granulare poco compatto con frazione coesiva	32	/	30	1.90	11	36.5
5	4.2-6.0	Materiale coesivo mediamente compatto	16	0.40	/	1.85	6	21.7
6	6.0-6.6	Materiale coesivo compatto	22	0.60	/	1.90	10	35.0
7	6.6-6.9	Materiale coesivo molle	7	0.20	/	1.78	3	/
8	6.9-8.4	Materiale granulare sciolto con debole frazione coesiva	19	/	35	1.90	10	35.0
9	8.4-9.0	Materiale granulare	44	/	33	2.00	22	53.0
10	9.0-9.6	Materiale granulare addensato scarsamente limoso	73	/	35	2.05	36	71.0

(1) L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^{\circ}$ = angolo d'attrito efficace

### Lotto 2

#### Interpretazione dp 1 (lotto 2)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (1)	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^{\circ}$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-0.9	Materiale granulare	38	/	30	1.95	14	41.0
3	0.9-2.1	Materiale di natura coesiva (limoso argilloso)	3	0.06	/	1.68	1	3.8
4	2.1-2.7	Materiale di natura coesiva (limoso argilloso)	0	/	/	1.60	/	/
5	2.7-3.6	Materiale di natura coesiva (limoso argilloso)	6	0.19	/	1.78	3	11.3
6	3.6-4.8	Materiale di natura coesiva (limoso argilloso)	15	0.31	/	1.83	5	18.3
7	4.8-5.4	Materiale granulare poco denso con frazione limoso argillosa	21	/	29	1.90	8	28.3
8	5.4-6.6	Materiale granulare in matrice coesiva limoso argillosa	15	/	28	1.85	6	21.7

(1) L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^{\circ}$ = angolo d'attrito efficace

Interpretazione dp 2 (lotto 2)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA <sup>(1)</sup>	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-1.2	Materiale coesivo limoso argilloso	12	0.25	/	1.80	4	15.0
3	1.2-1.8	Materiale granulare con debole frazione coesiva	40	/	31	1.95	14	41.0
4	1.8-3.0	Materiale di natura prevalentemente coesiva	18	0.40	/	1.85	6	21.7
5	3.0-3.3	Materiale granulare mediamente denso con frazione coesiva	30	/	30	1.90	10	35.0
6	3.3-3.6	Materiale di natura prevalentemente coesiva	18	0.40	/	1.85	6	21.7
7	3.6-3.9	Materiale granulare	51	/	32	1.98	18	47.0
8	3.9-5.7	Materiale coesivo con inclusi granulari	15	/	/	1.85	6	21.7

(1) L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
 Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^\circ$ = angolo d'attrito efficace

**Lotto3**

Interpretazione dp 3 (lotto 3)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA <sup>(1)</sup>	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-1.2	Materiale granulare sciolto con frazioni coesive	20	/	26	1.90	7	25.0
3	1.2-1.8	Materiale granulare	120			2.10	48	83.0
4	1.8-2.1	Materiale granulare con debole frazione coesiva	34			1.95	11	36.5
5	2.1-2.4	Materiale coesivo limoso argilloso	10	0.19	/	1.78	3	11.3
6	2.4-3.6	Materiale granulare in matrice coesiva limoso argillosa	28	/	29	1.90	9	31.7
7	3.6-4.2	Da materiale granulare a materiale coesivo	18	0.56	29	1.85	6	21.7
8	4.2-4.8	Materiale granulare	32	/	30	1.95	11	36.5

(1) L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
 Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^\circ$ = angolo d'attrito efficace

Interpretazione dp 4 (sempre all'interno del lotto 3)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (1)	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-1.2	Materiale da granulare a compatto(solella in cemento)	154	/	33	2.10	44	79

(1)L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
*Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^\circ$ = angolo d'attrito efficace*

La prova penetrometrica dp 4 si è interrotta alla profondità di 1.20 m da p.c. probabilmente perché è stata eseguita in corrispondenza del crostone di cemento già nominato, dovuto alla presenza di un vecchio impianto di betonaggio, lo stesso vale per le prove dp 6 e dp 9 relative ad una parte del lotto 4 (si veda l'interpretazione seguente).

**Lotto 4**

Interpretazione media dp 6 & dp 9 (lotto 4)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (1)	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-1.2	Materiale da granulare a compatto(solella in cemento)	175	/	33	2.10	44	79

(1)L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
*Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^\circ$ = angolo d'attrito efficace*

Interpretazione dp 5 (lotto 4)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (1)	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	$\gamma_{d/s}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-0.9	Materiale prevalentemente granulare	36		30	1.90	10	35.0
3	0.9-1.5	Materiale granulare in matrice coesiva limoso argillosa	18	0.40	26	1.85	6	21.7
4	1.5-1.8	Materiale coesivo	12	0.25	/	1.80	4	15.0
5	1.8-2.1	Materiale granulare in matrice limoso sabbiosa	20	0.40	26	1.85	6	21.7

(1)L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
*Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata ;Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa.  $\phi^\circ$ = angolo d'attrito efficace*

La prova si è interrotta a 2.00 m da p.c. andando a rifiuto dopo 20 cm e non 30 cm per la presenza di materiale molto compatto forse della stessa "soletta" di cemento di cui si è ipotizzata la presenza anche nel lotto 3.

## Lotto 5

Interpretazione dp 8 (lotto 5)

Strato	m da p. c.	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (1)	PARAMETRI GEOTECNICI					
			Rpd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ°	γ <sub>d/s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Nspt	Dr
1	0.0-0.6	Copertura vegetale	/	/	/	/	/	/
2	0.6-1.2	Materiale granulare	140	/	35	2.10	41	76.0
3	1.2-1.8	Materiale granulare molto denso	237	/	38	2.20	70	92.5

(1) L'interpretazione litologica è dedotta dai dati delle prove penetrometriche ed ha valore puramente indicativo delle litologie presenti  
 Rpd: resistenza dinamica alla punta; Cu: coesione non drenata; Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm); Dr %: densità relativa. φ°= angolo d'attrito efficace

## Tipo di fondazione consigliata

La tipologia dell'opera in progetto, prevede la realizzazione di una lottizzazione di 5 lotti. Vista la disomogeneità dell'area oggetto di studio dovuta al fatto che il sito è un'ex cava riempita con materiali estremamente disomogenei, si consiglia la realizzazione di fondazioni a platea con piano di posa a circa 0.60 m da p.c. per i lotti 1,3,& 4. Per il lotto 5 si riportano due ipotesi, la platea del tutto simile agli altri lotti e una fondazione continua, dato che il settore interessato da questo lotto non è mai stato coinvolto dall'attività di cava e perciò il terreno di fondazione risulta omogeneo e di buone caratteristiche meccaniche. Particolare attenzione va posta nella realizzazione delle abitazioni del lotto 2, dalla planimetria risulta che per tali abitazioni sono previsti degli interrati, si consiglia quindi di approfondire lo scavo fino a circa 3.60 – 3.80 m da p.c, ossia fino al primo livello di materiale con caratteristiche geotecniche discrete ed eventualmente riportarsi alla quota degli scavi vicini (circa 3 m da p.c.) con materiale granulare (ghiaia), in tal modo si miglioreranno le caratteristiche geotecniche dei materiali su cui poggerà l'opera. Durante le indagini non è stata rilevata la presenza di falda, quindi le pareti dello scavo si auto sosterranno senza problemi. ( con inclinazioni prossime ai 50 °).

## Capacità portante di fondazioni a platea

La capacità portante può essere ricavata da equazioni semiempiriche come:

$$Q_{ds} = 1,3cN_c + \gamma DN_q + 0,4\gamma BN_\gamma$$

### Fondazione a platea lotto 2

I calcoli si basano su una fondazione a platea con piano di posa a 3.60 m p.c. I valori di capacità portante riportati in tabella si riferiscono ai metodo di calcolo di Terzaghi e Meyerhoff. Viene applicato un coefficiente pari a 3 (sec. D.M. 11/03/88 Capo A.2, comma 2°).

metodo	Capacità portante q in kg/cm <sup>2</sup>	Capacità portante $q_a$ (con $F_s=3$ )
Meyerhoff	2.58	<b>0.86</b>
Terzaghi	2.22	<b>0.74</b>

### Fondazione a platea Lotti(1,3,4 & 5)

I calcoli si basano su una fondazione a platea con piano di posa a 0.60 m p.c. I valori di capacità portante riportati in tabella si riferiscono ai metodo di calcolo di Terzaghi e Meyerhoff. Viene applicato un coefficiente pari a 3 (sec. D.M. 11/03/88 Capo A.2, comma 2°), per il seguente calcolo sono stati considerati i valori peggiori fra tutte le prove effettuate.

metodo	Capacità portante q in kg/cm <sup>2</sup>	Capacità portante $q_a$ (con $F_s=3$ )
Meyerhoff	2.62	<b>0.87</b>
Terzaghi	2.41	<b>0.80</b>

### Fondazione continua Lotto 5

I calcoli si basano su una fondazione continua con piano di posa a 0.60 m p.c. I valori di capacità portante riportati in tabella si riferiscono ai metodo di calcolo di Terzaghi e Meyerhoff. Viene applicato un coefficiente pari a 3 (sec. D.M. 11/03/88 Capo A.2, comma 2°).

metodo	Capacità portante q in kg/cm <sup>2</sup>	Capacità portante $q_a$ (con $F_s=3$ )
Meyerhoff	8.03	<b>2.68</b>
Terzaghi	9.82	<b>3.27</b>

### **Cedimenti di fondazioni superficiali**

Nel calcolo dei cedimenti gli strati interessati dalla compattazione più sensibile saranno quelli contenenti l'argilla o terreni organici (natura coesiva); naturalmente **si verificheranno** dei cedimenti anche all'interno degli altri strati (natura granulare) che sono però difficilmente calcolabili senza la raccolta di campioni indisturbati per il laboratorio.

Cedimenti area lotto 1 (prova dp7)

Carichi di progetto in kg/cmq	Cedimenti in cm	
	Cedimenti minimi	Cedimenti massimi
0.7	1.39	2.77
0.6	1.67	3.33

*A seguito della scelta di parametri geotecnici in favore della sicurezza, i cedimenti calcolati si avvicineranno a quelli minimi*

Cedimenti area lotto 2 (prove dp1 & dp2)

Carichi di progetto in kg/cmq	Cedimenti in cm Dp 1		Cedimenti in cm Dp 2	
	Cedimenti minimi	Cedimenti massimi	Cedimenti minimi	Cedimenti massimi
0.7	0.16	0.33	0.84	1.69
0.6	0.00	0.01	0.70	1.40

*A seguito della scelta di parametri geotecnici in favore della sicurezza, i cedimenti calcolati si avvicineranno a quelli minimi*

Se lo scavo dell'interrato non interessa l'intera pianta dell'edificio insorgeranno sicuramente problematiche legate a cedimenti differenziali a meno di sostituire (bonificare) interamente il terreno coesivo (riempimenti e riporti) con terreni granulari partendo dalla medesima profondità d'imposta dell'interrato.

Cedimenti area lotto 3 (prove dp3 & dp4)

Viene considerata la situazione peggiore fra le due prove (dp 3).

Carichi di progetto in kg/cmq	Cedimenti in cm	
	Cedimenti minimi	Cedimenti massimi
0.7	0.81	1.62
0.6	0.67	1.35

*A seguito della scelta di parametri geotecnici in favore della sicurezza, i cedimenti calcolati si avvicineranno a quelli minimi*

Cedimenti area lotto 4 (prove dp5 , dp6, dp9)

Viene considerata la situazione peggiore fra le prove (dp 5).

Carichi di progetto in kg/cmq	Cedimenti in cm	
	Cedimenti minimi	Cedimenti massimi
0.7	0.68	1.6
0.6	0.56	1.13

*A seguito della scelta di parametri geotecnici in favore della sicurezza, i cedimenti calcolati si avvicineranno a quelli minimi*

Cedimenti area lotto 5 (prova dp8)

Visti i terreni in sito, prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie debolmente limose, sotto i carichi della opera in progetto, si presenteranno dei cedimenti trascurabili.

In base ai dati bibliografici e alle indagini in sito i terreni sono prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie da limose a debolmente limose che sotto i carichi della opera in progetto presenteranno dei cedimenti trascurabili.

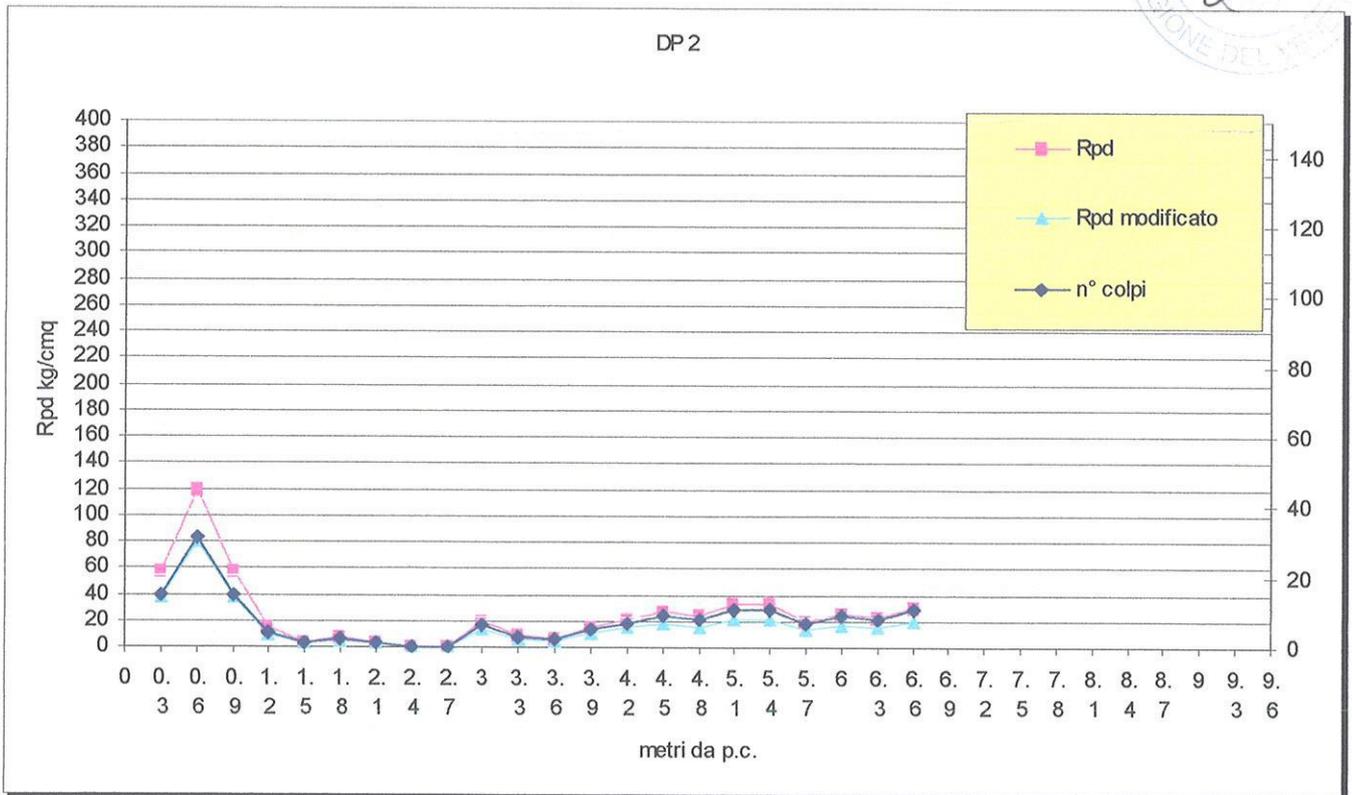
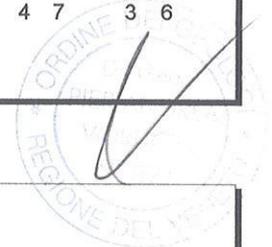
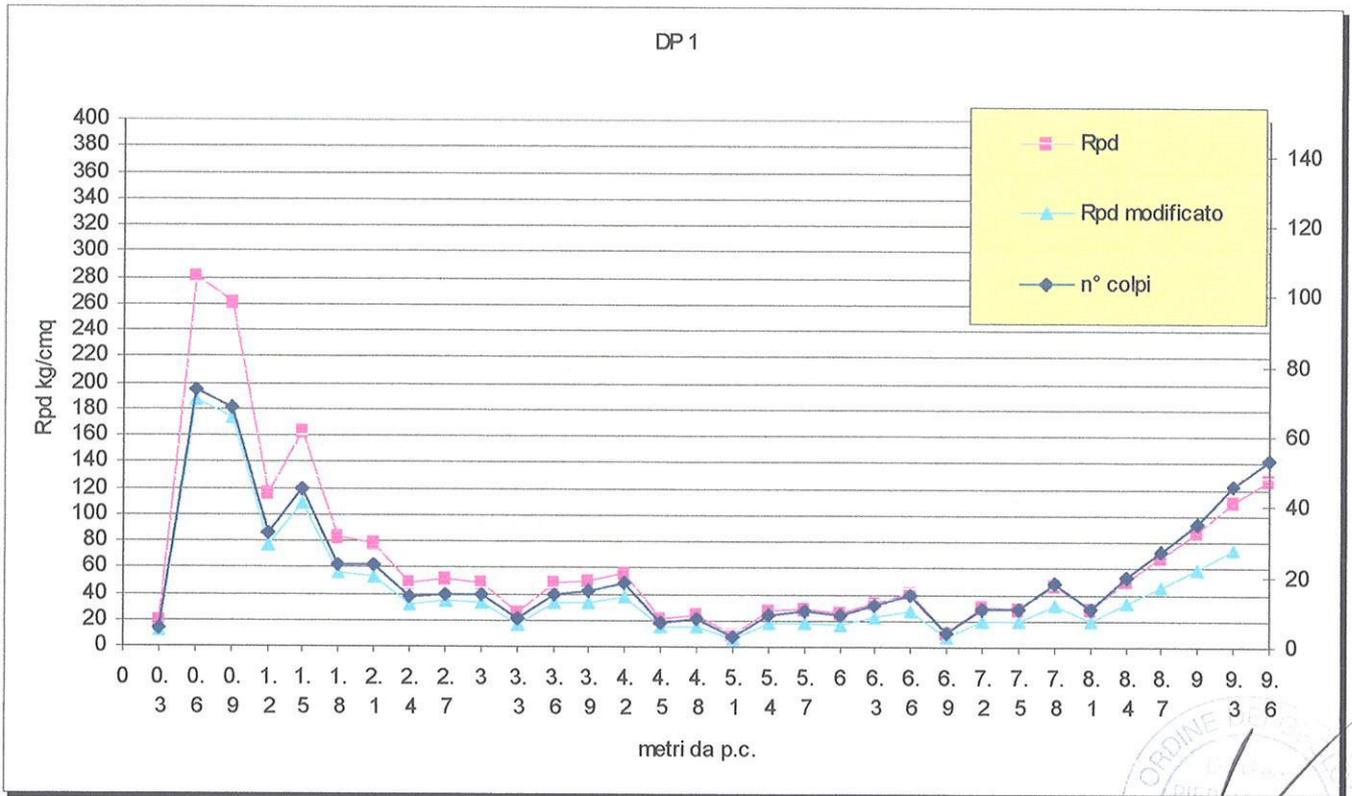
## CONCLUSIONI

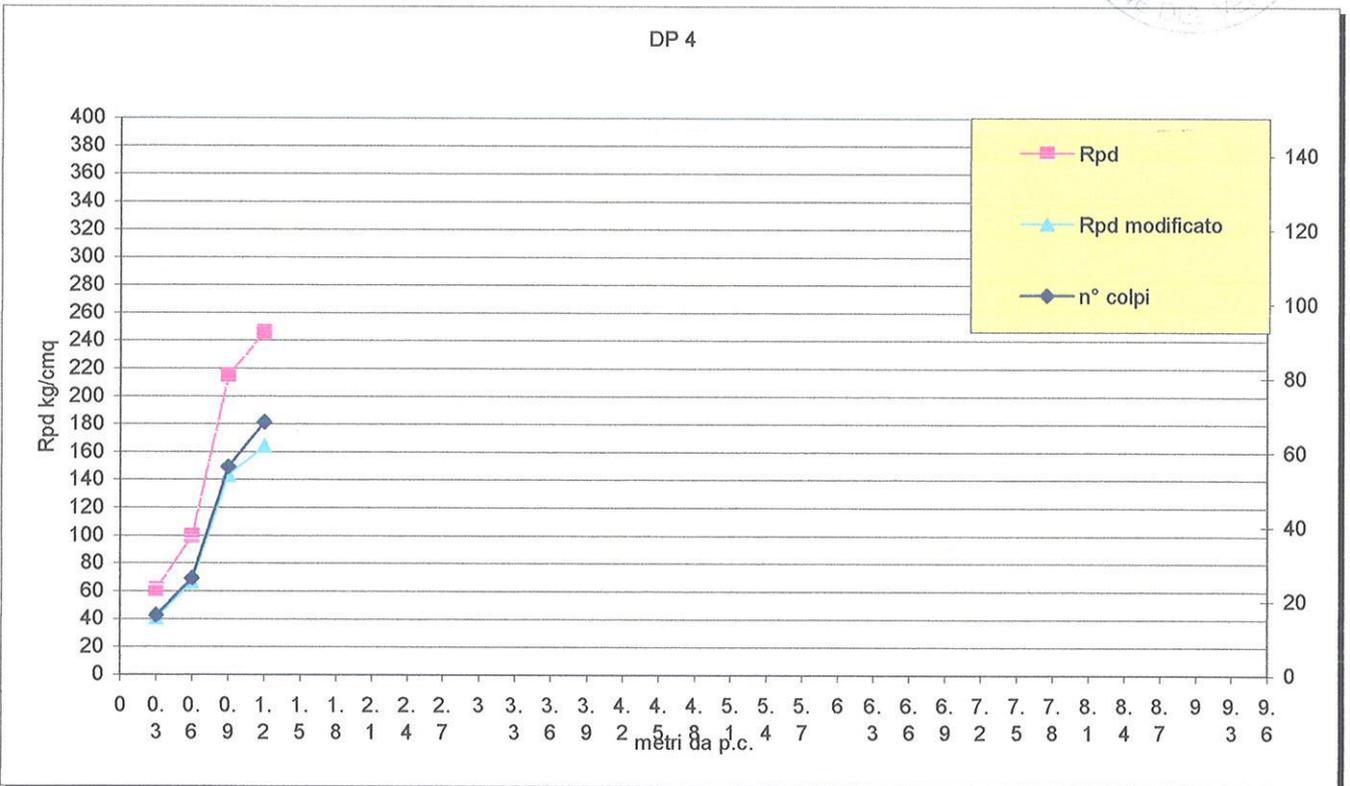
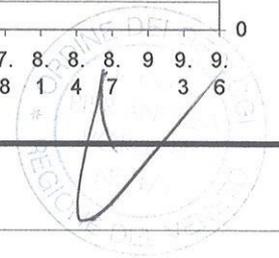
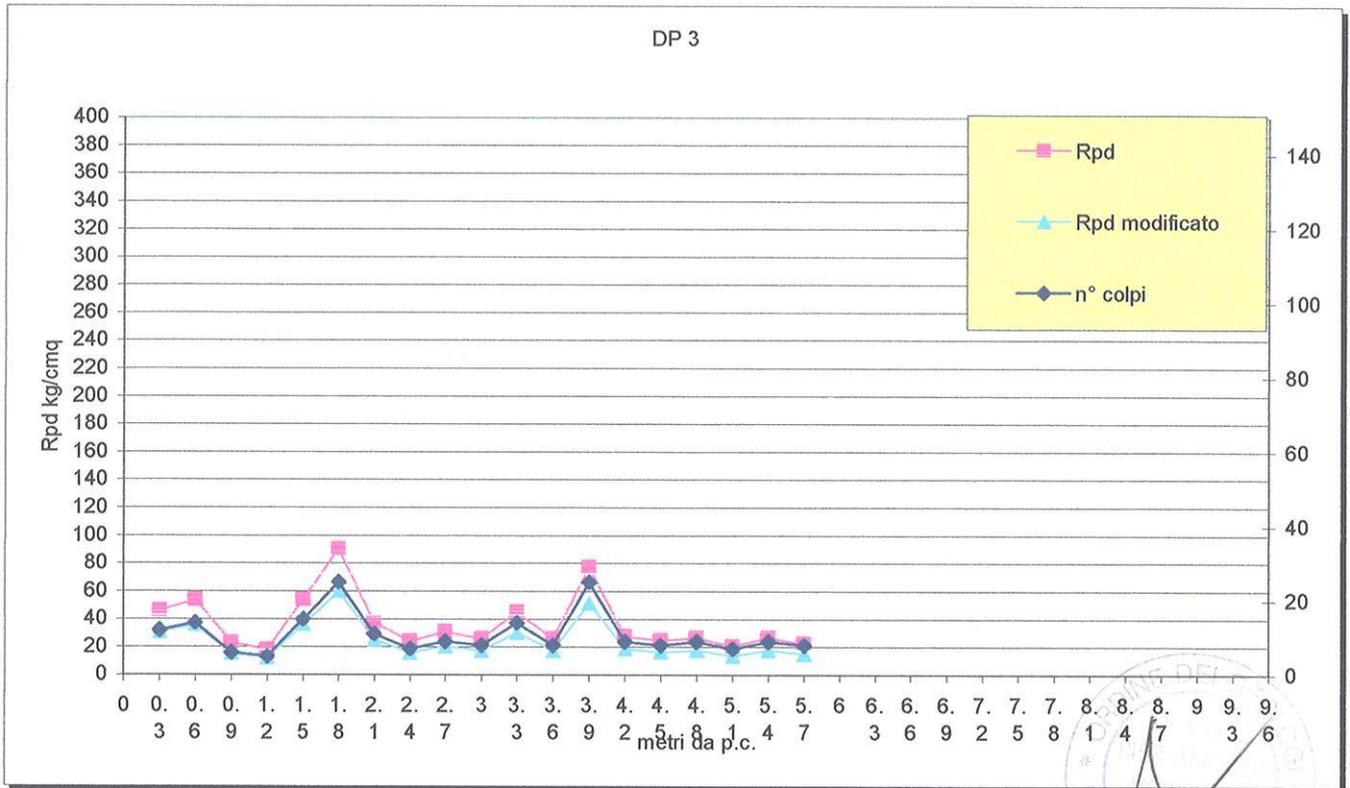
- **Fattibilità geologica;** dal punto di vista geologico l'area può ritenersi stabile e secondo la cartografia ufficiale non è in prossimità di aree a particolare rischio idraulico ed è quindi da considerarsi a basso rischio idrogeologico s.l.
- **Fattibilità geotecnica;** i terreni presi in esame supportano senza problemi e con cedimenti trascurabili i carichi previsti per l'abitazione. Il comune di Pordenone è classificato in classe sismica 2 e i terreni su cui poggiano le fondazioni appartengono alla categoria di D "Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati". Data la presenza di ghiaie frammiste a sabbie il rischio di liquefazione appare minimo.

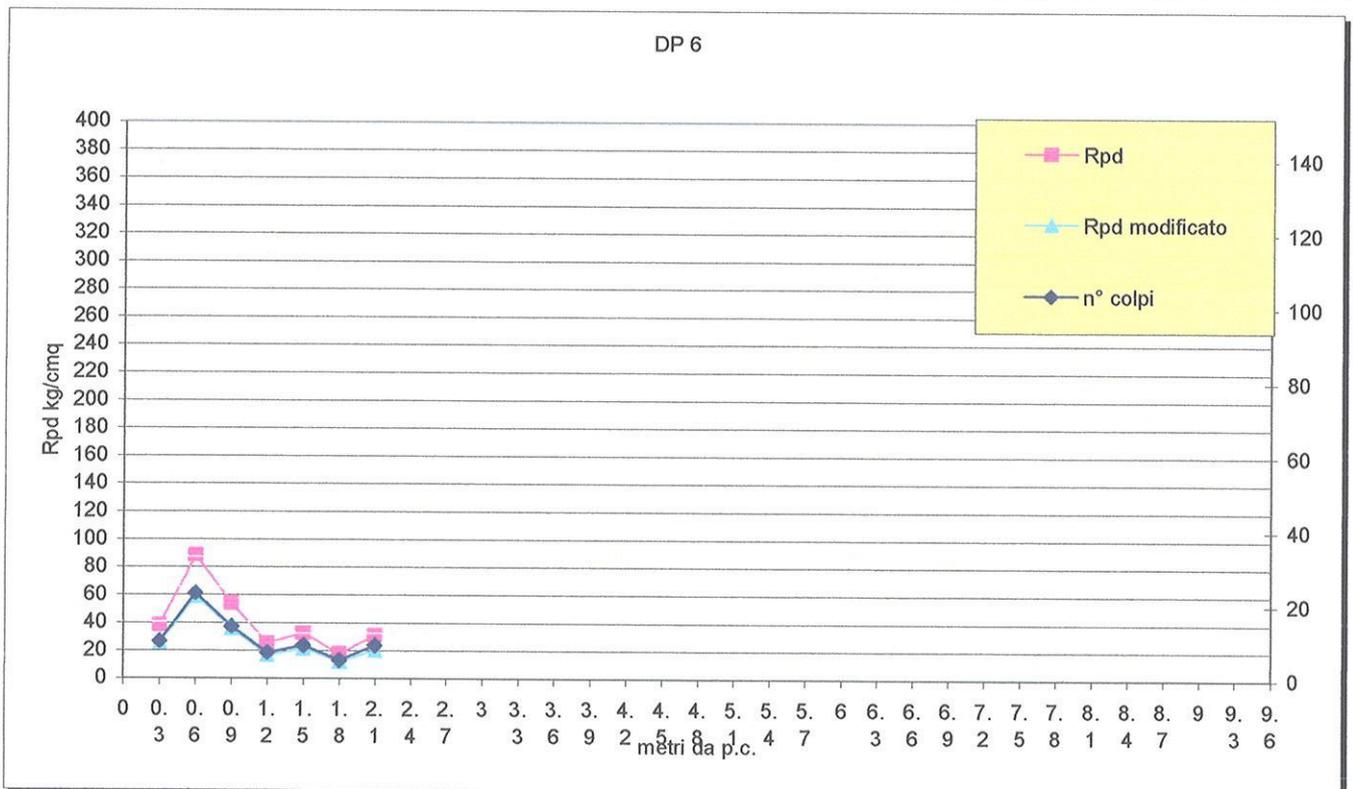
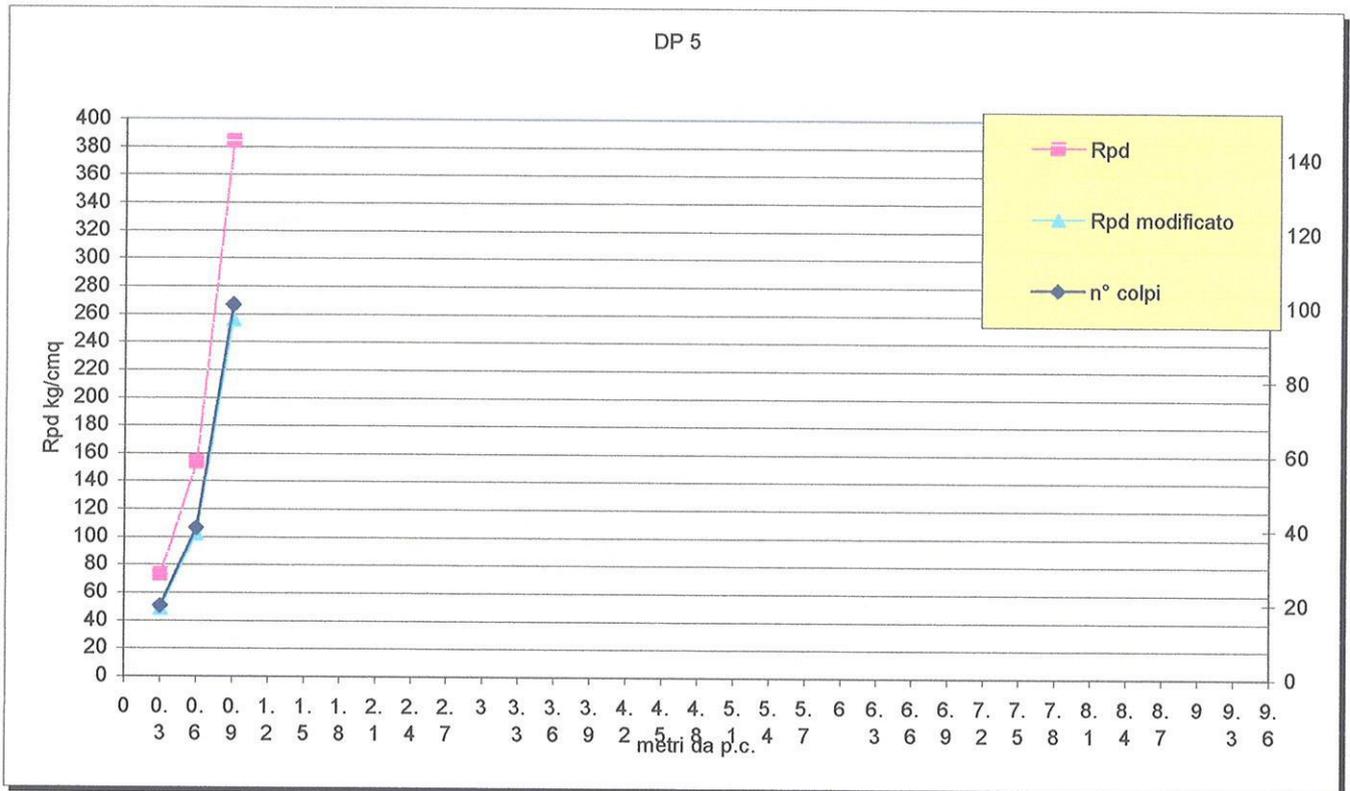
A circular stamp from the "ORDINE DEI GEOLGICI DELLA REGIONE DEL VENETO" is positioned above a handwritten signature. The signature is in black ink and appears to be "Pier Andrea Vorlicek". Below the signature, the text "dott. Vorlicek Pier-Andrea" is printed, followed by "geologo" and "dottore di ricerca in geologia applicata" in smaller font, and "Ph.D in apply geology" at the bottom.

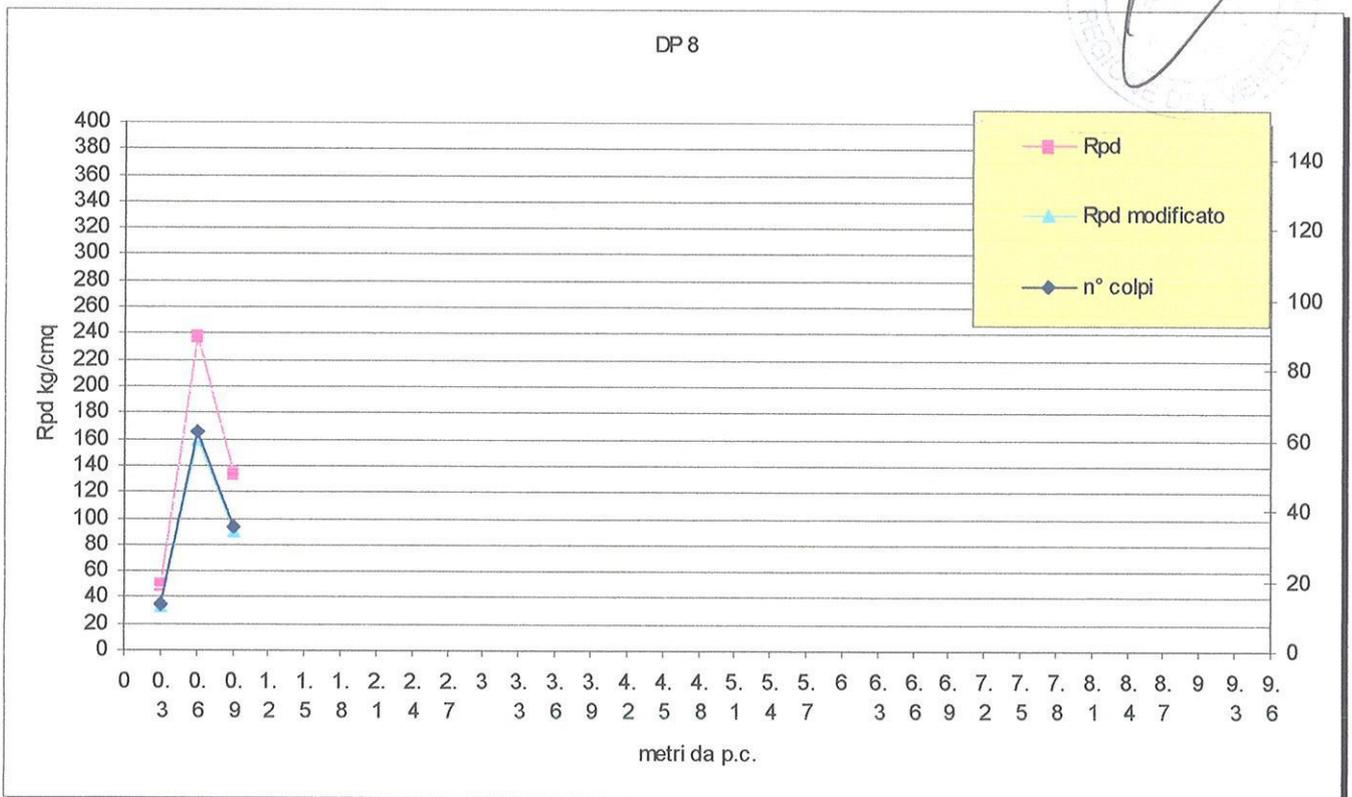
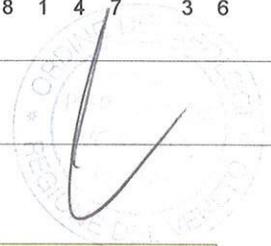
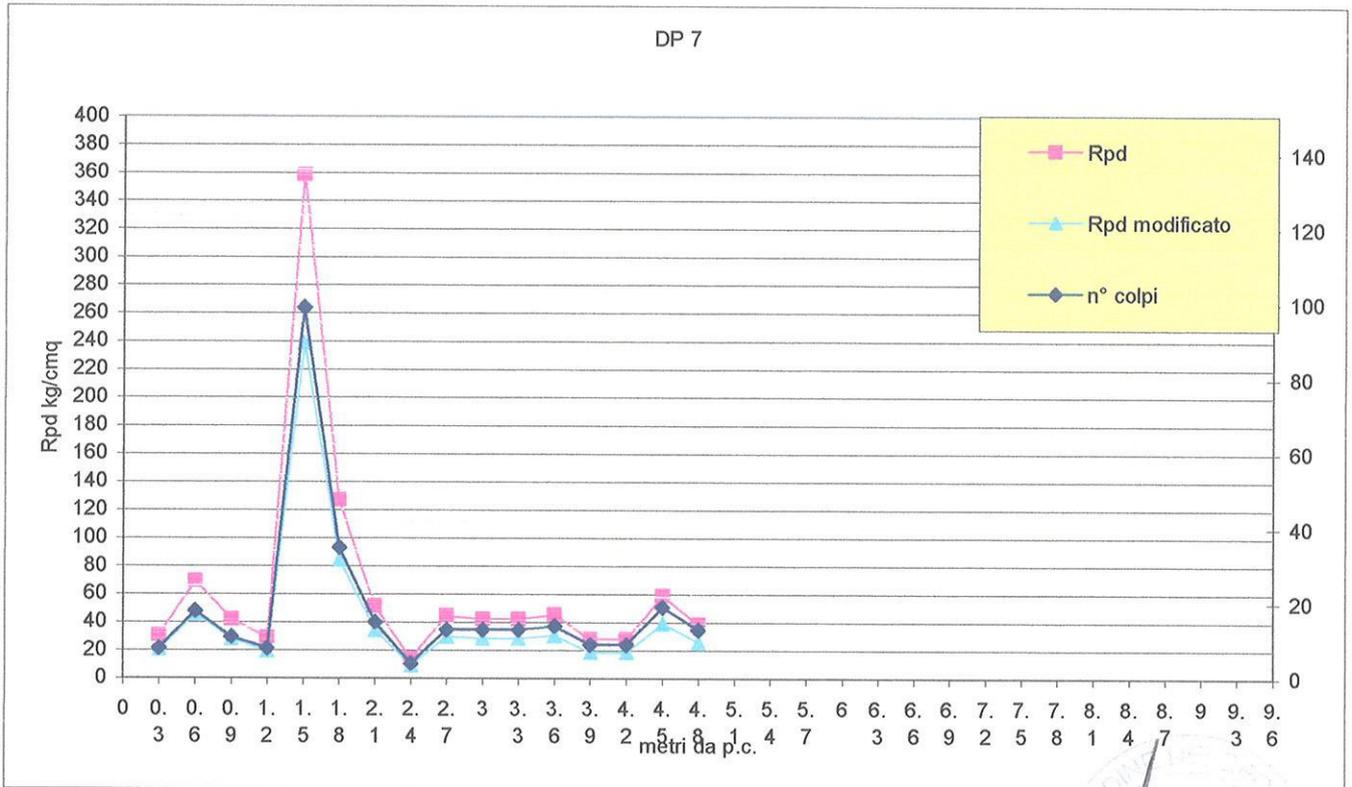
Indagini eseguite nel mese di dicembre 2006

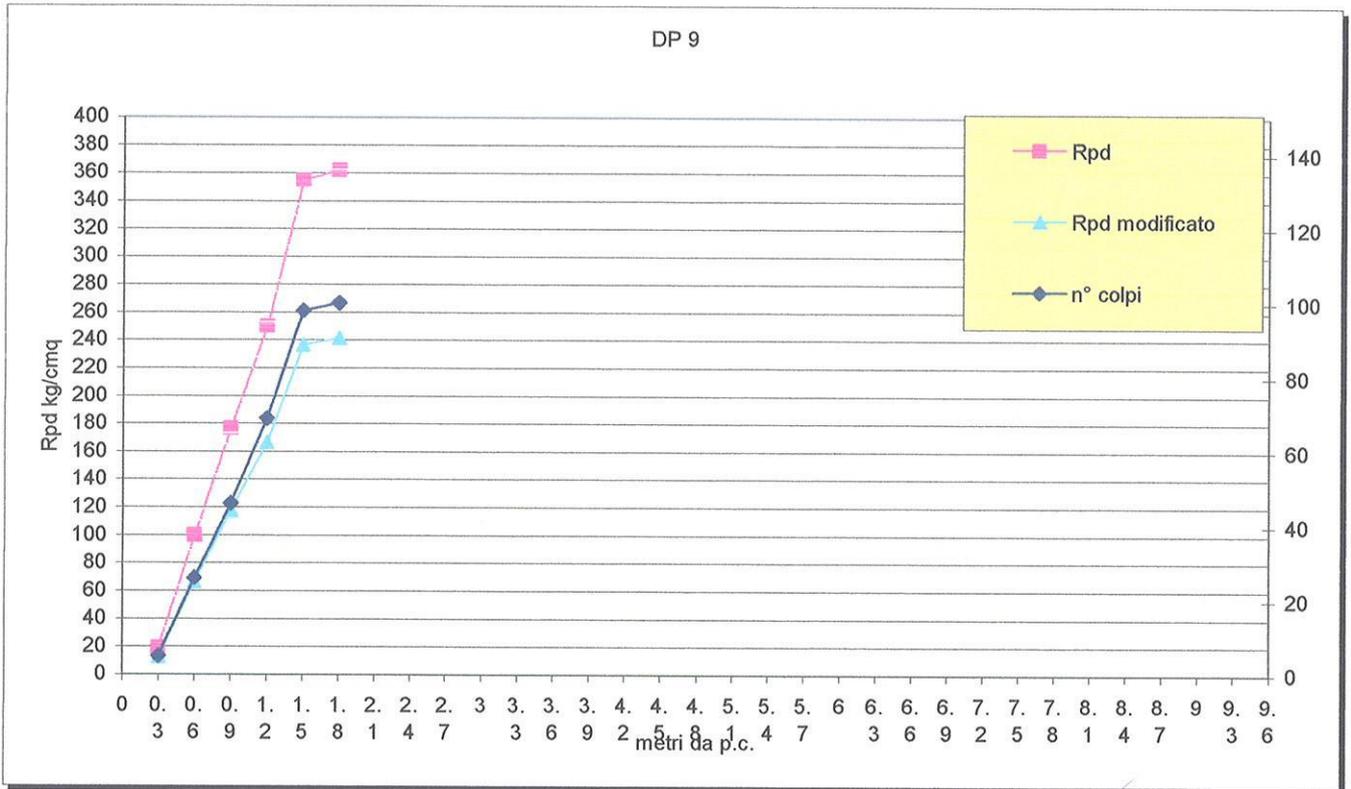
Relazione elaborata nel mese di febbraio 2007











Al signor Sindaco  
del Comune di Pordenone

**Oggetto** *Asseverazione di compatibilità del progetto di Piano Particolareggiato Comunale di  
Iniziativa Privata n°55*

Il sottoscritto Dott. **Pier-Andrea Vorlicek** iscritto all'ordine dei Geologi della Regione Veneto al N°  
**371** con sede in Este (via Salute, 16) in qualità di geologo libero professionista che ha guidato le  
indagini geognostiche (dicembre 2006) e redatto la relazione geologico tecnica (febbraio 2007). in  
ottemperanza dell'art. 2 dell Regolamento Riferito alle Situazioni di Pericolo Naturale del PRGC del  
Comune di Pordenone a seguito dell' INDAGINE GEOLOGICA svolta

**ASSEVERA**

la compatibilita' del progetto di lottizzazione sui terreni identificati catastalmente al foglio 5 mappali  
**661-695-694-657-656** del Comune di Pordenone.

27 maggio 2009

Il Tecnico

*Dott. Pier-Andrea Vorlicek*



**VORLICEK dott. PIER-ANDREA**  
*Professore a contratto*  
**UNIVERSITÀ DI PADOVA**