

COMUNE DI PORTO S.ELPIDIO

(Provincia di Fermo)

AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO REALIZZAZIONE NUOVI LOCULI

Committente: Amministrazione Comunale

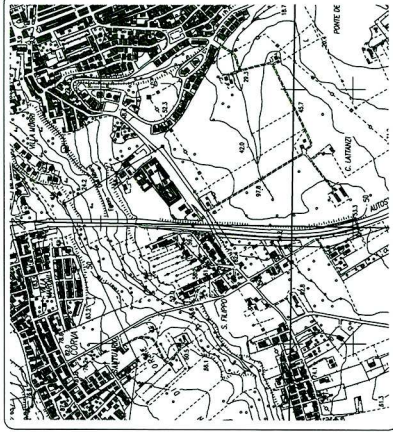
Indagine geologica - geotecnica

Oggetto:

Relazione

DATA

Gennaio 2012



Studio Tecnico - Geologico **Dr. Geol. ALBERTO CONTI**
Via IV Novembre n°4
63018 PORTO S.ELPIDIO (FM)
Tel. e Fax 0734.992263 email: geol.albertoconti@tin.it

Timbro e firma del tecnico

Firma del committente

INDICE

1	Premessa	pag.	2
2	Inquadramento topografico	pag.	4
3	Caratteristiche geologiche e geomorfologiche	pag.	4
3.1	Inquadramento geologico	pag.	4
3.2	Assetto geomorfologico dell'area	pag.	4
3.3	Schema idrografico e idrogeologico dell'area	pag.	5
4	Litostratigrafia e caratterizzazione geotecnica	pag.	6
5	Sismicità	pag.	9
5.1	Categoria di sottosuolo	pag.	9
5.2	Coefficiente di amplificazione topografica	pag.	10
5.3	Determinazione della frequenza caratteristica di risonanza	pag.	10
5.4	Determinazione parametri sismici dell'area	pag.	11
6	Indicazioni di carattere geologico-tecnico per la realizzazione del fabbricato	pag.	13

La presente relazione è composta da n° 20 pagine.

Allegati:

- Tav. 1 - inquadramento topografico
- Tav. 2 - planimetria
- Tav. 3 - sezione litologica
- Tav. 4 - carta della falda
- Scheda calcolo resistenza di progetto del palo
- Stratigrafie
- grafici e diagrammi elaborazione tests penetrometrici dinamici DP5H.
- relazione indagine sismica passiva HVSR (TROMINO & Grilla).

OPERA DELL'INGEGNO - RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO
- ART. 99 L. 633/41

COMUNE DI PORTO SANT'ELPIDIO (FM)

AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO

REALIZZAZIONE NUOVI LOCULI

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa alla realizzazione di nuovi loculi all'interno del civico cimitero, nel Comune di Porto S. Elpidio. L'indagine è finalizzata all'acquisizione delle informazioni necessarie per un'opportuna caratterizzazione geologica e geotecnica del sito coinvolto dalle opere previste e alla verifica delle condizioni di fattibilità dei lavori in progetto, per quanto concerne i vari aspetti geologico-tecnici. L'indagine inoltre si pone come obiettivi:

1. la valutazione della presenza, nel sito interessato dall'opera, di eventuali scenari di pericolosità sismica locale;
2. la classificazione del terreno nelle categorie di suolo di fondazione di cui al punto 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 [Testo Unico per le Costruzioni]

Nella presente relazione sono contenuti ed esposti i dati e le osservazioni raccolte durante le indagini svolte all'interno della zona in oggetto, lo studio della quale si è articolato nelle seguenti fasi di lavoro:

- una prima fase conoscitiva caratterizzata dalla verifiche di indagini esistenti in loco e dall'osservazione e definizione delle principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche mediante opportuni sopralluoghi e rilievi di superficie estesi per un "intorno significativo"; a tal proposito sono stati reperiti i dati stratigrafici relativi a dei sondaggi geognostici eseguiti in passato per i vari ampliamenti del civico cimitero
- esecuzione delle indagini dirette (geotecniche e geofisiche) mediante la realizzazione di:

COMUNE DI PORTO S. ELPIDIO (FM) – AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO - REALIZZAZIONE NUOVI LOCULI
COMMITTENTE AMMINISTRAZIONE COMUNALE

- n.1 misura dei microtremori effettuata utilizzando un rilevatore digitale di microtremori (Tromino®) che consente la definizione del rapporto HVSR e la determinazione della frequenza caratteristica di risonanza del sottosuolo
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche [sigla T1, T2 e T3] effettuate, in data 13 Gennaio 2012 all'interno dell'area in esame, dalla ditta 'Geodril s.a.s. Servizi Geologici Dr.Valeriano Bassani & C., e spinte, rispettivamente, fino alla profondità di 11,40 10,60 e 10,40 ml dall'attuale p.c..

L'esatta ubicazione delle prove di indagine è riportata nell'elaborato "Planimetria" allegato alla presente relazione.

- elaborazione e sintesi dei risultati dell'indagine effettuata;
- esposizione delle principali indicazioni inerenti la fattibilità geologica dell'intervento in progetto.

L'indagine è stata svolta in ottemperanza alla normativa tecnica di riferimento: D.M. 11.03.88 [norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione], Circolare Min. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 [istruzione riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii, i criteri generali...], L. n. 64 del 02.02.74 [legge sismica], **DM 14.01.2008** [testo unico per le costruzioni].

Ulteriori dati bibliografici sono stati, inoltre, dedotti dalla consultazione dei seguenti lavori e pubblicazioni:

- ❖ **Carta Geologica delle Marche** -

COMUNE DI PORTO S. ELPIDIO (FM) – AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO - REALIZZAZIONE NUOVI LOCULI
COMMITTENTE AMMINISTRAZIONE COMUNALE

2 – INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il sito è rappresentato ed identificato geograficamente nel Foglio 125 della Carta d'Italia, quadrante 125 I. Dall'analisi della cartografia disponibile si deduce una quota altimetrica dell'area di interesse pari a circa 54 m s.l.m.. La morfologia topografica del terreno si presenta completamente pianeggiante. La struttura in oggetto è localizzata ad ovest del centro abitato di Porto S. Elpidio lungo la strada provinciale che porta alla frazione Cretarola.

3 _CARATTERISTICHE GEOLOGICHE - GEOMORFOLOGICHE

3.1 *Inquadramento geologico*

Dal punto di vista geologico la zona presa in esame è caratterizzata dalla presenza dei terreni del ciclo sedimentario Plio-Pleistocenico, costituito prevalentemente da associazioni pelitiche con intercalati livelli sabbioso-arenacei; al tetto di tale successione sono presenti i depositi sabbioso-conglomeratici che rappresentano i termini più recenti dell'ultima regressione marina e caratterizzano i terreni presenti nell'area esaminata. Difatti la locale sequenza deposizionale marina, mascherata da una discreta coltre colluviale e alluvionale ghiaioso-sabbiosa, è costituita prevalentemente da unità arenaceo-sabbiose con livelli ciottolosi e unità argillose con livelli sabbiosi.

3.2 *Assetto geomorfologico dell'area*

L'area interessata dalla realizzazione dei nuovi loculi è interna alla struttura dell'ampliamento del Cimitero; è situata su un'area pianeggiante delimitata, verso nord, da una netta scarpata che raccorda il pianoro alla valle del fosso dell'Albero. Durante i rilievi effettuati, nella zona interessata dalle opere in progetto non sono state accertate forme,

indizi e strutture geomorfologiche legati a processi gravitativi in atto o avvenuti in un recente passato, per cui l'area può ritenersi, allo stato attuale, del tutto stabile.

3.3 *Scheda idrografica ed idrogeologica dell'area*

L'area oggetto dell'indagine è caratterizzata da una cospicua coltre alluvionale ghiaioso-sabbiosa, mascherata da un orizzonte superficiale limoso-argilloso-sabbioso (coltre colluviale). I depositi del substrato sono prevalentemente sabbioso-arenacei. I sondaggi effettuati, spinti fino alla profondità di 15,00 ml dal p.c. non hanno evidenziato venute idriche sotterranee. Come si può evincere dalla carta della falda (tav. n°4) definita in base a rilievi eseguiti in pozzi presenti nell'area durante gli studi eseguiti per il PRG, il livello della falda acquifera è posto a profondità comprese tra 23 e 27 ml dal p.c. La coltre colluviale, nel suo complesso prevalentemente limoso-argillosa, rappresenta per le sue caratteristiche tessiturali una sufficiente protezione per la falda acquifera sotterranea.

4. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 _Caratteristiche litostratigrafiche locali

Le principali caratteristiche litologiche, nonché i rapporti litostratigrafici tra le varie unità individuate, sono state dedotte dai seguenti elementi di valutazione:

- 1. Sondaggi geognostici effettuati nell'area in periodi precedenti
- 2. Prove penetrometriche dinamiche [DPSH].

La caratterizzazione geotecnica che segue è legata principalmente dall'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche DPSH effettuate all'interno del lotto in oggetto. Le prove sono state effettuate dalla ditta Geodril di Cerreto d'Esi.

La prova penetrometrica dinamica consiste nella misura continua della resistenza alla penetrazione di una punta infissa, a percussione meccanica, da un maglio a sganciamento automatico.

Le caratteristiche dell'attrezzatura utilizzata (Penetrometro dinamico superpesante DPSH) sono:

Penetrometro dinamico superpesante DPSH			
Peso maglio:	63,5 Kg	Altezza caduta:	75 cm
Penetrazione standard:	20 cm	Dimensione punta:	20,00 cm²
Dimensioni aste		Angolo punta:	
		90°	
		diámetro:	32 mm
		lunghezza:	1,00 m
		peso aste:	6,15 Kg

In dati raccolti hanno messo in evidenza, a partire dall'attuale piano campagna, la seguente serie litostratigrafica locale.

Tenere vagale (dal piano campagna alla profondità di 0,6 nd)

[LITOTIPO A] limi-sabbioso-argillosi con ciottolame e resti organici

Depositi colluviali (dalla profondità di 0,6-0 nd alla profondità variabile da 3,80-4,00 (T₇-T₃) a 5,00 (T₁) nd dal p.c)

[LITOTIPO B] limi-argillosi nocciola con venature biancastre e noduli di concrezione carbonatica. Il grado di consistenza è variabile.

Ai fini dei calcoli geotecnici possono essere assunti i seguenti parametri:

γ [t/mc]: peso di volume = 1,95

Cu [t/mq]: coesione non drenata = 7,00 – 13,00

Cu_k [t/mq]: coesione non drenata – parametro caratteristico' = 7,80

φ [grad]: angolo di attrito interno = 23°

φ_k [grad]: angolo di attrito interno – parametro caratteristico' = 21,8°

Ed [Kg/cmq]: modulo edometrico = 45

Cbre alluvionale (dalla profondità di 3,80 - 5,00 nd alla profondità pari a circa 14,00 nd p.c)

Depositi derivanti dall'azione di alluvionamento ed erosione da parte del fiume Tenna [LITOTIPO C] Ghiaie e sabbie: depositi sciolti costituiti da ciottoli eterometrici e arrotondati, in matrice sabbioso-limosa. Il grado di addensamento è buono.

Ai fini dei calcoli geotecnici possono essere assunti i seguenti parametri:

γ [t/mc]: peso di volume = 1,9

φ [grad]: angolo di attrito interno = 30°– 32°

φ_k [grad]: angolo di attrito interno – parametro caratteristico' = 30°

E [Kg/cmq]: modulo di elasticità = 150 -230

All'interno del corpo ghiaioso, tra le profondità di 6,20 (T₇-T₃) e 7,20 (T₁) nd e 8,00 e 9,60 nd è presente un orizzonte sabbioso-limso

[LITOTIPO D] Limi-sabbiosi. Limi sabbiosi e sabbie. I depositi sono mediamente addensati e inglobano ciottoli sparsi.

Ai fini dei calcoli geotecnici possono essere assunti i seguenti parametri:

γ [t/mc]: peso di volume = 1,90

φ [grad]: angolo di attrito interno = 28°

φ_k [grad]: angolo di attrito interno – parametro caratteristico' = 26,6°

$E [Kg/cmq]$: modulo di elasticità = 80

I parametri caratteristici sono determinati mediante la formula semplificata di Schneider, dove COV è il coefficiente di variazione per il quale lo stesso autore suggerisce i seguenti valori: per $\phi \rightarrow 10\%$; per $C_u \cdot c' \rightarrow 40\%$; per $E \rightarrow 40\%$

Maggiori dettagli sugli spessori e sulle profondità raggiunte dai litotipi accertati sono esposti nelle stratigrafie allegate.

5_SISMICITA'

Con l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003, l'intero territorio nazionale è stato oggetto di un aggiornamento e revisione della classificazione sismica. Esso è stato suddiviso in quattro zone a livello decrescente di pericolosità sismica di base. Il territorio del comune di Porto S. Elpidio è interamente incluso nella zona 2.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

5.1_Categoria di sottosuolo

Facendo riferimento al Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 – § 7.11.3) ed alla nuova normativa sismica Ord. P.C.M. n° 3274 del 20.3.03, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III) sulla base della misura diretta della $V_{s,0}$ (velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità) o, nei casi in cui tale misura non sia disponibile, sulla base dei valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica $N_{sp,30}$ nei terreni a grana grossa e/o tenendo conto della resistenza non drenata equivalente Cu_{30} nei terreni a grana fine.

Nel presente lavoro per la definizione della categoria di sottosuolo ci si è avvalsi di un tomografo digitale che consente la determinazione delle velocità delle onde di taglio (V_s) utilizzando un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSr) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) secondo la teoria descritta in AKI (1964) Ben-Menahem e Singh (1981)- (relazione allegata).

Nel sito in esame la $V_{s,0}$, è risultata pari a **354 m/sec** e quindi secondo la tab. 3.2.II della normativa, il sottosuolo appartiene alla categoria C.

CATEGORIA C

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{30} compresi tra 180 e 360 m/s, ovvero $15 < NSPT 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu < 250$ kPa nei terreni a grana fine

5.2. Coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato determinato tenendo conto delle indicazioni contenute nel D.M. del 14.01.2008 (punto 3.2.1. – Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI). Essendo l'opera da realizzare ubicata su un'area pressoché pianeggiante si ricava una Categoria Topografica T1 (Tab. 3.2.IV). A tale categoria corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica S_a pari a 1 (Tab. 3.2.VI).

5.3. Determinazione della frequenza caratteristica di risonanza

Nel lotto in oggetto sono state effettuate delle indagini sismiche passive a stazione singola per la determinazione della frequenza di risonanza del terreno (relazione indagine sismica HVSR allegata).

L'interpretazione della prova sismica effettuata con il tomografo digitale permette, come già accennato, di determinare la frequenza caratteristica di risonanza del sito. Tale dato rappresenta un parametro importante per il corretto dimensionamento delle strutture in termini di risposta sismica locale evitando di realizzare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno e che in caso di sisma possono essere soggette all'effetto di "doppia risonanza" che potrebbe comprometterne la stabilità stessa.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito in esame è risultata pari a:

10,25 Hz

5.4. Determinazione parametri sismici dell'area

Con l'entrata in vigore delle "Norme tecniche per le Costruzioni" – D.M. del 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica locale viene determinata mediante la definizione dell'azione sismica di riferimento dedotta sulla base dei valori di pericolosità recentemente prodotti e messi in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

In questa sede per la definizione dei principali parametri che caratterizzano lo spettro per la località investigata, ed eventualmente i periodi di ritorno non coincidenti con i parametri contenuti nell'allegato A delle norme, è stata utilizzata un'applicazione software on line messa a disposizione dalla Geostru software® denominata "GeoStru PS®" (link <http://www.geostru.com/geoapp/ParametriSismici.aspx>).

La definizione dei parametri sismici dei siti in esame avviene utilizzando i dati provenienti da quattro siti di riferimento (nodi della rete INGV) mediante alcuni processi di interpolazione. Le coordinate geografiche utilizzate per il posizionamento del sito all'interno della griglia elaborata dalla INGV sono state ricavate direttamente dalla mappa geografica presente sul sito e sono:

Coordinate geografiche (WGS84)	
Latitudine φ	Longitudine λ
43,255247°	13,752067°

Le principali caratteristiche delle opere da realizzare sono:

1	Tipo di costruzione (1 – 2 – 3)	2
2	Vita Nominale V_n ($\leq 10 - \geq 50 - \geq 100$)	50 anni
3	Classi d'uso in presenza di azioni sismiche (I – II – III – IV)	III
4	Coefficiente d'uso C_u (0.7 – 1.0 – 1.5 – 2.0)	1.5
5	Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_n \cdot C_u$	75 anni
6	Categoria sottosuolo	C
7	Categoria topografica	T1 [$\beta < 15^\circ$]

Le elaborazioni effettuate hanno fornito i seguenti parametri sismici:

STATO LIMITE	T_R	a_g [g]	F_0	T^{*}_C	S_s	C_c	S_r	a_{max}
SLO	45	0.059	2.509	0.282	1.500	1.590	1.0	0.866
SLD	75	0.076	2.516	0.288	1.500	1.580	1.0	1.124
SLV	712	0.215	2.496	0.309	1.380	1.550	1.0	2.906
SLC	1462	0.280	2.505	0.320	1.280	1.530	1.0	3.512
	[anni]	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]

STATO LIMITE	T_R	a_g [g]	a_{max}	β_s	K_k	K_v
SLO	45	0.059	0.866	0.20	0.018	0.009
SLD	75	0.076	1.124	0.20	0.023	0.011
SLV	712	0.215	2.906	0.28	0.083	0.041
SLC	1462	0.280	3.512	0.28	0.100	0.050
	[anni]	[g]	[m/s ²]	[-]	[-]	[-]

6 – INDICAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE

I risultati delle indagini evidenziano la presenza, nella parte più superficiale, di un corpo di origine prevalentemente colluviale costituito da sedimenti limoso-argillosi con un grado di consistenza variabile. Dalla profondità variabile da 3,80-4,00 (T_r-T_1) a 5,00 (T_1) ml dal p.c. si rinvencono i sedimenti alluvionali ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi da mediamente a ben addensati. Le unità marine del substrato, costituite prevalentemente da sabbie debolmente cementate e subordinatamente da argille con livelli sabbiosi, si rinvencono a profondità pari a circa 18,00-19,00 ml dal p.c.

Secondo le indicazioni progettuali le strutture verranno impostate, grossomodo, alla quota dell'attuale piano campagna.

Valutando le indicazioni emerse dallo studio condotto e le indicazioni progettuali per le strutture da realizzare, sotto il profilo geologico-tecnico, è possibile ipotizzare sia una fondazione superficiale sia una profonda su pali trivellati. La scelta si baserà su considerazioni tecnico-economiche.

6.1. Fondazione superficiale

Per le strutture in progetto è possibile prevedere fondazioni superficiali con relativo piano di posa posto ad una profondità non inferiore a 1,00 ml dall'attuale piano campagna (quote prove penetrometriche inserite nella sezione litologica – Tav. 3).

6.1.1. – Verifica della capacità portante del complesso terreno-fondazione

Qui di seguito vengono illustrati alcuni esempi di calcolo della portanza del complesso fondazione-terreno, per una fondazione superficiale (platea di fondazione impostata alla profondità di 1,00 ml dall'attuale piano campagna) eseguiti secondo le direttive del D.M. 14.01.2008 (testo unico per le costruzioni).

Verifica al carico limite - SLU (eseguita secondo il D.M. 14 Gennaio 2008)
Deve essere rispettata la condizione:

$E_{ed} \leq R_d$

dove E_{ad} è il valore di progetto dell'azione e degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

La resistenza R_d viene determinata in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza, divisi per il coefficiente parziale γ_m specificato nella tabella 6.2.11 del D.M. 14 Gennaio 2008 e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Relativamente alla determinazione delle azioni, esse non vengono trattate in questa sede in quanto di esclusiva competenza del progettista delle strutture.

Descrizione strati terreno e falda

Simbologia adottata

Nr.	Descrizione	γ	γ_w	ϕ	c	C_u	s
1	limi argillosi	1,95	1,95	21,8°	0,00	7,80	4,00
2	ghiaie e sabbie	1,9	1,9	30°	0,00	0,00	2,60
3	limi-sabbiosi	1,9	1,9	26,6°	0,00	0,00	2,00

Falda acquifera: -

γ	peso di volume del terreno espresso in t/mc
γ_w	peso di volume saturo del terreno espresso in t/mc
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in °
c	coesione del terreno espressa in t/mq
C_u	coesione non drenata espressa in t/mq
s	spessore dello strato espresso in m
Q_u	capacità portante limite
R_k	resistenza caratteristica
R_d	valore di progetto della resistenza

Analisi della portanza

Il calcolo della portanza è stato eseguito col metodo di **Birch – Hansen in condizioni non drenate** [$c=c_u$; $\phi'=0$]. La relazione adottata è la seguente:

$$Q_u = C_u N_c s c_u d_c i_c b_c g_c + q$$

Il calcolo è stato eseguito tenendo conto dei seguenti parametri:

Larghezza fondazione **B = 5,00** [m]
Lunghezza fondazione **L = 15,00** [m]
Profondità piano di posa **D = 1,00** [m]

Ipotesi di calcolo:

- assenza di carichi eccentrici,
- assenza di momenti e sforzi di taglio in fondazione.

APPROCCIO DA 1 - Combinazione 1 ($A_1 + M_1 + R_1$)

[coefficienti M1 Tab. 6.2.11 D.M. 14 Gennaio 2008]

coefficienti parziali	γ_d	γ_c	γ_{cu}	γ_r
M1 \Rightarrow	1,00	1,00	1,00	1,00

[coefficienti R1 Tab. 6.4.1 D.M. 14 Gennaio 2008]

coefficienti parziali	γ_R
R1 \Rightarrow	1,00

Condizioni statiche

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato $H = 5,00$ [m]
Peso specifico terreno $\gamma = 1,95$ [t/mc]
Angolo di attrito $\phi = 0$ [°]
Coesione drenata $c' = 7,80$ [t/mq]

I coefficienti di capacità portante e i fattori correttivi del carico limite sono riportati di seguito:

(calcolo in condizioni non drenate)

$N_c = 5,14$
 $s^0_c = 1,07$
 $i^0_c = 1,00$
 $d^0_c = 1,08$
 $b^0_c = 1,00$
 $g^0_c = 1,00$

Fattori di forma della fondazione
fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico
fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa
fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione
fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna

⇒ $Q_u(R_k) = 46,33 + 1,95 = 48,28 \text{ [t/mq]}$
 $R_d = Q_u(R_k) / \gamma_R = 48,28 / 1,00 = 48,28 \text{ [t/mq]}$

Condizioni dinamiche

La verifica a Capacità Portante in condizioni dinamiche è stata effettuata applicando alla formula di Brinch – Hansen precedentemente descritta i fattori correttivi z che tengono conto degli effetti inerziali del terreno dovuti al sisma (Paolucci & Pecker, 1997). Tali fattori sono stati determinati:

$z_0 = z_f (1 - K_H / Tg \rho)^{0,35}$
 $z_c = 1 - 0,32 K_H$
dove:
 $K_H = 0,083$

Di conseguenza:
 $z_c = 0,97$
 $z_q = z_{f'} = 1$

⇒ $Q_u(R_k) = 46,33 * 0,97 + 1,95 = 46,89 \text{ [t/mq]}$
 $R_d = Q_u(R_k) / \gamma_R = 46,89 / 1,00 = 46,89 \text{ [t/mq]}$

APPROCCIO DA 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2)

[coefficienti M2 Tab. 6.2.11 D.M. 14 Gennaio 2008]

coefficienti parziali γ_m	γ_f	γ_c	γ_{cu}	γ_r
M2 ⇒	1,25	1,25	1,40	1,00

[coefficienti R2 Tab. 6.4.1 D.M. 14 Gennaio 2008]

coefficienti parziali	γ_R
R2 ⇒	1,80

Condizioni statiche

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 5,00	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1,95$	[t/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 0$	[°]
Coesione drenata	$c' = 5,57$	[t/mq]

I coefficienti di capacità portante e i fattori correttivi del carico limite sono riportati di seguito:

(calcolo in condizioni non drenate)

$N_c = 5,14$	fattori di forma della fondazione
$s^0_c = 1,07$	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico
$i^0_c = 1,00$	fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa
$b^0_c = 1,08$	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione
$g^0_c = 1,00$	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna

⇒ $Q_u(R_k) = 33,08 + 1,95 = 35,03 \text{ [t/mq]}$
 $R_d = Q_u(R_k) / \gamma_R = 35,03 / 1,80 = 19,46 \text{ [t/mq]}$

Condizioni dinamiche

Il fattore correttivo z che tiene conto degli effetti inerziali del terreno dovuti al sisma (Paolucci & Pecker, 1997) è pari a:
 $z_c = 0,97$

per cui si ha:

⇒ $Q_u(R_k) = 33,08 * 0,97 + 1,95 = 34,03 \text{ [t/mq]}$
 $R_d = Q_u(R_k) / \gamma_R = 34,03 / 1,80 = 18,90 \text{ [t/mq]}$

Modulo di sottopondo verticale

per B = 500 cm $K_0 = 0,63 \text{ kg/cm}$

6.2. Fondazioni su pali

Il alternativa alla fondazione a platea è possibile considerare una fondazione profonda su pali trivellati. La profondità minima stratigrafica è pari circa 10.00 dall'attuale piano campagna. I pali, interamente armati, dovranno essere intestati all'interno del corpo ghiaioso-sabbioso addensato (lit. "c") nella porzione sottostante il livello limoso-sabbioso (lit. "d")

6.2.a Esempio di calcolo della portanza sul singolo palo

E' stato effettuato, a titolo indicativo, il calcolo della portanza sul singolo palo tenendo conto delle indicazioni riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 (testo unico per le costruzioni). Per il calcolo sono stati ipotizzati pali intestati all'interno del litotipo ghiaioso-sabbioso addensato di lunghezza pari a circa 10,00 ml e aventi un diametro di 0,6 m. La capacità portante del palo è stata valutata impiegando i parametri meccanici ricavati dalle prove penetrometriche effettuate e ritenute significative ai fini del nostro approccio progettuale. La capacità portante, calcolata in termini di *tensioni efficaci* ed introducendo i parametri di resistenza al taglio drenati, è stata determinata adottando la seguente relazione:

$$Q_T = Q_p + Q_L - W_p$$

dove:

Q_p = Portata limite di punta

Q_L = Portata limite per attrito laterale;

W_p = Peso del palo;

Nelle schede allegata alla presente relazione, a cui si rimanda per una consultazione più approfondita, sono stati riportati i parametri impiegati per il calcolo ed il procedimento adottato. Dalla capacità portante si ricava il **valore di progetto della resistenza del palo**

R_{ϕ} , applicando alla resistenza caratteristica R_k i coefficienti parziali γ_k riportati nella Tabella 6.4.II del D.M. 14.01.2008.

$$R_d = \left[\alpha_s / \xi_{s,d} + \alpha_t / \xi_{s,t} - w_s \right] / \gamma_s$$

Per la valutazione della R_k è stata presa in considerazione, per ogni palo, una verticale d'indagine equivalente dedotta dalle indagini effettuate. Il valore caratteristico della capacità portante $R_{\phi,k}$ è stato determinato attraverso l'espressione:

$$R_{\phi,k} = Min \left(\frac{R_{c,cal(maxia)}}{\xi_3}, \frac{R_{c,cal(mini)}}{\xi_4} \right)$$

dove ξ_3 e ξ_4 sono fattori di correlazione riportati, nel D.M. 14.01.2008, nella tabella 6.4.IV e sono in funzione delle numero di verticali indagate.

Adottando l'approccio progettuale 2 (Combinazione: A1+M1+R3) si determina la **resistenza di progetto R_d** del singolo palo applicando alla R_k i coefficienti parziali γ_k indicati nella tabella 6.4.II. Dai calcoli effettuati è stata ottenuta una resistenza di progetto pari a:

Per un palo di lunghezza = 6,00 ml $R_d = 44 \text{ t}$

La procedura completa seguita per la determinazione della R_d è riassunta nella scheda allegata.

6.2.b Coefficiente di reazione laterale

Il coefficiente di reazione laterale (K_h) può essere determinato attraverso la relazione

$$K_h = [E/D(1-\mu^2)]\alpha[E^*D^4/Eb^*b]^{1/12}$$

dove: I_b = Momento d'inerzia della sezione del palo (cm^4)

E_b = Modulo di elasticità del calcestruzzo (Kg/cm^2)

E = Modulo di elasticità del terreno (Kg/cm^2)

D = Diametro del palo (cm)

μ = Modulo di Poisson del terreno

Valori del coefficiente di reazione laterale K_1 (kg/cmc) per i vari litotipi in funzione del diametro del palo D

Litotipi attraversati	Diametro palo (ml)
	0,60
Limi argillosi b)	0,43
Ghiaie c)	2,83
Limi sabbiosi d)	1,17

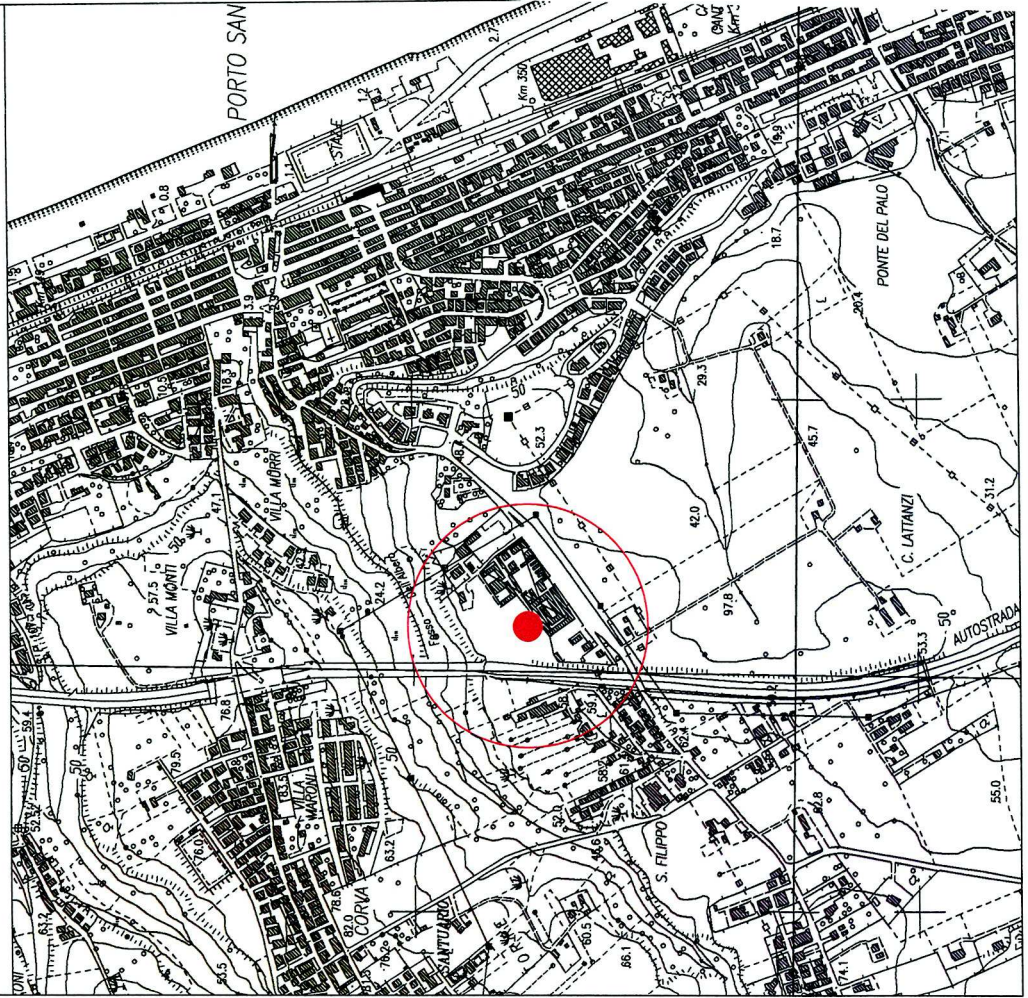
Porto S. Elpidio li 23.01.2012

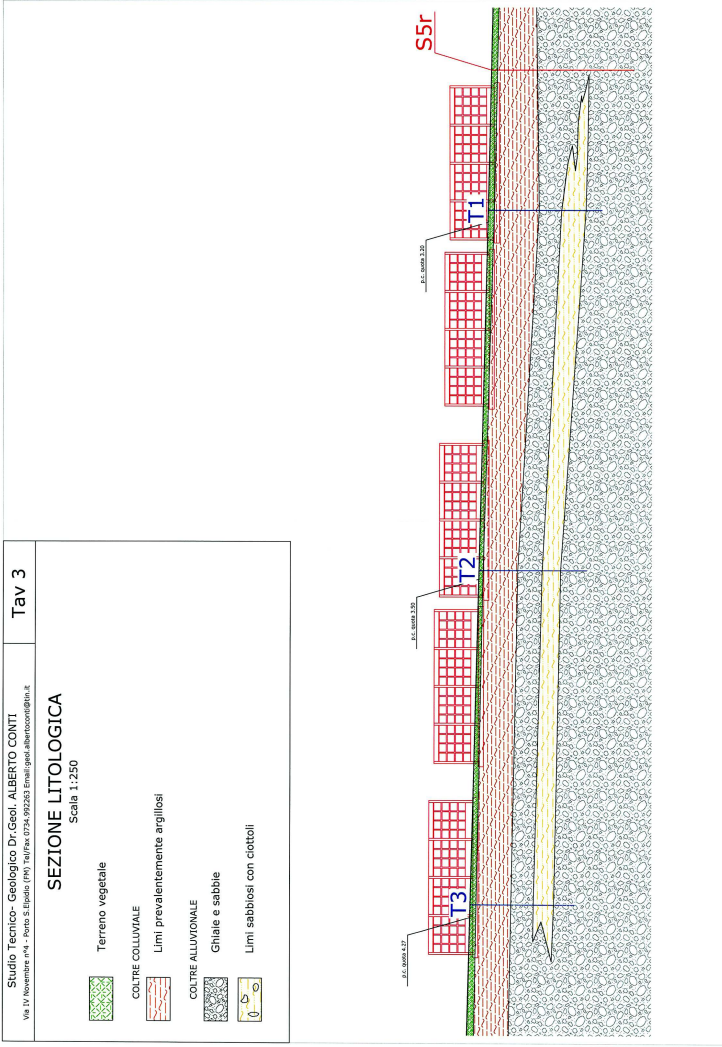
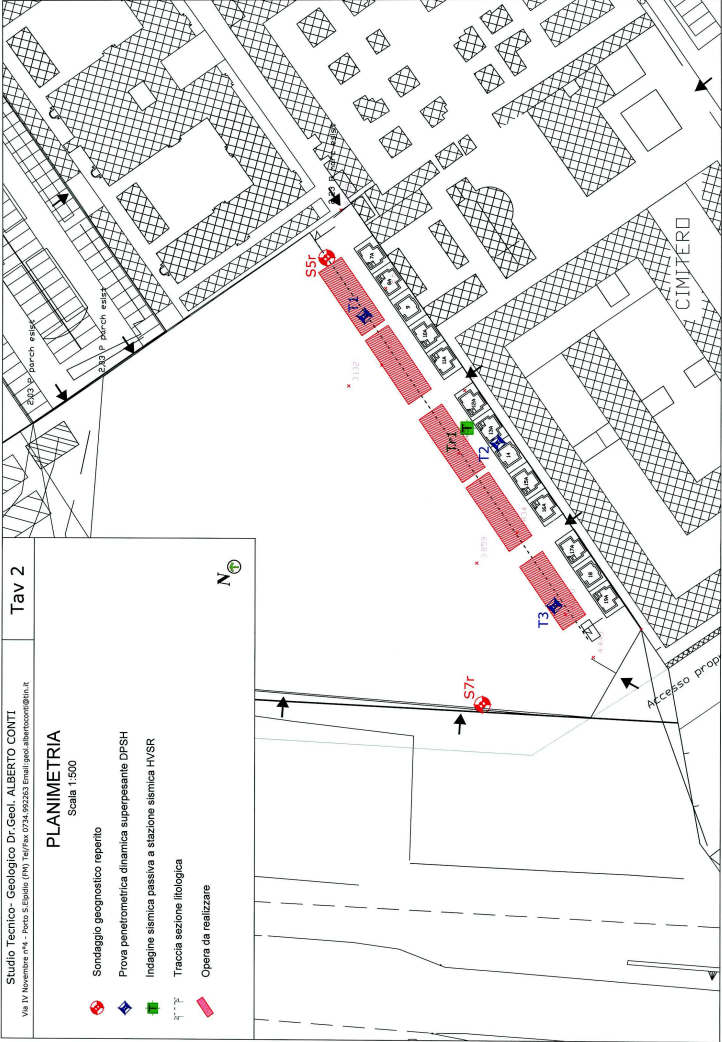
dr. geol. Alberto Conti

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

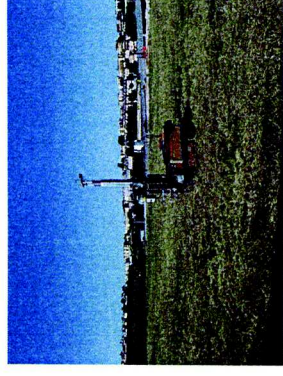


Scala 1:10.000

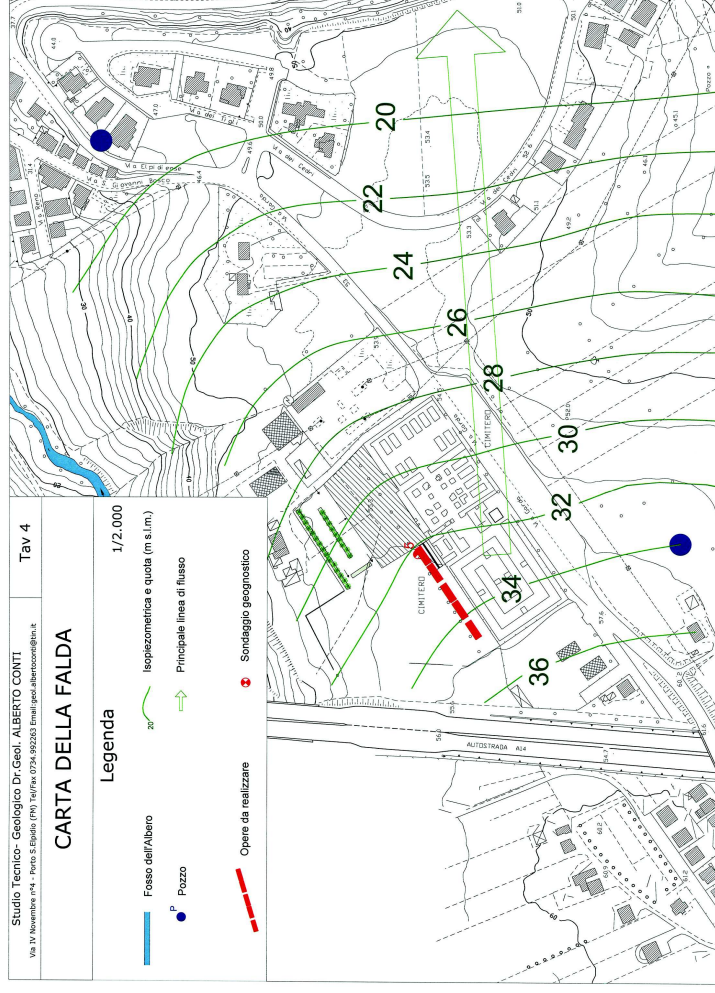




COMUNE DI PORTO S. ELPIDIO (FM)
AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH





Geodril s.a.s.
 Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi(AN)
 P. IVA 02334920424
 E-Mail: a_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
 CANTIERE: Ampl.Civico Cimitero-P.to S.Elpidio

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm² angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg Peso massa passiva: 4,2 Kg

legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q_d = resistenza alla penetrazione dinamica

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N_{spt equiv} = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Webb)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Buisman-Sanglerat)

γ = peso unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio (Iysan, 1996)

K_o = modulo di reazione (Navfac)

v = modulo di Poisson

C_u = coesione non drenata (Terzaghi e Peck, Schmertmann 1975)



Geodril s.a.s.
 Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi(AN)
 P. IVA 02334920424
 E-Mail: a_geodril@libero.it

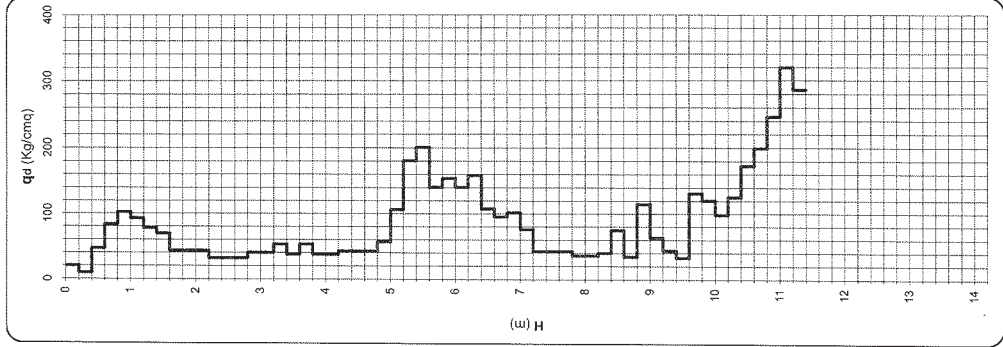
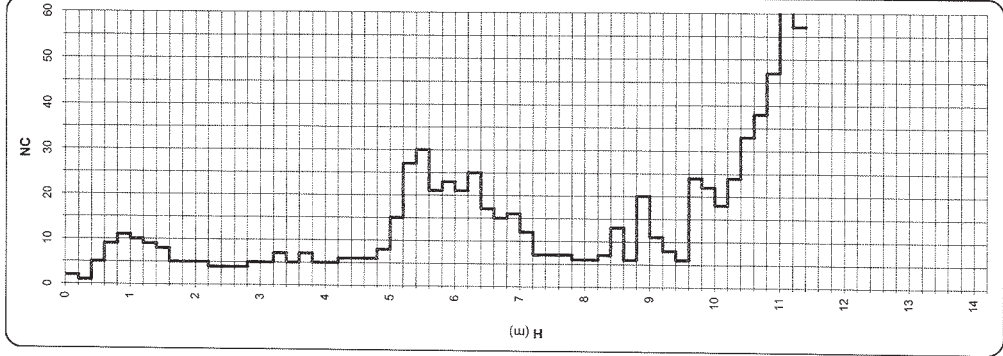
Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
 CANTIERE: Ampl.Civico Cimitero-P.to S.Elpidio

PROVA N.1 del 13/01/12 PROF.: 1,1,20 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _d (kg/cm ²)
0,2	2	20,07
0,4	1	9,26
0,6	5	46,31
0,8	9	83,36
1,0	10	97,89
1,2	10	97,89
1,4	9	77,41
1,6	8	68,81
1,8	5	43,01
2,0	5	43,01
2,2	5	43,01
2,4	4	32,11
2,6	4	32,11
2,8	4	32,11
3,0	5	40,14
3,2	5	40,14
3,4	7	52,69
3,6	5	37,63
3,8	7	52,69
4,0	5	37,63
4,2	5	37,63
4,4	6	42,50
4,6	6	42,50
4,8	6	42,50
5,0	8	56,67
5,2	15	106,28
5,4	15	106,28
5,6	30	200,72
5,8	21	140,51
6,0	23	153,89
6,2	21	140,51
6,4	25	156,47
6,6	17	107,76
6,8	16	80,68
7,0	16	80,68
7,2	12	76,07
7,4	7	42,15
7,6	7	42,15
7,8	7	42,15
8,0	6	36,13
8,2	6	36,13
8,4	7	42,15
8,6	13	74,96
8,8	6	34,41
9,0	20	114,71
9,2	11	63,09
9,4	8	43,80
9,6	6	32,85
9,8	6	32,85
10,0	22	120,44
10,2	16	88,54
10,4	24	126,69
10,6	33	172,81
10,8	38	199,00
11,0	47	246,13
11,2	51	268,44
11,4	57	285,66
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		






Geodril s.a.s.
Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0733678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA 02334920424
E-Mail: a_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
CANTIERE: Ampl. Civico Cimitero-P.to S. Egidio



Geodril s.a.s.
Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0733678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA 02334920424
E-Mail: a_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
CANTIERE: Ampl. Civico Cimitero-P.to S. Egidio



Geodril s.a.s.
Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0733678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA 02334920424
E-Mail: a_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
CANTIERE: Ampl. Civico Cimitero-P.to S. Egidio

PROVA N.1 del 13/01/12 PROF.:11,20 m

PROVA N.2 del 13/01/12 PROF.:10,60 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: PROPOSTA DI ELABORAZ. STRATIGRAFICA E CARATTERIZZ. GEOMECCANICA

profondità (m)	litologia	NC _m (t)	C (t)	N ₆₀ (t)	Dr (%)	φ (°)	E (Kg/cm ²)	E _s (Kg/cm ²)	V _s (m/s)	G (Kg/cm ²)	K ₀ (Kg/cm ²)	C _u (Kg/cm ²)	V
0,5	terreno vegetale												
1,0		8,72	1,5	13,08				60	194			1,29	
1,5													
2,0													
2,5		4,32	1,5	6,48				29	135			0,63	
3,0													
3,5													
4,0													
4,5		5,57	1,5	8,36				38	154			0,82	
5,0													
5,5		19,55	1,5	29,33	62	31,8	234		294		5,52		0,30
6,0		21,81	1,5	32,71	66	32,2	261		311		5,98		0,29
6,5		13,53	1,5	20,30	51	30,4	162		243		4,10		0,31
7,0													
7,5		6,81	1,5	10,21	33	27,8	81		171		2,15		0,33
8,0													
8,5		8,12	1,5	12,18	37	28,5	97		187		2,56		0,33
9,0													
9,5		20,05	1,5	30,08	63	31,9	240		298		5,62		0,29
10,0		34,34	1,5	51,51	81	33,9	412		394		8,40		0,25
10,5		50,63	1,5	75,95	>85	35,4	>600		481		>10,0		0,20
11,0													
11,5													
12,0													
12,5													
13,0													
13,5													
14,0													

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	H (m)	q _d (Kg/cm ²)
0,4	2	20,07	0
0,6	6	18,53	0
0,8	8	55,58	0
1,0	8	74,10	0
1,2	8	74,10	0
1,4	7	60,21	0
1,6	7	60,21	0
1,8	5	43,01	0
2,0	5	43,01	0
2,2	5	43,01	0
2,4	5	43,01	0
2,6	5	43,01	0
2,8	4	32,11	0
3,0	3	24,08	0
3,2	4	32,11	0
3,4	4	30,11	0
3,6	4	30,11	0
3,8	15	135,20	0
4,0	15	135,20	0
4,2	21	198,08	0
4,4	39	276,28	0
4,6	41	290,45	0
4,8	58	410,88	0
5,0	43	304,62	0
5,2	30	212,52	0
5,4	28	198,08	0
5,6	18	120,43	0
5,8	16	107,05	0
6,0	11	73,60	0
6,2	13	86,98	0
6,4	9	57,05	0
6,6	7	44,37	0
6,8	8	55,58	0
7,0	7	44,37	0
7,2	7	44,37	0
7,4	14	84,31	0
7,6	11	66,24	0
7,8	6	36,13	0
8,0	8	48,18	0
8,2	17	102,44	0
8,4	21	120,44	0
8,6	19	108,97	0
8,8	10	57,35	0
9,0	18	102,24	0
9,2	20	114,71	0
9,4	23	125,92	0
9,6	26	142,44	0
9,8	21	114,97	0
10,0	29	158,77	0
10,2	59	317,53	0
10,4	51	287,07	0
10,6	54	282,78	0
10,8			0
11,0			0
11,2			0
11,4			0
11,6			0
11,8			0
12,0			0
12,2			0
12,4			0
12,6			0
12,8			0
13,0			0
13,2			0
13,4			0
13,6			0
13,8			0
14,0			0



Geodrill s.a.s.
Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0232678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
CANTIERE: Ampl. Civico Cimitero-P.to S. Elpidio

PROVA N.2 del 13/01/12 PROF.: 10,60 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: PROPOSTA DI ELABORAZ. STRATIGRAFICA E CARATTERIZZ. GEOMECCANICA

profondità (m)	litologia	NC _m (t)	C (t)	N ₆₀ _{prev} (t)	Dr (%)	φ (°)	E (kg/cm ²)	E _d (kg/cm ²)	V _s (m/s)	G (kg/cm ²)	K ₀ (kg/cm ²)	C _u (kg/cm ²)	v
0,5	terreno vegetale												
1,0		6,77	1,5	10,15				46	170			1,00	
1,5													
2,0	limo prev. argilloso	5,01	1,5	7,52				34	146			0,74	
2,5													
3,0		3,43	1,5	5,14				23	120			0,50	
3,5													
4,0		16,55	1,5	24,82	57	31,2	198		270		4,85		0,31
4,5													
5,0		34,01	1,5	51,02	81	33,9	408		392		8,32		0,25
5,5	ghiaia e sabbia												
6,0		12,79	1,5	19,18	50	30,2	153		236		3,90		0,32
6,5													
7,0	limo sabbioso e sabbia limosa con ciassi	7,30	1,5	10,95	35	28,1	87		177		2,30		0,33
7,5													
8,0													
8,5		13,41	1,5	20,12	51	30,4	160		242		4,07		0,31
9,0													
9,5	ghiaia e sabbia	20,47	1,5	30,71	64	32,0	245		301		5,71		0,29
10,0													
10,5		52,81	1,5	79,22	>85	35,6	>600		492		>10,0		0,19
11,0													
11,5													
12,0													
12,5													
13,0													
13,5													
14,0													



Geodrill s.a.s.
Dr. GeoValeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0232678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

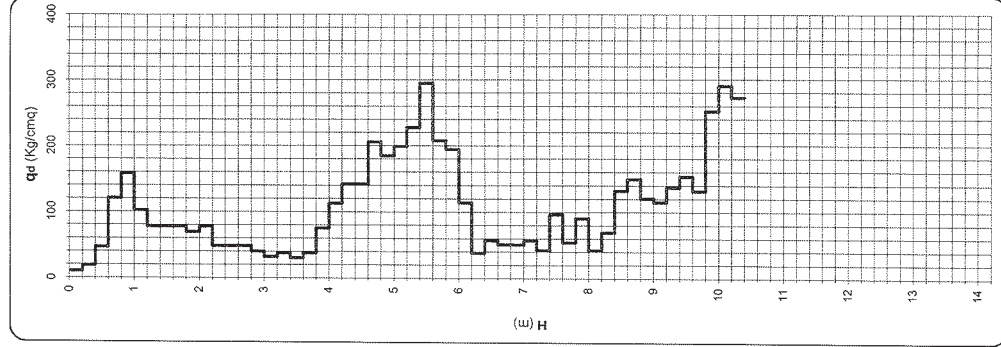
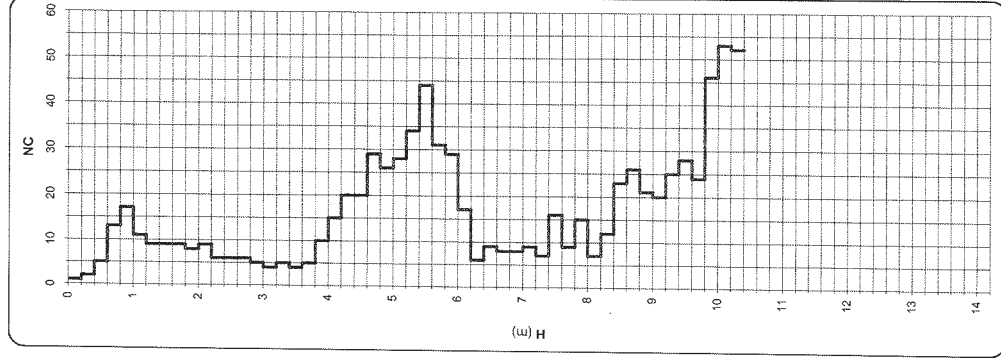
Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
CANTIERE: Ampl. Civico Cimitero-P.to S. Elpidio

PROVA N.3 del 13/01/12 PROF.: 10,40 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC (kg/cm ²)	Q _d (kg/cm ²)
0,2	1	10,03
0,4	2	18,53
0,6	5	46,31
0,8	13	120,41
1,0	17	157,46
1,2	11	93,69
1,4	9	77,41
1,6	9	77,41
1,8	9	77,41
2,0	8	68,81
2,2	9	77,41
2,4	6	48,17
2,6	6	48,17
2,8	6	48,17
3,0	5	40,14
3,2	4	32,11
3,4	5	37,63
3,6	4	30,11
3,8	5	37,63
4,0	15	113,90
4,2	15	113,90
4,4	20	141,68
4,6	20	141,68
4,8	29	205,44
5,0	26	184,19
5,2	28	198,98
5,4	24	172,90
5,6	44	264,39
5,8	31	207,41
6,0	29	194,03
6,2	17	113,74
6,4	6	38,03
6,6	9	57,05
6,8	8	50,71
7,0	8	50,71
7,2	9	57,05
7,4	7	42,15
7,6	16	96,35
7,8	9	54,20
8,0	15	90,33
8,2	12	42,15
8,4	12	42,15
8,6	23	131,91
8,8	26	149,12
9,0	21	120,44
9,2	20	114,71
9,4	25	196,87
9,6	28	153,29
9,8	18	71,66
10,0	46	251,84
10,2	53	280,16
10,4	52	272,31
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





Geodrill s.a.s.
Dr. Gea Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi (AN)
P. IVA 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 14 gennaio 2012

COMMITTENTE: Dr. Geol. Alberto Conti
CANTIERE: Ampl. Civico Cimitero - P.to S. Elpidio

PROVA N.3 del 13/01/12 PROF.: 10,40 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: PROPOSTA DI ELABORAZ. STRATIGRAFICA E CARATTERIZZ. GEOMECCANICA

profondità (m)	litologia	NC _m (t)	C (t)	N ₆₀ _{mm} (t)	Dr (%)	φ (°)	E (kg/cm ²)	E _a (kg/cm ²)	V _s (m/s)	G (kg/cm ²)	K ₀ (kg/cm ²)	C _u (kg/cm ²)	V
0,5	terreno vegetale												
1,0		12,36	1,5	18,54				85	232			1,83	
1,5													
2,0	limo prev. argilloso	8,42	1,5	12,63				57	191			1,24	
2,5													
3,0													
3,5		4,84	1,5	7,26				33	143			0,71	
4,0													
4,5		16,71	1,5	25,07	58	31,2	200		272		4,89		0,30
5,0	ghiaia e sabbia												
5,5		23,44	1,5	35,16	68	32,5	281		323		6,29		0,28
6,0													
6,5													
7,0	limo sabbioso fieno sabbia limosa con ciassi	7,72	1,5	11,58	36	28,3	92		182		2,44		0,33
7,5													
8,0													
8,5													
9,0		17,23	1,5	25,85	58	31,3	206		276		5,01		0,30
9,5	ghiaia e sabbia												
10,0		48,30	1,5	72,45	>85	35,2	579		469		>10,0		0,21
10,5													
11,0													
11,5													
12,0													
12,5													
13,0													
13,5													
14,0													

RELAZIONE INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR
- MISURA DEI MICROTREMORI -



COMUNE DI PORTO SANT' ELPIDIO

PROVINCIA DI FERMO

AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO

1 - Premessa	pag. 2
2 - Strumentazione impiegata	pag. 3
3 - Definizioni	pag. 3
4 - Ubicazione delle misure e acquisizione dei dati	pag. 3
5 - Procedura di analisi per stazioni singole H/V	pag. 4
6 - Conclusioni	pag. 8

INDICE

INDAGINE SISMICA PASSIVA: MISURA DEI MICROTREMOREI

Committente: Amministrazione Comunale

1 - PREMESSA

Sul suolo interessato dalla realizzazione di cappelline cimiteriali e nuovi loculi, all'interno del civico cimitero di Porto S. Elpidio, è stata condotta un'indagine sismica passiva a stazione singola.

La tecnica utilizzata è basata sui rapporti spettrali o HVSR [Horizontal to Vertical Spectra Ratio]. Essa è totalmente non invasiva, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque¹. I risultati delle registrazioni sono utilizzati per determinare la **frequenza caratteristica di risonanza del sito**. Questa rappresenta un parametro fondamentale per la progettazione di edifici in termini di risposta sismica locale; i progettisti, infatti, devono adottare adeguate precauzioni onde evitare che la frequenza di risonanza della struttura da progettare sia prossima a quella del terreno.

Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella degli edifici, si produce una notevole amplificazione delle onde sismiche, inducendo sollecitazioni sulle strutture con grande potere distruttivo [**fenomeno della doppia risonanza**].

¹ Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici [onde oceaniche, vento], dall'attività antropica oliv e dai processi legati alla dinamica terrestre. Esso è conosciuto anche come - microtremore- poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

La presente relazione è composta da n°8 pagine

2 - STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

La misura del microtremore ambientale è stata eseguita per mezzo di un Tromografo digitale portatile, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento [Tromino®, Micromed s.p.a.] è dotato di tre sensori elettrodinamici [velocimetri] ortogonali. I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 16 min alla frequenza di campionamento di 128Hz.

3 - DEFINIZIONI

Il tipo di stratigrafia che le tecniche sismiche possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

4 - UBICAZIONE DELLE MISURE E ACQUISIZIONE DEI DATI

La prova a stazione singola è stata ubicata come in figura 1. La registrazione è stata effettuata accoppiando lo strumento direttamente al terreno naturale.



Figura 1 – Ubicazione del punto di registrazione dei microtremori. La misura è stata effettuata sul terreno naturale.

5 - PROCEDURA DI ANALISI PER STAZIONI SINGOLE H/V

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura classica descritta per esempio in SESAME (2005) con parametri:

- ✓ larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
- ✓ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale;
- ✓ rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

L'analisi della curva H/V relativa alla registrazione effettuata evidenzia una risonanza a 10.25 Hz legata alla locale successione stratigrafica.

La risonanza registrata appare significativa all'analisi statistica secondo i criteri SESAME [2005]. In tabella I si riportano gli esiti dei test Sesame relativamente al picco registrato a 10.25 Hz nel sito.

EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC HV

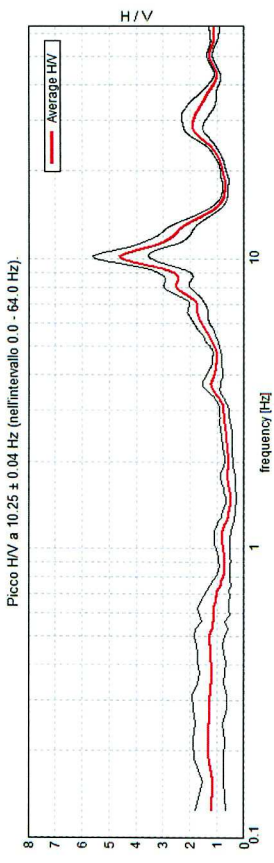


Figura 2 – Curva H/V sperimentale registrata nel sito.

SINGLE COMPONENT SPECTRA

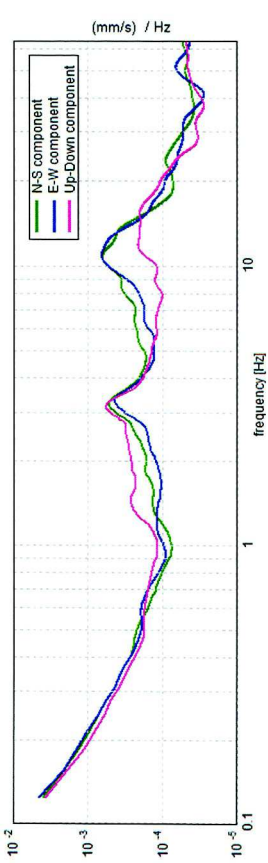


Figura 3 – Singole componenti dello spettro di frequenze

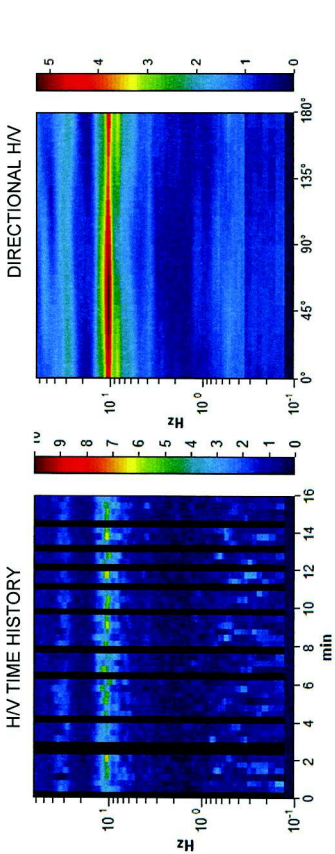


Figura 4 – SINISTRA: stabilità temporale della curva H/V durante i 16 minuti di misura (in nero sono rappresentati i transienti eliminati). DESTRA: grafico direzionale della composizione del tremore (componenti orizzontali) nello stesso sito.

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

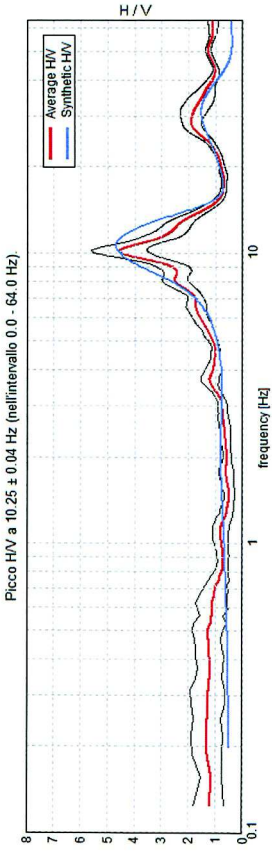


Figura 5 – Confronto tra la curva sperimentale e la curva sintetica

Picco H/V a 10.25 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).		
Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]		
$f_0 > 10 / L_w$	10.25 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	7585.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 493 times	OK
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	7.719 Hz	OK
Exists f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	12.906 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.59 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00186 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01907 < 0.5125$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4975 < 1.58$	OK
<div><div><div>L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$</div><div>window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ H/V peak amplitude at frequency f_0 H/V curve amplitude at frequency f frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ standard deviation of $A_{H/V}(f)$. $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$</div></div></div>		
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$		
Freq. range [Hz]	< 0.2 0.2 – 0.5 0.5 – 1.0 1.0 – 2.0 > 2.0	
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0 0.2 f_0 0.15 f_0 0.10 f_0 0.05 f_0	
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0 2.5 2.0 1.78 1.58	
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48 0.40 0.30 0.25 0.20	

Tabella 1 – Test di significatività dei picchi di risonanza individuati nel sito.

Il valore di velocità delle onde di taglio nello strato omogeneo equivalente ai primi 30 m di profondità (Vs30) calcolato secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) come:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove h_i e Vs_i sono gli spessori e le velocità dei singoli strati, è $Vs30 = 354$ m/s. Secondo le NTC 2008 il sito va attribuito alla categoria di sottosuolo C.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	100	0.35
5.00	4.20	200	0.35
25.00	20.00	455	0.35
45.00	20.00	420	0.35
inf.	inf.	580	0.35

Tabella 2 – Modello di sottosuolo. Si noti che le prove effettuate forniscono una stima delle sole Vs. Il rapporto di Poisson indicato è quello adottato nella modellazione ma le prove geofisiche basate su onde di superficie non possono fornire misure di questo parametro...

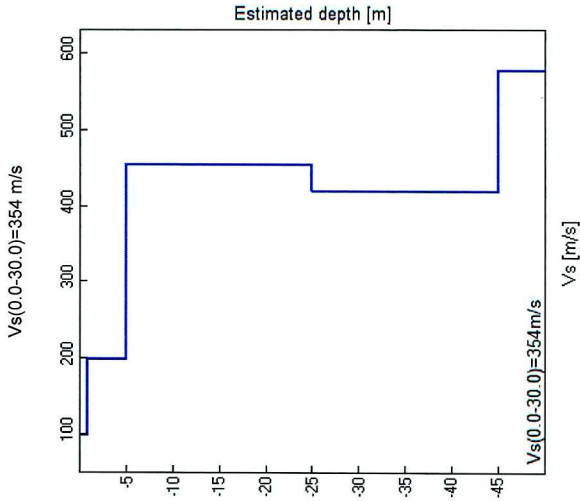


Figura 6 – Modello di velocità delle onde Vs nel sito.

6 - CONCLUSIONI

La misura dei microtremori nel terreno ha evidenziato una frequenza tipica del terreno pari a 10.25 Hz.

La velocità delle onde Vs nei primi 30 metri risulta essere pari a 354 m/s che, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008), fa ricadere in sito all'interno della categoria di sottosuolo C.

Porto S.Elpidio, Gennaio 2012

Il Tecnico

Dott. Geol. Alberto Conti

Studio Tecnico Geologico				Committente:		Sondaggio n° 5	
Dr. Alberto Conti				Amministrazione Comunale		Data: 17.05.2006	
Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263				Località: Porto S.Elpidio – Cimitero			
Metodo di perforazione: rotazione meccanica con carotiere del diametro di 200 mm				Quota: circa 56 m s.l.m.			
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (kg/cmq)	
	0,6				TERRENO AGRARIO:	1	2
1,00					COLTRE COLLUVIALE:	3	4
2,00					Limi argillosi nocciola con venature biancastre prevalenti, poco consistenti, con incluse concrezioni calcifiche di origine evaporitica.	5	6
3,00					(1,8 ± 2,0): <i>PRELIEVO CAMPIONE N.3.</i>	7	
4,00							
5,00	4,5				COLTRE ALLUVIONALE:		
6,00					Ciottoli poco arrotondati, eterometrici, in matrice sabbioso-limosa e/o limosa.		
7,00					Depositi addensati.		
8,00							
9,00							
10,00							
11,00							
12,00							
13,00							
14,00							
15,00							
16,00							
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							
21,00							
22,00							
FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa -14,0 m dall'attuale p.c..							
Resistenza penet. tascabile (kg/cmq)							
1 2 3 4 5 6 7							
Note: a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★							

Studio Tecnico Geologico			Sondaggio n° 7			
Dr. Alberto Conti			Data: 18.05.2006			
Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263			Committente: Amministrazione Comunale			
Località: Porto S.Elpidio – Cimitero			Quota: circa 57,5 m s.l.m.			
Metodo di perforazione: rotazione meccanica con carotiere del diametro di 200 mm						
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (kg/cmq)
					TERRENO AGRARIO:	1 2 3 4 5 6 7
1,00	1,0				COLTRE COLLUVIALE: Limi argillosi nocciola prevalenti con venature biancastre, no plastici e poco consistenti, con incluse concrezioni calcifiche di origine evaporitica. (1,8 ± 2,0): <i>PRELIEVO CAMPIONE N.5.</i>	
2,00						
3,00						
4,00						
5,00	4,8					
6,00					COLTRE ALLUVIONALE: Ciottoli poco arrotondati, eterometrici, in matrice sabbioso-limosa e/o limosa. Depositi addensati. (9,0): <i>Matrice sabbiosa.</i>	
7,00						
8,00						
9,00						
10,00						
11,00						
12,00						
13,00						
14,00						
15,00						
16,00						
17,00						
18,00					FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa -15,0 m dall'attuale p.c..	
19,00						
20,00						
21,00						
22,00						
Note: a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★						