

Allegato D
Indagine geofisica

**ISOGEA S.r.l.**

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche, geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

1. Misure Dinamiche In Sito Con Tecnica Down-Hole

Tale tecnica consiste nell'energizzare il terreno in superficie ed acquisire l'arrivo del treno d'onda per mezzo di una tripletta di geofoni calati in un perforo; il passo delle misure è scelto in funzione del grado di dettaglio che si vuole ottenere.

I principali tipi di onde elastiche che si generano sono le Onde Longitudinali V_p (onde di compressione) e le Onde Trasversali V_s (onde di taglio). Le onde di compressione e di taglio sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione, risultando sempre $V_p > V_s$.

I moduli elastici sono direttamente legati alle velocità di propagazione delle onde sismiche, infatti, per una loro corretta definizione è importante disporre sia del valore delle V_p sia delle V_s .

La tecnica down-hole consente di risalire alla velocità di propagazione delle onde elastiche, longitudinali e trasversali, nei terreni investigati. Note V_p e V_s è possibile determinare empiricamente le principali costanti elastiche legate alle velocità di propagazione delle onde sismiche:

- ⇒ Modulo di Young (E) [Kg/cm²];
- ⇒ Modulo di Taglio o di Rigidità (Gd) [kg/cm²];
- ⇒ Modulo di Incompressibilità (K) [kg/cm²];
- ⇒ Coefficiente di Poisson (ν_n).

- Modulo di Young (E): esprime la resistenza di un corpo alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o compressione, esso è pari a:

$$E = V_s^2 \rho \cdot \left[\frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} \right] \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

- Modulo di Taglio o di Rigidità (Gd): esprime la resistenza di un corpo alle variazioni lineari di forma quando lo si sottopone ad uno sforzo di taglio puro, esso è pari a:

$$G = V_s^2 \rho \quad (\text{kg/cm}^2)$$

**ISOGEA S.r.l.**

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche, geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

- **Modulo di Incompressibilità (K):** esprime la resistenza di un corpo alla deformazione volumetrica quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o compressione, esso è pari a:

$$K = \rho \cdot \left[V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right] \dots\dots\dots (\text{kg/cm}^2)$$

- **Coefficiente di Poisson (ν):** esprime la misura della deformazione totale subita da un corpo, esso è pari a:

$$\nu = \frac{1}{2} \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 / \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1$$

Il coefficiente di Poisson è fondamentale; esso è un parametro adimensionale che offre un criterio di valutazione della deformazione totale che può subire una roccia o un terreno, ed è legato al grado di litificazione, alla porosità ed al grado di saturazione della roccia stessa.

Il coefficiente di Poisson varia da 0 a 0.5 ed in larga massima si può affermare che varia tra 0.2 a 0.3 per le rocce compatte, da 0.3 a 0.35 per le sabbie e da 0.4 a 0.5 per le argille.

Tabulando i valori dei tempi rilevati, sia per le onde di compressione che di taglio, i valori dei tempi corretti o verticali e le relative profondità, si può costruire un diagramma con i valori delle velocità intervallo tracciati fino all'estremo inferiore dell'intervallo considerato, in funzione della profondità; si ottiene così un grafico che evidenzia e dà un'idea del grado di disomogeneità dei litotipi presenti nel sottosuolo indagato, le cui cause vanno attentamente valutate anche sulla scorta di tutte le informazioni di altro tipo disponibili.

Il metodo di calcolo, impiegato per l'elaborazione della prova Down-Hole, consiste nell'implementazione su pagina elettronica computerizzata delle equazioni di calcolo citate nel paragrafo precedente.

L'input consiste nell'inserimento dei tempi di arrivo delle onde sismiche registrate in campagna, l'output nella restituzione delle velocità e dei relativi moduli dinamici.

Per il calcolo dei moduli dinamici sono stati utilizzati Pesi Unità di Volume (γ_v)

**ISOGEA S.r.l.**Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

rilevati nella bibliografia tecnica e scientifica esistente.

Tutti i dati di calcolo sono stati opportunamente rappresentati in modo tabellare e grafico nei certificati forniti in appendice.

2. Strumentazione Utilizzata

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle misure dinamiche a rifrazione consiste in un sistema di acquisizione multi-canale in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda conservandole su memoria di massa e di un sistema di rilevazione del segnale costituito da trasduttori di velocità (geofoni), con appropriata risposta in frequenza, direzionali e dotati di un sistema di collegamento al terreno affidabile e ripetibili.

Nella campagna in questione è stato utilizzato un sismografo P.A.S.I. 12 canali, digitale (16 bit) mod. 16S e la rilevazione del segnale viene utilizzata una tripletta costituita da tre trasduttori di velocità direzionali disposti con direzione di vibrazione ortogonali tra loro.

Il *SISTEMA DI SOLLECITAZIONE (energizzatore)* è costituito da una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia; Nella sorgente è alloggiato un trasduttore (trigger) necessario per l'identificazione dell'istante zero di partenza della sollecitazione dinamica.

La tecnica down-hole restituisce informazioni, sui terreni attraversati, di estremo dettaglio.

3. Geometria Dell'indagine e Campionamento

Date le finalità dell'indagine, le prove Down-Hole sono state eseguite ponendo l'energizzazione a 2 m dall'asse foro ed eseguendo le acquisizioni ogni 1 m (passo misura) in fase di discesa. Per ogni quota sono state eseguite tre energizzazioni, una verticale, e due orizzontali con direzione opposta.



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

Il *SISTEMA DI RILEVAZIONE* è costituito da una tripletta di geofoni, assemblati in un cilindro dotato di una camera d'aria che è possibile gonfiare dalla superficie per fissarlo alle pareti del foro alla profondità voluta. I geofoni sono disposti secondo un sistema di assi cartesiani ortogonali, in cui l'asse "z" coincide con quello del cilindro. Il geofono posto verticalmente registra prevalentemente *onde di compressione* V_p , mentre i geofoni posti orizzontalmente registrano *onde di taglio* V_s .

Essendo il rumore di fondo (*noise*) poco accentuato, il campionamento non ha presentato difficoltà: infatti, pur lavorando su spazi ristretti, agendo sulle regolazioni del guadagno, si è potuto effettuare una chiara registrazione del segnale.

4. Elaborazione Dei Dati

Il metodo di calcolo impiegato per l'elaborazione della prova Down-Hole consiste nell'implementazione, su pagina elettronica, delle equazioni di calcolo citate nel paragrafo precedente.

L'input consiste nell'inserimento dei tempi di arrivo, ricavati dall'analisi contemporanea dei sismogrammi registrati in fase di salita ed in fase di discesa del geofono da pozzo, l'output nella restituzione delle velocità e dei relativi moduli dinamici.

Per il calcolo dei moduli dinamici sono stati utilizzati Pesi Unità di Volume (Υ_n) rilevati nella bibliografia tecnica e scientifica esistente.

Tutti i dati di calcolo sono stati opportunamente rappresentati in tabella e grafico nei certificati forniti in appendice.

5. Interpretazione Dei Dati Geofisici

I risultati ottenuti dalla prova Down-Hole hanno permesso la suddivisione dei terreni investigati in quattro sismostrati raggruppati in funzione dei valori della velocità delle onde S:

1. *primo strato dello spessore da 0,00 a 3,00 m con una velocità media delle onde V_s di circa 160 m/s;*

**ISOGEA S.r.l.**Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

2. *secondo strato dello spessore da 3,00 a 10,00 m con una velocità delle onde Vs di circa 230 m/s;*
3. *terzo strato dello spessore da 11,00 a 16,00 m con una velocità delle onde Vs di circa 300 m/s;*
4. *quarto strato dello spessore da 17,00 a 30,00 m con una velocità delle onde Vs di circa 320 m/s;*

Sulla base dei risultati, utilizzando il metodo di *Medvedev*, il valore della rigidità R è di circa 0,51 Utilizzando la correlazione proposta da Rapolla e alii (Mem. Soc. Geol. It 37/87), riportata nella tabella seguente, a tali valori di rigidità corrisponde un valore di *fattori di incremento del coefficiente di intensità sismica* locale pari a **1,1**.

<i>Rigidità</i> <i>R</i>	<i>Fattore di incremento</i> <i>Fc</i>
> 1,5	1,0
1,5 - 0,5	1,1
0,5 - 0,2	1,2
< 0,2	1,3

Moltiplicando il coefficiente sismico, previsto dalla normativa vigente relativo al Comune di Napoli ($S = 9 \rightarrow c = 0,07$), per il fattore di incremento, si ottiene il *coefficiente di intensità sismico corretto* uguale a **0,077**. A tale valore corrisponde un *grado di sismicità corretto S'* pari a **9,7**.

La nuova normativa sismica italiana (O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003) prevede una classificazione del sito in cinque tipologie di terreno in funzione della velocità delle onde di taglio S dei primi trenta metri di profondità a partire dal futuro piano di fondazione (V_{s30}).

Per V_{s30} si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a trenta metri di profondità al di sotto del piano di fondazione dei futuri manufatti, determinata secondo la seguente formula:

$$V_{s30} = 30 / \sum(h_i / V_i)$$

con i che va da 1 a N orizzonti.



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

Dalla sismostratigrafia ricavata, dalle indagini eseguite ed attraverso i dati puntuali delle prove sismiche in foro, il calcolo effettuato ha determinato il seguente valore del Vs30:

$$Vs30 = 273m/s.$$

Pertanto, per il sito investigato si può definire che i terreni presenti nel sottosuolo dell'area sono ascrivibili alla tipologia di suolo della *Categoria C*: "Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s.

Portici, 01/07/2008

dott. geol. Antonio Paletta

**ISOGEA S.r.l.**Indagini monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza**MISURE DINAMICHE IN SITO**

Tecnica	down-hole				
Committente	dott. geol. Modestino Ruggieri				
Cantiere	Via Nazionale delle Puglie - Casoria (NA)				
Opera					
Prova n°	DH1		Sondaggio		S4
Data esecuzione	25/06/2008		Vs 30 (da 0 a 30 m) =		273 m/s
Distanza battuta dall'asse foro	2,00 (m)		Profondità foro		30,00 (m)
Letture dal p.c.	da	0,00 (m)	a	30,00 (m)	Passo letture 1,00 (m)

DATI SPERIMENTALI

Profondità misure dal p.c. m	Tempi Onde Vp Sperimentali msec	Tempi Onde Vp Corretti msec	Tempi Onde Vs Sperimentali msec	Tempi Onde Vs Corretti msec	Peso Volume bibl. gr/cm ³
0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
1,0	7,4	3,31	14,3	6,4	1,60
2,0	9,0	6,36	17,2	12,2	1,60
3,0	10,3	8,57	19,8	16,5	1,80
4,0	12,4	11,09	24,0	21,5	1,80
5,0	14,3	13,28	27,7	25,7	1,80
6,0	16,4	15,56	31,7	30,1	1,80
7,0	18,6	17,88	35,8	34,4	1,80
8,0	20,8	20,18	40,0	38,8	1,80
9,0	23,0	22,45	44,1	43,0	1,80
10,0	24,8	24,32	47,5	46,6	1,80
11,0	26,6	26,12	50,8	50,0	1,80
12,0	28,2	27,82	54,0	53,3	1,80
13,0	29,9	29,55	57,2	56,5	1,80
14,0	31,6	31,28	60,3	59,7	1,80
15,0	33,2	32,91	63,5	62,9	1,80
16,0	34,9	34,63	66,8	66,3	1,80
17,0	36,6	36,35	70,0	69,5	1,80
18,0	38,2	37,97	73,1	72,7	1,80
19,0	39,9	39,68	76,3	75,9	1,80
20,0	41,4	41,19	79,2	78,8	1,80
21,0	43,0	42,81	82,3	81,9	1,80
22,0	44,7	44,52	85,7	85,3	1,80
23,0	46,3	46,13	88,8	88,5	1,80
24,0	48,0	47,83	91,9	91,6	1,80
25,0	49,7	49,54	95,2	94,9	1,80
26,0	51,4	51,20	98,5	98,2	1,80
27,0	52,9	52,76	101,4	101,1	1,80
28,0	54,5	54,36	104,6	104,3	1,80
29,0	56,0	55,87	107,4	107,1	1,80
30,0	57,6	57,47	110,4	110,2	1,80

VALORI CALCOLATI

Velocità Onde Vp km/sec	Velocità Onde Vs km/sec	Coeff. di Poisson n	Modulo di Incompress. K kg/cm ²	Modulo di Young E kg/cm ²	Modulo di Taglio Gd kg/cm ²
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0,16	0,32	957,49	1050,53	398,79
0,33	0,17	0,31	1094,18	1279,95	490,39
0,45	0,23	0,32	2454,34	2610,24	986,67
0,40	0,20	0,33	1905,71	1957,11	736,40
0,46	0,24	0,32	2485,80	2679,33	1014,62
0,44	0,23	0,31	2235,74	2537,03	967,69
0,43	0,23	0,30	2098,30	2521,43	969,99
0,44	0,23	0,31	2211,42	2504,63	955,06
0,44	0,24	0,30	2192,19	2646,08	1018,64
0,54	0,28	0,31	3303,22	3850,31	1474,39
0,55	0,29	0,30	3529,57	4134,65	1584,45
0,59	0,30	0,32	4122,27	4485,18	1700,66
0,58	0,31	0,30	3799,85	4475,34	1716,39
0,58	0,32	0,29	3678,66	4728,02	1838,56
0,61	0,31	0,33	4619,36	4633,43	1738,20
0,58	0,30	0,32	3998,25	4336,62	1643,62
0,58	0,31	0,30	3875,04	4567,17	1751,80
0,62	0,32	0,32	4523,67	4930,78	1870,08
0,58	0,31	0,30	3894,66	4591,16	1761,05
0,66	0,34	0,32	5150,04	5645,65	2142,90
0,62	0,32	0,32	4553,69	4962,62	1882,11
0,58	0,29	0,33	4180,92	4185,72	1569,87
0,62	0,32	0,32	4566,68	4976,14	1887,20
0,59	0,32	0,29	3768,72	4856,37	1889,29
0,59	0,30	0,32	4065,93	4407,70	1670,44
0,60	0,30	0,33	4453,70	4457,30	1671,66
0,64	0,34	0,30	4688,60	5622,35	2162,21
0,62	0,31	0,33	4741,20	4744,51	1779,35
0,66	0,36	0,30	4996,81	6030,75	2321,58
0,62	0,33	0,30	4421,41	5270,92	2025,23

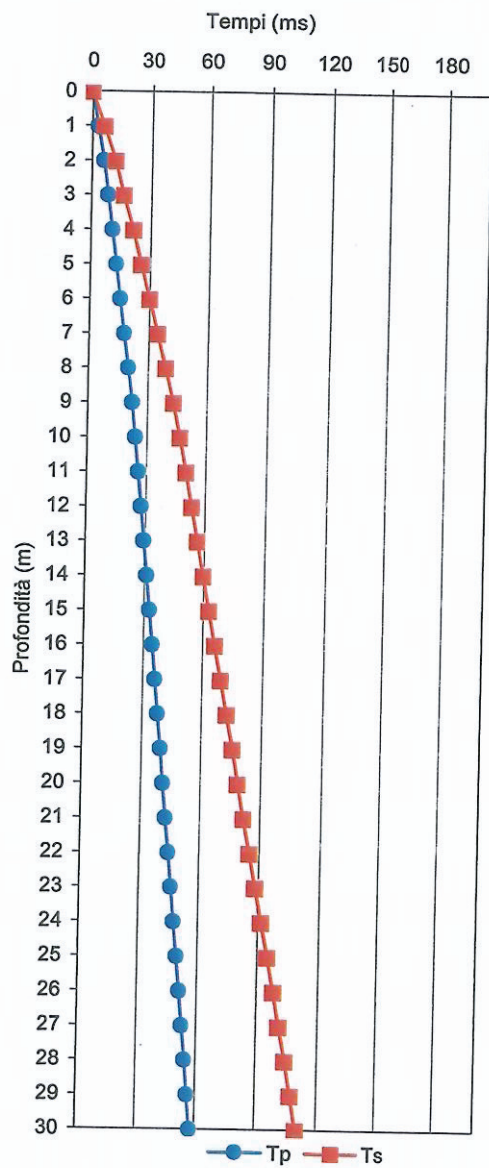
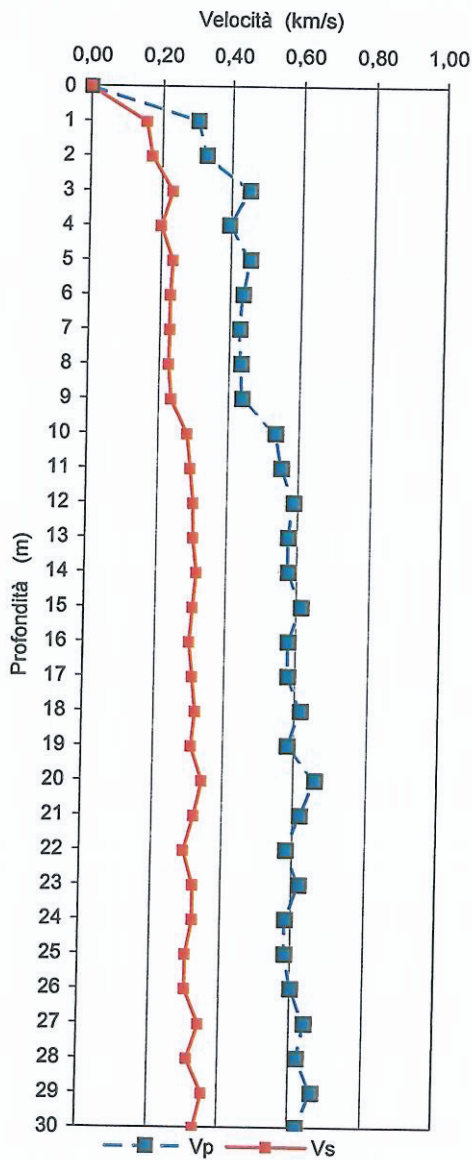


ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

PROVA SISMICA DOWN-HOLE

Committente	dott. geol. Modestino Ruggieri		
Cantiere	Via Nazionale delle Puglie - Casoria (NA)		
Opera			
Letture dal p.c.	30,00 (m)	Prova n°	DH1
Passo letture	1,00 (m)	Sondaggio	S4
Distanza battuta	2,00 (m)	Data esecuzione	25/06/2008
Profondità foro	30,00 (m)	Pagina	2 di 2



**ISOGEA S.r.l.**

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche, geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE

Lavoro n.:	1021/08	Certificato n.:	1730CFG	Data:	17/03/08
Committente:	Dott. Geol. Modestino Ruggieri		Campione:	S2C1	
Cantiere:	Edificio ad uso commerciale Via Nazionale delle Puglie, 300 - Napoli		Quota:	3,00 - 3,50	

Stato del Campione:	Indisturbato				
---------------------	--------------	--	--	--	--

Dimensione del campione	Lunghezza:	0,50 m	Diametro:	0,08 m	
-------------------------	------------	--------	-----------	--------	--

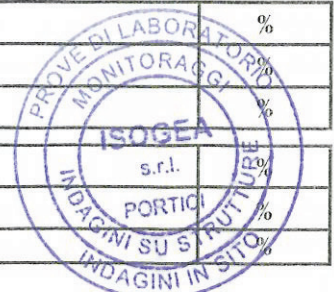
Descrizione del campione:	Piroclastite di colore marrone scuro con frequenti pomici centimetriche con spigoli vivi in abbondante matrice sabbiosa - limosa.				
---------------------------	---	--	--	--	--

Caratteristiche fisiche generali

Peso specifico dei grani (ASTM D854-92)	γ_s	26,41	KN/m ³
Contenuto d'acqua (ASTM D2216-92)	w	24,53	%
Peso dell'unità di volume umido (BS 1377-90)	γ	18,72	KN/m ³
Peso dell'unità di volume secco (BS 1377-90)	γ_d	15,03	KN/m ³
Porosità	n	43,10	%
Indice di porosità	e	0,76	--
Grado di saturazione	Sr	87,20	%

Limiti di Atterberg (ASTM D4318-84)

Limite di liquidità	W _L		%
Limite di Plasticità	W _P		%
Indice di Plasticità	I _P		%
Limite di ritiro (ASTM D427-83; D4943-89)	W _R		%
Tenore in carbonati (ASTM D4373-84)		-	%
Sostanze organiche (ASTM D2974-87)		-	%



Il Direttore del Laboratorio

Il Responsabile della Sperimentazione

Sede Operativa: Via Bagnara, 6 - 80055 Portici (NA) Sede Legale: Via Vesuvio 134 - 80040 Trecase (NA) P.I. 03832461028

C.C.I.A.A. 89778 Tel. 0816070601 Tel./Fax 0816075750 Site Internet: www.isocea.it e-mail: ambiente@isocea.it