



COMUNE DI FORLÌ

AREA SERVIZI AL TERRITORIO SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA E SVILUPPO ECONOMICO

UFFICIO SUPPORTO GIURIDICO - AMMINISTRATIVO

INCARICO SPECIALISTICO PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEL TERRITORIO COMUNALE DI FORLÌ ATTRAVERSO L'ESECUZIONE DI PROVE SISMICHE IN FORO

RELAZIONE TECNICA

Impresa esecutrice delle indagini



PROGEO S.r.l.

Via Talete 10/8
47100 Forlì
tel. 0543 723580
fax. 0543 721486
Email: Progeo@tin.it



SOGEO S.R.L.

Sondaggi - Indagini geologiche e geotecniche



REG. N. 2619 - A
UNI EN ISO 9001 - 2000

DATA: Gennaio 2012

IL DIRETTORE TECNICO PER L'IMPRESA

Dott. Gabriele Puffelli



INDICE

1.	INDICAZIONI GENERALI.....	3
2.	NORMATIVA ANTISISMICA	4
3.	PROSPEZIONE SISMICA IN FORO CON TECNICA DOWN HOLE.....	6
3.1.	<i>Modalità operative.....</i>	<i>6</i>
3.1.1.	Sorgente di energia	6
3.1.2.	Apparato di ricezione.....	6
3.1.3.	Operazioni di campagna	7
3.1.4.	Acquisizione dati	7
3.2.	<i>Elaborazione dati.....</i>	<i>8</i>
3.2.1.	Down hole tomografico	8
3.2.2.	Down hole differenziale (cross correlazione)	10
3.3.	<i>Elaborazione dei log di Vs, Vp e dei Moduli Elastici Dinamici</i>	<i>13</i>
3.4.	<i>Elaborati prove down hole</i>	<i>16</i>
4.	PROVA SISMICA (“CONO SISMICO”)	17
4.1.	<i>Modalità operative.....</i>	<i>17</i>
4.1.1.	Sorgente di energia	17
4.1.2.	Apparato di ricezione.....	17
4.1.3.	Operazioni di campagna	18
4.1.4.	Acquisizione dati	18
4.2.	<i>Elaborazione dati.....</i>	<i>19</i>
4.3.	<i>Elaborazione dei log di Vp, Vs e dei Moduli Elastici Dinamici</i>	<i>19</i>
4.4.	<i>Elaborati prova geofisica con “cono sismico”</i>	<i>19</i>
5.	CONCLUSIONI.....	20



COMUNE DI FORLI'
AREA SERVIZI AL TERRITORIO
SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA
E SVILUPPO ECONOMICO
UFFICIO SUPPORTO GIURIDICO - AMMINISTRATIVO

INCARICO SPECIALISTICO
PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA
DEL SOTTOSUOLO DEL TERRITORIO COMUNALE DI FORLI' ATTRAVERSO
L'ESECUZIONE DI PROVE SISMICHE IN FORO

1. INDICAZIONI GENERALI

Allo scopo della caratterizzazione sismica del sottosuolo del territorio comunale di Forlì sono state realizzate delle indagini geognostiche (sondaggi geognostici e prove penetrometriche) e geofisiche (Indagini con cono sismico e Down hole) in tre siti nel territorio comunale.

Le indagini sono consistite nella realizzazione di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo con posizionamento di piezometro a tubo aperto al fine di consentire la realizzazione di una indagine down hole nella verticale di indagine; tale sondaggio è stato realizzato in centro città di fianco al "Palazzo della Prefettura" nel sito denominato "Giardini Orselli" (Vedasi mappa allegata al termine della presente relazione) ha raggiunto una profondità di 73 metri dal piano campagna, e da tre prove penetrometriche statiche, spinte fino al rifiuto o al massimo a 30 metri dal piano campagna, realizzate in tre siti stabiliti dalla committenza e precisamente "Aeroclub di Villafranca", "Protezione Civile" (Via Cadore) e "Palafiera" in queste tre prove sono stati realizzati anche tre coni sismici.

Per le indagini geognostiche (Realizzate dalla Società SOGEO S.r.l. di Lugo) si è utilizzata una sonda "Ellettari EK 200/STR" montata su trattore gommato

Per la prova in foro con tecnica down hole è stata utilizzata una sonda Progeo realizzata in materiale plastico nella quale sono inseriti, ed opportunamente isolati dal corpo della sonda stessa, due triplette di ricevitori (uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro) interspaziate di 1 metro l'una dall'altra (totale 6 ricevitori) determinando così ad ogni step di misura e tipologia di energizzazione, per differenza tra i tempi sismici di propagazione fra i due ricevitori posti alle estremità opposte della sonda, i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per i ricevitori verticali) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali).

Allo stesso modo per le prove con cono sismico è stata utilizzata una sonda Progeo realizzata in materiale metallico nella quale sono inseriti ed opportunamente isolati dal corpo della sonda stessa due coppie di ricevitori (uno verticale ed uno orizzontale) interspaziate di 1 metro l'una dall'altra determinando così ad ogni step di misura e tipologia di energizzazione, per differenza tra i tempi sismici di propagazione fra i due ricevitori posti alle estremità opposte della sonda, i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per i ricevitori verticali) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali).

Le indagini geofisiche sono state finalizzate quindi, in funzione della classificazione del suolo di fondazione della struttura, alla determinazione in dettaglio delle variazioni verticali di velocità sismica delle onde di compressione (V_p) e delle onde di taglio (V_{sh}) per ricavare moduli e parametri elastici dinamici (Elasticità E_{din} , Taglio G_{din} , Compressibilità K_{din} , Coefficiente di Poisson ν).

2. NORMATIVA ANTISISMICA

La caratterizzazione dei materiali in oggetto, vista l'elaborazione su tutta la profondità delle onde di taglio S, può quindi soddisfare anche i requisiti relativi all'entrata in vigore della nuova normativa antisismica (P.C.M. – Ordinanza n° 3341 del 14 settembre 2005 e successive modifiche fino al recente D.M. 14 gennaio 2008)) come classificazione dei terreni locali.

Nel particolare, l'oggetto della norma qui di seguito riportata, disciplina la progettazione e la costruzione di opere d'arte soggette ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su opere esistenti soggette al medesimo tipo di azioni sismiche.

Al § "Categorie di suolo di fondazione" si fa espresso riferimento ad indagini sismiche allo scopo di classificare il suolo di fondazione sulla base del valore di V_{s30} cioè del valore medio della velocità delle onde di taglio fino a 30 metri di profondità e comunque fino alla profondità significativa.

Riportiamo di seguito il paragrafo 5 d'interesse dell'ordinanza suindicata riferito ai ponti (analogo paragrafo è quello al cap. 3 riferito agli edifici).

2.1 Categorie di suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

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 V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $c_u < 70$ kPa).

E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa)

S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:



$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di Vs_{30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di NSPT.

3. PROSPEZIONE SISMICA IN FORO CON TECNICA DOWN HOLE

3.1. Modalità operative

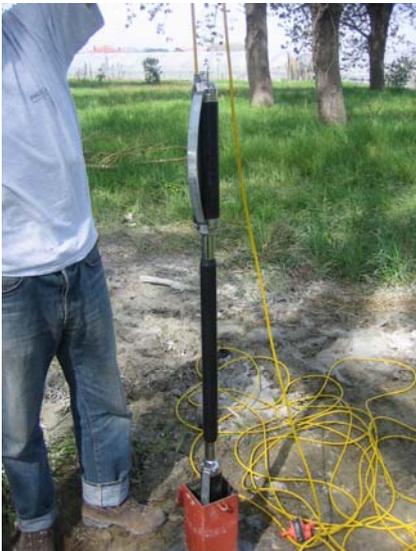
La tecnica down-hole prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione (P) e di taglio (S) tra il punto di energizzazione in superficie (shot) ed il punto di ricezione mobile in profondità entro il foro di sondaggio.

3.1.1. Sorgente di energia

Per effettuare tali operazioni è necessario utilizzare una sorgente di energia a polarizzazione verticale ed orizzontale: con la prima si generano onde di compressione P mentre con la seconda onde di taglio Sh.

Nel caso in esame si è scelta una sorgente di energia che potesse garantire una buona risposta sismica in alta frequenza oltre a caratteristiche dinamiche ripetitive simili; il generatore usato e denominato "Hammer Blow" è rappresentato da un maglio di 8 Kg usato da un operatore lasciato cadere con forza da circa 2 m su una piastra di acciaio per la generazione delle onde di compressione ed orizzontalmente, colpendo un supporto solidale per attrito radente al terreno, (trave in legno con sopra un autocarro) per quelle di taglio.

3.1.2. Apparato di ricezione



L'apparato di ricezione è provvisto di un apposito meccanismo di ancoraggio alle pareti del foro durante la registrazione dell'impulso e di disancoraggio per essere mobilizzato lungo la verticale del sondaggio stesso; tale apparato ha la possibilità di essere orientato sul piano orizzontale mediante l'utilizzo di "aste in alluminio" (vedasi foto allegata a fianco).

Tale apparato (sonda 3D) è formato da due gruppi di sensori composti ciascuno da tre geofoni da 14 Hz smorzati del 70%, dei quali uno con l'asse funzionale verticale (V) e due orizzontali (H1 e H2) fra loro ortogonali; l'interdistanza fra i due gruppi è di 1 m. (vedasi foto a lato).

Oltre alla sonda calettata entro il foro si utilizza in superficie un interruttore piezoelettrico applicato all'apparato energizzatore, il quale costituisce il dispositivo di trigger per l'inizio della registrazione ed alcuni geofoni di riferimento posizionati nelle vicinanze della bocca del foro che rimangono fissi per tutte le misure effettuate nel sondaggio e che costituiscono il dispositivo di controllo affinché tutti gli impulsi sismici siano in fase ed utilizzabili per le correzioni nella fase di preprocessing nel caso in cui si opti per una elaborazione di tipo tomografico.

Tali geofoni risultano superflui nel caso in cui si intraprenda l'iter elaborativo di tipo differenziale, cioè per ogni ordinata o step di misura, in quanto è sufficiente determinare, per differenza tra i tempi sismici di propagazione (Δt) fra i due ricevitori posti alle estremità opposte della sonda, i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per i ricevitori verticali) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali).

3.1.3. Operazioni di campagna

Dopo aver eseguito il collegamento al sismografo del cavo elettrico per i 6 canali della sonda 3D, dell'interruttore piezoelettrico solidale all'apparato di energizzazione e dei geofoni di riferimento si è effettuato il posizionamento della sonda 3D a fondo foro e si sono realizzati alcuni shot di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione dello strumento di registrazione dati.

Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione down-hole a partire da fondo foro.

3.1.4. Acquisizione dati

Gli impulsi sismici ricevuti dalla sonda in foro sono stati acquisiti utilizzando l'apparecchiatura EG&G Geometrics Geode dotata di estremo dettaglio di campionatura (0.02 millisecc) tramite la quale, dopo amplificazione, conversione analogico/digitale e filtraggio, sono trasferiti e registrati su P.C.

I files dei dati sono così realizzati:

canale 1	-	segnale del geofono orizzontale superiore direzione ortogonale	(H2)
canale 2	-	segnale del geofono orizzontale inferiore direzione ortogonale	(H2)
canale 3	-	segnale del geofono orizzontale superiore direzione parallela	(H1)
canale 4	-	segnale del geofono orizzontale inferiore direzione parallela	(H1)
canale 5	-	segnale del geofono verticale superiore	(V)
canale 6	-	segnale del geofono verticale inferiore	(V)

In tal modo, per ogni step di misura di un metro in profondità, si possono analizzare i first break imputabili all'arrivo dell'onda di compressione (P) sia sul geofono del canale 5 sia sul geofono del canale 6 e per differenza si ottiene il valore della differenza di tempo di percorrenza relativa all'intervallo in oggetto.

Analogamente per ogni step di misura di un metro di profondità, si possono analizzare i first break imputabili all'arrivo dell'onda di taglio (S) sia sul geofono del canale 3 sia sul geofono del canale 4 e per differenza si ottiene il valore della differenza di tempo di percorrenza relativa all'intervallo in oggetto.

3.2. Elaborazione dati

Il procedimento elaborativo dei dati down hole può essere sviluppato secondo due differenti modalità:

- down hole tomografico,
- down hole differenziale.

3.2.1. Down hole tomografico

Si sviluppa fundamentalmente in due fasi.

1) Elaborazione sismogrammi:

- display sismogrammi,
- convoluzione,
- lettura first break (realizzazione dromocrone per analisi down hole).

2) Elaborazione delle sezioni down-hole:

- analisi delle velocità – generalizzazione tempo-profondità,
- routine di ottimizzazione,
- routine per trasferimento dati in un sistema C.A.D.

Esprimendo in parole i punti sopraindicati si può affermare che una volta ottenute le velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) entro i fori vengono calcolate tramite programmi all'elaboratore le distribuzioni areali di V_p e V_s ottimizzando l'elaborazione mediante assemblaggio delle risultanze di una molteplicità di registrazioni sismiche e tramite trasformazioni dei dati da valori numerici ad informazioni grafiche per plot delle risultanze.

Come si è visto il procedimento elaborativo si sviluppa fundamentalmente in due fasi: la prima è relativa allo studio delle tracce sismiche, la seconda riguarda lo studio delle velocità V_p e V_s lungo la verticale del foro.

Vengono riportati qui di seguito i principali step dell'elaborazione dove viene fatta una differenziazione del materiale in celle unitarie (una cella per ogni sensore).

Preprocessing

In questa fase si utilizzano sia programmi originali all'elaboratore sia routine sviluppate dalla I.C.I. (Interactive Concepts Incorporated) distribuite dal Kansas Geological Survey.

a) Traduzione tracce sismiche

Questa fase di preprocessing permette di convertire il formato con cui i dati sismici sono registrati dal sismografo EG&G GEOMETRICS GEODE in quello dei programmi elaborativi.

b) Gathering dei canali 1, 2, 3 e 4

Fase di preprocessing nella quale vengono riunite le tracce omologhe dei sismogrammi acquisiti in un unico file di dati: si realizzano pertanto n° 4 file, ognuno dei quali rappresenta la raccolta di tutte le tracce corrispondenti.

- | | |
|----------|---|
| Gather 1 | traccia 1 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie=riferimento " T_0 " per correzioni time break) |
| Gather 2 | traccia 2 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale V nella sonda 3D alle varie profondità nel foro) |
| Gather 3 | traccia 3 (onda di taglio S ricevuta dal geofono orizzontale H1 nella sonda 3D alle varie profondità nel foro) |



Gather 4 traccia 4 (onda di taglio S ricevuta dal geofono orizzontale H2, ortogonale all'H1 nella sonda 3D, alle varie profondità nel foro)

c) Analisi dei singoli gather

Viene effettuata l'analisi del gather 1 onde ricavare, traccia per traccia, la correzione da apportare, in millisecondi alle corrispondenti tracce 2, 3 e 4 (della stessa profondità) relative ai diversi shot effettuati in ciascun foro per investigare l'intera profondità.

L'analisi, che si sviluppa con criteri statistici, definisce un termine di riferimento 0 e gli spostamenti positivi o negativi di ciascuna traccia.

d) Analisi spettrale (F.F.T.)

Vengono realizzate le analisi spettrali in frequenza (Fast Fourier Transform) di alcune tracce campione relative ai gather 2, 3 e 4 a finestre sia nei settori con rumore di fondo sia in quelli con segnale utile (onda P e onda S).

Note queste frequenze fondamentali si procede alla costruzione di appositi filtri digitali per ridurre il rumore di fondo ed esaltare i segnali utili.

e) Stacking canali 3 e 4

Somma dei canali 3 e 4 (orizzontali) con rotazione dell'asse di vibrazione lungo la direzione della massima fase coerente.

Il procedimento viene realizzato mediante elaborazioni statistiche con ricerca automatica delle massime fasi coerenti delle onde di taglio (S).

Si ottiene pertanto un nuovo file di dati (canale 5) delle onde di taglio.

f) First break peak canali 2 e 5

Lettura dei primi arrivi dell'onda di compressione P e di taglio S. Nei nuovi files di dati creati al punto b) e al punto e) dall'assemblaggio delle varie tracce sismiche vengono considerati i files dei canali 2 (assemblaggio onde P) e dei canali 5 (assemblaggio onde S).

g) Muting

Operazione che riduce il segnale sismico dal tempo 0 al time break letto sulle singole tracce al passo (f) e che accentua visivamente i primi arrivi. Viene così ridotto il disturbo aleatorio costituito da rumore di fondo non eliminabile dall'operatore in fase di filtraggio (punto c) in quanto caratterizzato dalle stesse frequenze del segnale utile.

h) Plot

Stampa finale delle tracce sismiche relative alle onde di compressione e di taglio.

Processing tomografico

Questo consiste nell'interpretazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione P e di taglio S. Per l'analisi di questi dati vengono utilizzati programmi al calcolatore di utilità, originali della Progeo.

Il procedimento di calcolo si sviluppa secondo i seguenti ulteriori step.

i) Definizione della geometria della ricerca

- coordinate del sensore in pozzo (3D),
- posizionamento punto di shot.

l) Input tempi di arrivo onde P e onde S

Realizzazione dei file dei dati relativi ai tempi di arrivo delle onde P ed S associate alle coordinate spaziali delle stazioni di misura.

m) Input modello di velocità

In base alle conoscenze stratigrafiche e sismiche vengono definiti degli intervalli a velocità costante lungo l'asse del foro in funzione dei quali viene realizzato il ray tracing (step n).

n) Ray tracing

Vengono create le traiettorie dei raggi sismici in base ai modelli di velocità definiti allo step m).

Per il calcolo si sono utilizzati i seguenti parametri:

- anisotropia ellittica (massima velocità in senso verticale)
- tolleranza lineare (.05%)
- tolleranza angolare (1")
- numero di iterazioni (500)
- multi pathing (on)
- plane layer (on)

o) Definizione dei parametri di calcolo

Il programma utilizzato necessita, per il calcolo della sezione in profondità lungo la verticale del foro e in funzione dei valori di velocità, dei seguenti parametri di calcolo:

- definizione tipo di griglia (1 cella ogni m)
- tipo di anisotropia del mezzo investigato (verticale)
- numero di iterazioni (500)
- algoritmo di calcolo (S.I.R.T.)

L'algoritmo S.I.R.T. (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) crea un'immagine di velocità apprezzabile, sufficientemente stabile e che converge velocemente verso i valori sperimentali.

p) Analisi delle risultanze

Queste vengono inizialmente valutate dal punto di vista statistico attraverso gli scarti quadratici e le varianze dei tempi calcolati rispetto a quelli definiti in input. In base a tali valori possono essere modificati i parametri di calcolo per una migliore ottimizzazione. Si passa in seguito all'analisi delle velocità intergeofoniche relative alle onde P ed S dalla quale si ricava un modello di velocità più adeguato (a tale modello si farà riferimento in seguito come velocità intervallari). Il calcolo riprende perciò dallo step m) con l'input del nuovo modello di velocità e si procede fino a quando gli scarti e le varianze divengono minimi.

q) Predisposizione tabelle e grafici dei dati

I dati calcolati al punto p) vengono riportati in un foglio elettronico appositamente predisposto allo scopo di calcolare i moduli elastici relativi e graficizzare le risultanze.

r) Conversione in immagini computerizzate

La prospezione down hole con elaborazione tomografica si concretizza nella definizione di celle analitiche elementari; per ogni cella il valore della velocità tomografica rappresenta il valore medio risultante dei valori differenziali relativi a tutti i tragitti elementari dei raggi di investigazione che attraversano la cella considerata. La determinazione delle celle elementari che definiscono la rappresentazione tomografica deriva dalle variazioni dei parametri cinematici V_p e V_s in funzione del grado di consistenza differenziata del materiale.

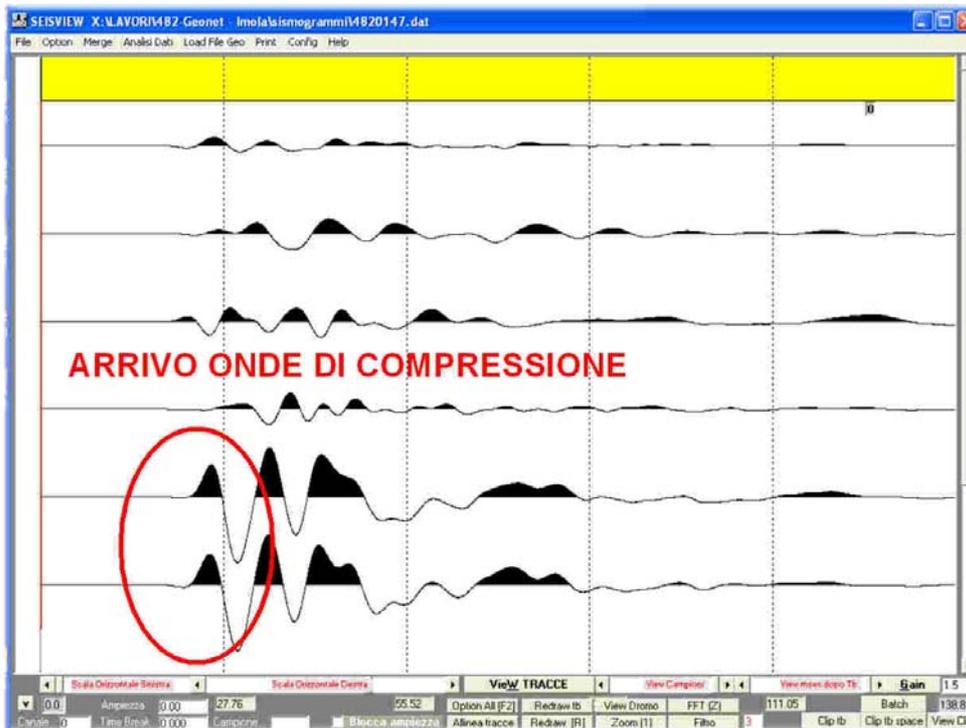
3.2.2. Down hole differenziale (cross correlazione)

In questo caso specifico si è utilizzata questa tecnica elaborativa perché è stato possibile utilizzare in foro una sonda ricevente con spaziatura intergeofonica di 1 metro la quale, grazie anche al ridotto intervallo di campionamento (0.020 millisecondi) consentito dal sismografo EG&G GEOMETRICS GEODE consente di determinare per partizioni discrete direttamente nel tratto interessato i valori cinematici differenziali.

La valutazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio è stata effettuata mediante Cross Correlazione di cui si riporta un esempio alla pagina successiva.

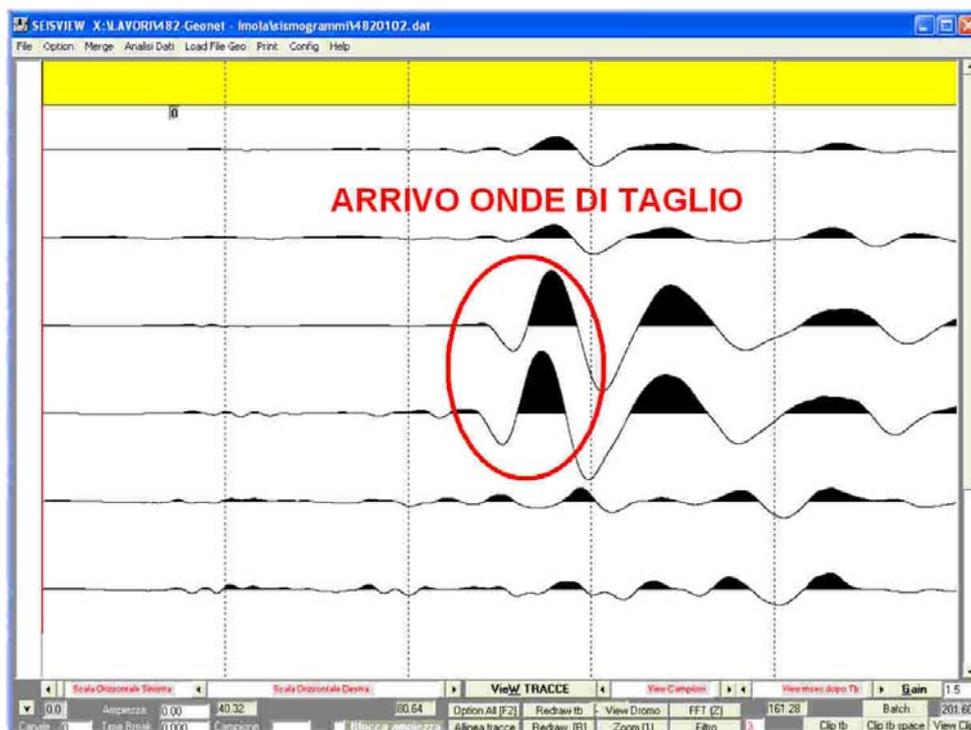
Tale tecnica viene normalmente impiegata allo scopo di aumentare il grado di affidabilità dei tempi.

Questa metodologia è indicata e sufficientemente precisa per la valutazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione P; nell'immagine sottostante si ha un esempio di quanto indicato.

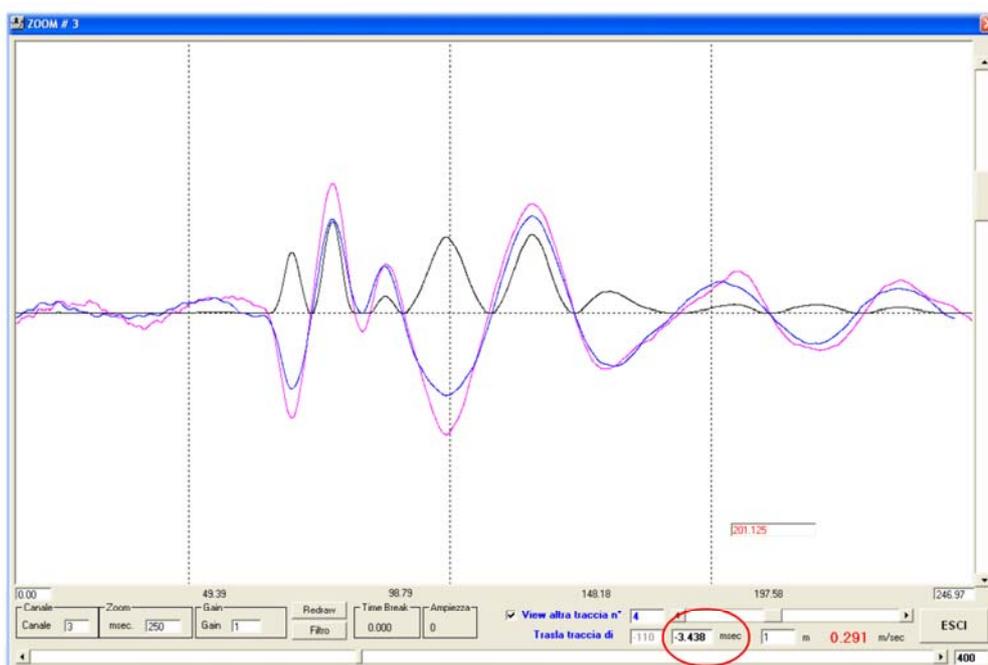


Per le onde di taglio S si procede all'analisi dell'inversione delle tracce sismografiche individuando quale sia il primo arrivo dell'onda di taglio (inversione di polarità), poi si affina la ricerca mediante Cross Correlazione (applicando la metodologia proposta da Willis e Toksoz - 1983-) e si determina così il valore del tempo differenziale fra le due tracce omologhe.

Nell'immagine sottostante si evidenzia il primo arrivo delle onde di taglio fra le tracce sismografiche relative ai geofoni dei canali 3 e 4.



Una volta individuato il primo arrivo dell'onda di taglio (con procedura analoga per le onde di compressione) si procede con una serie di passaggi di Cross Correlazione a finestre variabili tra le varie tracce allo scopo di individuare la massima rassomiglianza tra gli arrivi omologhi e determinare la massima verosimiglianza tra le tracce dei canali indicati nelle tabelle dei down hole riportate alle pagine precedenti. Tale tecnica in pratica consiste nel valutare il "ritardo" di arrivo dell'onda di compressione e/o di taglio fra il geofono inferiore e quello superiore valutando unicamente su base sismografica il valore di tempo che intercorre fra i due arrivi; qui di seguito è riportato un esempio di tale tecnica elaborativa.



**Differenziale tempi onde di taglio
fra canale 3 e canale 4**

3.3. Elaborazione dei log di Vs, Vp e dei Moduli Elastici Dinamici

Dopo aver inserito nel programma elaborativo le geometrie di ricerca (distanza punto di energizzazione in superficie, coordinate della sonda in profondità) ed elaborato per ciascun canale di ricezione i tempi di arrivo dell'energia sismica prodotta dalla superficie topografica e registrata sulla verticale del punto di indagine secondo la tecnica down hole differenziale (cross correlazione), sono state realizzate tabelle e diagrafie (per step di misura di metro) relative ai parametri sismici cinematici Vp e Vs ed ai corrispondenti moduli elastici dinamici che si possono ottenere dalle interrelazioni che collegano le velocità delle onde di compressione e quelle di taglio.

Infatti, per la caratterizzazione del sito e del terreno in esame, specialmente in termini di deformabilità dei materiali in associazione ai dati geotecnici e/o di prove di laboratorio su campioni prelevati nei sondaggi geognostici, può essere opportuno fornire al Committente altri parametri (oltre ai singoli valori di velocità sismica) che la prova down hole è in grado di fornire contemporaneamente alla rilevazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche (Vp e Vs) nel sottosuolo.

Si tratta dei Moduli elastici dinamici del terreno i quali possono contribuire ad una migliore definizione dei carichi e delle spinte da parte del manufatto sul terreno di fondazione.

Attraverso la determinazione sia delle velocità delle onde di compressione sia delle velocità delle onde di taglio è possibile ricavare i seguenti parametri (per ulteriori dettagli si veda, tra i più recenti, "The rock physics handbook – tools for seismic analysis in porous media" di G. Mavko, T. Mukerji e J. Dvorkin, Cambridge University Press, UK, pp. 1-329, 1998):

- Coefficiente di Poisson	(ν)	
- Peso di volume	(γ_{din})	in t/m ³
- Modulo di Elasticità dinamico	(E_{din})	in Kg/cm ²
- Modulo di Taglio dinamico	(G_{din})	in Kgcm ²
- Modulo di Compressibilità dinamico	(K_{din})	in Kgcm ²

Il *Coefficiente di Poisson* (ν), noto come la costante che lega le deformazioni in un corpo, può essere collegato, da un punto di vista bidimensionale, ad uno sforzo di trazione, che causa nel corpo stesso un allungamento in una direzione e un raccorciamento nell'altra, o ad uno sforzo di compressione che, analogamente, determina una contrazione in una direzione e una dilatazione nella direzione opposta.

Tale parametro può presentare un range di variazione compreso tra un massimo di 0.5 ed un minimo di 0; il valore di 0.5 è caratteristico di materiali che si deformano senza cambiamenti di volume (es. acqua), valori leggermente inferiori (0.47 - 0.49) sono tipici di argille o materiali molto saturi; valori inferiori sono indicativi di materiali da poco consolidati a sovraconsolidati.

Per le rocce si presentano range di variazioni molto ampi collegati in particolare sia al grado di fratturazione sia alla presenza di cavità, stratificazioni e litologie e comunque tra (0.46 e 0.20).

In funzione di Vp e di Vs il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\text{Coefficiente di Poisson} \quad \nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}$$

Il *Peso di volume* (γ_{din}) del terreno può essere indicativamente ricavato, in via empirica, anche dalla velocità delle onde di compressione sulla base della seguente relazione:

Peso di volume

$$\gamma_{din} = 0.51 \cdot Vp^{0.19}$$

(γ_{din} in T/m³).

Da tale relazione si può ottenere anche la densità geofisica, intesa come:

Densità geofisica

$$\delta_{din} = \frac{\gamma}{g}$$

($g = 9.8$ – accelerazione di gravità m/sec),

la quale viene utilizzata come parametro nelle formule per ricavare i moduli di elasticità e di taglio.

Il *Modulo di Young* o di *Elasticità normale* E_{din} . definisce la *deformazione longitudinale* di un corpo, intesa come il rapporto tra l'allungamento (o l'accorciamento) e la lunghezza originale del corpo stesso; in funzione dei valori della velocità delle onde di compressione Vp , della densità geofisica e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

Modulo di Elasticità

$$E_{din} = Vp^2 \cdot \delta_{din} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \quad (E_{din} \text{ in Kg/cm}^2).$$

Il *Modulo di Taglio* o di *Rigidità* G_{din} definisce invece la *deformazione tangenziale* di un corpo, intesa come l'angolo di cui ruota il corpo stesso in seguito ad uno sforzo di taglio; in funzione dei valori della velocità delle onde di taglio Vs e della densità geofisica il parametro è definito dalla seguente relazione:

Modulo di Taglio

$$G_{din} = \delta_{din} \cdot Vs^2$$

(G_{din} in Kg/cm²).

Infine, il *Modulo di Compressibilità* o *Modulo di Volume* è quel parametro ottenibile se lo sforzo viene applicato tridimensionalmente (lungo tutti i tre assi cartesiani) generando una pressione idrostatica uniforme con la quale si avranno componenti dello sforzo uguali e con deformazione rappresentata da una variazione di volume la quale può essere indicata numericamente dall'inverso del coefficiente di compressibilità; utilizzando i valori del modulo di elasticità e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

Modulo di Compressibilità

$$K_{din} = \frac{E_{din}}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}$$

(K_{din} in Kg/cm²).

I moduli dinamici così calcolati risultano comunque sempre più elevati di quelli statici forniti da prove di carico in situ in quanto gli impulsi sismici sono di breve durata e le sollecitazioni ad essi associate sono relativamente modeste e rientrano nel campo delle deformazioni istantanee.

Il modulo di taglio G_{din} , oltre ad essere utilizzato nel campo geotecnico per lo studio delle resistenze al taglio dei materiali detritici e lapidei, viene impiegato nello studio di microzonazioni sismiche in particolare nel calcolo delle seguenti relazioni relative alla valutazione dei parametri caratteristici sia di spessori (H) sia di interfacce stratigrafiche (nel qual caso vengono utilizzati i parametri elastici di G_{din} dei due strati):

Rigidità sismica

$$R = \delta_{din} \sqrt{\frac{G_{din}}{\delta_{din}}} \quad (R \text{ in } t/(m^2 \cdot sec))$$

Periodo proprio

$$T = \frac{4H}{\sqrt{\frac{G_{din}}{\delta_{din}}}} \quad (T \text{ in sec})$$

Rapporto di Impedenza

$$\lambda = \frac{\delta_{din1} \cdot G_{din1}}{\delta_{din2} \cdot G_{din2}} \quad (\lambda \text{ adimensionale})$$

Il modulo di compressibilità K_{din} o di deformabilità volumetrica è confrontabile con quello ottenuto da prove di compressione idrostatica realizzabili mediante prove triassiali non drenate nella fase iniziale del carico (fase elastica) e quindi è comparabile al modulo idrostatico di compressibilità geotecnico B o, inversamente, al coefficiente o indice di compressibilità C_c .

Tutti questi parametri elastici infine possono essere utilizzati per l'applicazione del metodo degli elementi finiti a problemi geotecnici.

Tali metodi offrono notevoli vantaggi rispetto ai metodi di calcolo tradizionali come ad esempio:

- * l'opera geotecnica può avere una forma qualsiasi;
- * nel calcolo si può tener conto del comportamento non lineare sia del terreno sia della struttura;
- * è possibile effettuare simulazioni per ottimizzare la costruzione dell'opera d'arte anche in condizioni sismiche.

Mediante la prova down hole potrà altresì essere caratterizzato il sito d'indagine in corrispondenza del sondaggio meccanico secondo le classi di terreno previste dalla nuova normativa sismica (P.C.M. - Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 e successive modifiche, vedasi precedente paragrafo 2) fino alle profondità raggiunte dalla prova stessa (V_{s30} solo se la prova raggiungerà tale profondità).

3.4. Elaborati prove down hole

Nella documentazione down hole riportata al termine della presente relazione sono presentate in 2 tavole distinte le tabelle numeriche e i grafici (log) relativi ai parametri geosismici e moduli elastici dinamici analizzati. Nell'ordine e in dettaglio sono riportati in ciascuna delle 2 tavole:

Tabelle

Nella prima tavola è rappresentata la tabella numerica dei parametri geofisici intergeofonici rilevati ogni metro di profondità mediante tecnica down hole differenziale (cross correlazione).

Più in dettaglio, sono riportati in tabella numerica i seguenti dati distinti per colonna:

1. Profondità (m);
2. V_p velocità onde di compressione (m/sec);
3. V_s velocità onde di taglio (m/sec);
4. μ coefficiente di Poisson;
5. γ peso di volume (t/m^3);
6. E_{din} modulo di elasticità dinamico -Young- (kg/cm^2);
7. G_{din} modulo di taglio dinamico (kg/cm^2);
8. K_{din} modulo di compressibilità dinamico (kg/cm^2)

A lato della tabella numerica sono riportati i log di velocità delle onde di taglio (in rosso) e delle onde di compressione (in verde); le scale delle diagrafie sono in m/sec.

Grafici

Nella seconda tavola sono rappresentati i grafici dei parametri elastici dinamici relativi ai valori di velocità delle onde di compressione (P) e di taglio (S) nonché ai valori dei moduli elastici dinamici (elasticità o di Young, taglio, compressibilità) e del coefficiente di Poisson; i log dei valori rilevati ogni metro di profondità lungo la verticale del foro sono riportati nel seguente ordine:

- velocità onde P e onde S;
- coefficiente di Poisson;
- modulo di elasticità E_{din} ;
- modulo di taglio G_{din} ;
- modulo di compressibilità K_{din} .

4. PROVA SISMICA (“CONO SISMICO”)

4.1. Modalità operative

Il sistema in oggetto permette di realizzare un'indagine di tipo sismico del tutto analogo alla prova down hole descritta nella sezione precedente della presente relazione complementare alla realizzazione di una prova penetrometrica.

Come per la tecnica in foro di sondaggio di tipo down-hole si prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione (P) e di taglio (S) tra il punto di energizzazione in superficie (shot) ed il punto di ricezione mobile in profondità anche se, nel caso del “cono sismico”, i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per i ricevitori verticali) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali) vengono determinati, con più dettaglio e solo nel tratto interessato, (ad ogni step di misura e tipologia di energizzazione) per differenza tra i tempi sismici di propagazione fra i due ricevitori posti alle estremità opposte della sonda e non dall'elaborazione (per ogni shot e posizione in foro della sonda ricevente) dell'intero tragitto dalla superficie al ricevitore.

4.1.1. Sorgente di energia

Nei pressi della verticale di misura, mediante l'utilizzo di un piccolo pendolo d'acciaio che sollecita un incudine reso solidale al terreno, è stato generato ad ogni step di misura (ogni metro) un treno d'onda polarizzato sia orizzontalmente sia verticalmente.

Infatti, per effettuare le operazioni di acquisizione dati, è necessario utilizzare una sorgente di energia a polarizzazione verticale ed orizzontale: con la prima si generano onde di compressione P mentre con la seconda onde di taglio Sh.

Nel caso in esame si è scelta una sorgente di energia che potesse garantire una buona risposta sismica in alta frequenza oltre a caratteristiche dinamiche ripetitive similari; il generatore usato e denominato “Hammer Blow” è rappresentato da un maglio di 8 Kg usato da un operatore e lasciato cadere con forza da circa 2 m su una piastra di acciaio per la generazione delle onde di compressione ed orizzontalmente, colpendo un supporto solidale per attrito radente al terreno, (trave in legno con sopra un autocarro) per quelle di taglio.

4.1.2. Apparato di ricezione

E' stata utilizzata una sonda originale Progeo realizzata in acciaio temprato nella quale sono inseriti, ed opportunamente isolati dal corpo della sonda stessa, due coppie di ricevitori (orizzontali e verticali) interspaziate di 1 metro l'una dall'altra (totale 4 ricevitori).



Importante notare che i ricevitori, essendo montati in appositi alloggiamenti isolati acusticamente dal resto della sonda (vedasi dettaglio nell'immagine alla pagina seguente), permettono di ricevere l'energia proveniente dal terreno sollecitato e non quella che si propaga lungo l'asta penetrometrica di infissione.

È possibile perciò, per ogni ordinata di penetrazione (step di misura), determinare per differenza tra i tempi sismici di propagazione (Δt) fra i due ricevitori posti alle estremità opposte della sonda, i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per i ricevitori verticali) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali).

4.1.3. Operazioni di campagna

Sono state realizzate dapprima le singole prove penetrometriche, dopodiché si è proceduto alla ri-infissione della batteria di aste nella stessa verticale di indagine con la punta sismica.

Ad ogni stop di infissione (metro) è stata eseguita una misura geofisica di energizzazione e ricezione dell'energia sismica delle onde di compressione e di taglio tale operazione si è ripetuta con step di misura metrico fino alla bocca del sondaggio.

4.1.4. Acquisizione dati

I tempi di arrivo dell'energia polarizzata sono stati opportunamente registrati mediante l'utilizzo di un P.C. e di un sismografo EG&G Geometrics Geode dotato di estremo dettaglio di campionatura (0.018 millisec) collegato tramite cavo sismico con la punta di infissione.

Gli impulsi sismici ricevuti dalla sonda in profondità nel foro sono stati acquisiti ad ogni metro di profondità e, dopo amplificazione, conversione analogico/digitale e filtraggio, trasferiti e registrati su P.C.

I files dei dati sono così realizzati:

canale 1	-	segnale del geofono orizzontale inferiore	(H2)
canale 2	-	segnale del geofono orizzontale superiore	(H1)
canale 3	-	segnale del geofono verticale inferiore	(V2)
canale 4	-	segnale del geofono verticale superiore	(V1)

Ad ogni step di misura si sono effettuate due energizzazioni: una ortogonale rispetto alla superficie del piano campagna che ha generato un treno di onde di compressione (P) ed una parallela al piano campagna che ha generato un treno di onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale (Sh).

Per ogni energizzazione si è registrato un sismogramma; quindi ci saranno sismogrammi sui quali sarà possibile determinare gli arrivi dell'onda di compressione (P) ed altri sui quali sarà possibile determinare gli arrivi dell'onda di taglio (Sh).

In tal modo, per ogni step di misura di un metro in profondità, si possono analizzare i first break imputabili all'arrivo dell'onda di compressione (P) sia sul geofono del canale 3 sia sul geofono del canale 4 e per differenza si ottiene il valore della differenza di tempo di percorrenza relativa all'intervallo in oggetto.

Analogamente a quanto esposto sopra, per ogni step di misura di un metro di profondità, si possono analizzare i first break imputabili all'arrivo dell'onda di taglio (S) sia sul geofono del canale 1 sia sul geofono del canale 2 e per differenza si ottiene il valore della differenza di tempo di percorrenza relativa all'intervallo in oggetto.

4.2. Elaborazione dati

Il procedimento elaborativo dei dati viene sviluppato secondo la tecnica differenziale (cross correlazione) ampiamente descritta nelle pagine precedenti riguardanti l'indagine down hole.

4.3. Elaborazione dei log di Vp, Vs e dei Moduli Elastici Dinamici

Dopo aver inserito nel programma elaborativo le geometrie di ricerca (distanza punto di energizzazione in superficie, coordinate della sonda in profondità) ed elaborato per ciascun canale di ricezione i tempi di arrivo dell'energia sismica prodotta dalla superficie topografica e registrata sulla verticale del punto di indagine secondo la tecnica differenziale (cross correlazione), sono state realizzate tabelle e diagrafie (per step di misura di metro) relative ai parametri sismici cinematici Vp e Vs ed ai corrispondenti moduli elastici dinamici che si possono ottenere dalle interrelazioni che collegano le velocità delle onde di compressione e quelle di taglio. Esattamente allo stesso modo di come si è proceduto per la tecnica down hole

4.4. Elaborati prova geofisica con “cono sismico”.

Nella documentazione cartografica riportata al termine della presente relazione sono presentate (per ogni prova) in 2 tavole distinte le tabelle numeriche e i grafici (log) relativi ai parametri geosismici e moduli elastici dinamici analizzati.

Tabelle

Nella prima tavola è rappresentata la tabella numerica dei parametri geofisici intergeofonici rilevati ogni metro di profondità mediante tecnica differenziale (cross correlazione).

Più in dettaglio, sono riportati in tabella numerica i seguenti dati distinti per colonna:

Profondità (m);	
V _p	velocità onde di compressione (m/sec);
V _s	velocità onde di taglio (m/sec);
μ	coefficiente di Poisson;
γ	peso di volume (t/m ³);
E _{din}	modulo di elasticità dinamico -Young- (kg/cm ²);
G _{din}	modulo di taglio dinamico (kg/cm ²);
K _{din}	modulo di compressibilità dinamico (kg/cm ²)

Alla base della tabella è riportata la legenda dei parametri rilevati.

A lato della tabella numerica sono riportati i log di velocità delle onde di taglio (in rosso) e delle onde di compressione (in verde); le scale delle diagrafie sono in m/sec.

Alla base dei log è altresì riportato in un riquadro a parte il valore di Vs₃₀, e la categoria di suolo in funzione della classificazione sismica dei suoli secondo il D.M del 14/01/2008. solamente per le prove che hanno raggiunto i trenta metri di profondità

Grafici

Nella seconda tavola sono rappresentati i grafici dei parametri elastici dinamici relativi ai valori di velocità delle onde di compressione (P) e di taglio (S) nonché ai valori dei moduli elastici dinamici (elasticità o di Young, taglio, compressibilità) e del coefficiente di Poisson; i log dei valori rilevati ogni metro di profondità lungo la verticale del foro sono riportati nel seguente ordine:

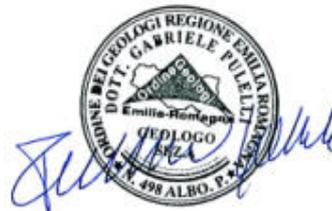
- velocità onde P e onde S;
- coefficiente di Poisson;
- modulo di elasticità E_{din} ;
- modulo di taglio G_{din} ;
- modulo di compressibilità K_{din} .

5. CONCLUSIONI

Per lo studio di micro zonazione sismica del territorio comunale a seguito della entrata in vigore della nuova normativa antisismica (NTC 2008 – D.M. del 14 gennaio 2008 http://www.ingegneriasoft.com/NTC2008_Norme_tecniche_per_le_costruzioni.htm) si sono eseguite indagini geognostiche e geofisiche per valutare le caratteristiche elastiche e di consistenza del sottosuolo in esame.

Le indagini geofisiche hanno permesso di determinare dei log di velocità delle onde di taglio fino alla massima profondità raggiunta nei singoli sondaggi, tale valore assieme al valore delle onde di compressione e dei moduli elastici dinamici sono consultabili negli allegati delle singole verticali di indagine.

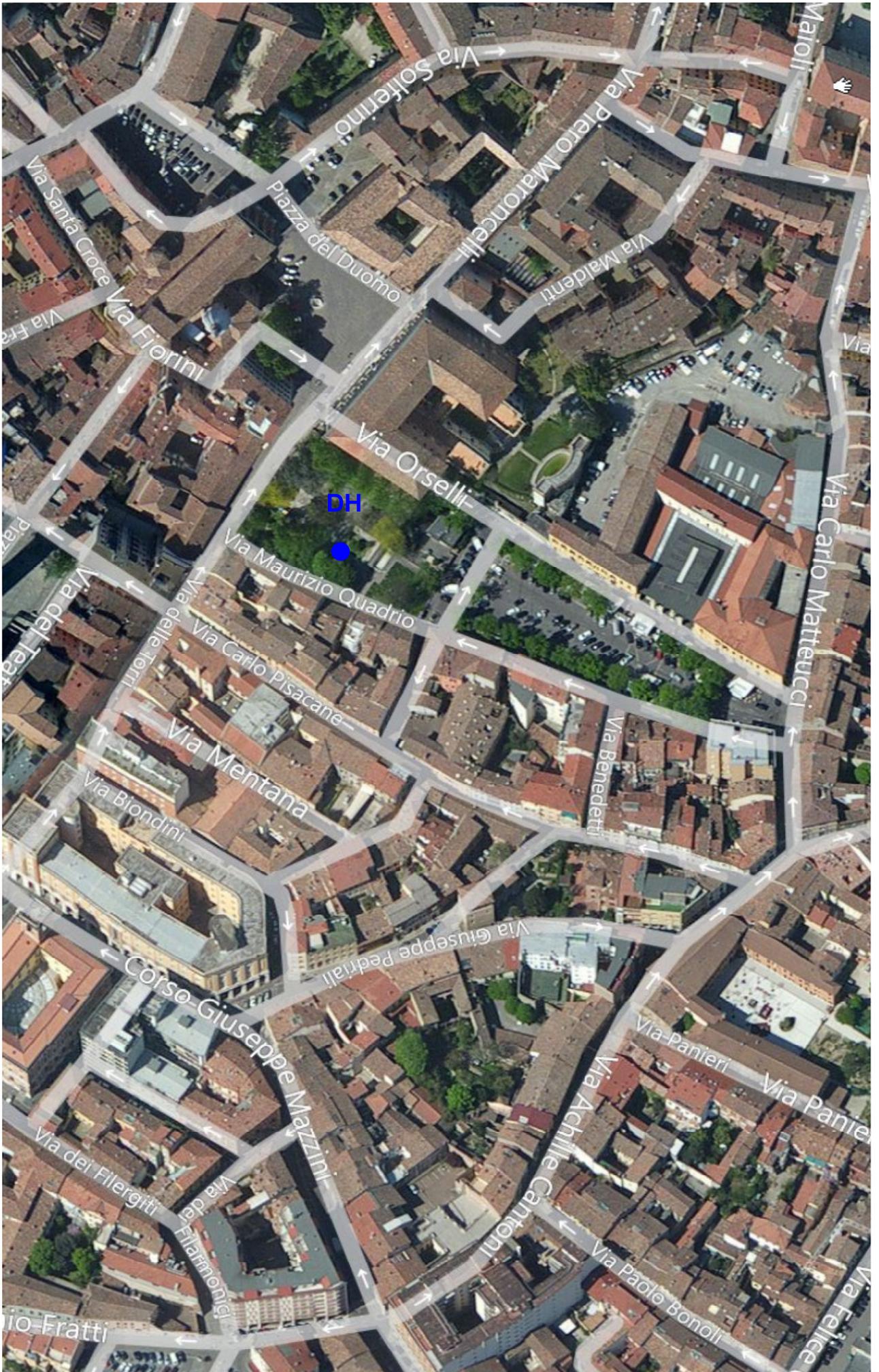
PROGEO
Dott. Gabriele Pulelli



Hanno collaborato:

Dott. Andrea Fabbri
Dott. Maurizio Furani
Dott. Stefano Tomidei

Down Hole Giardini Orselli



Cono sismico 1 Villafranca



Cono sismico 2 Protezione Civile



Cono sismico 3 zona fiera



COMMITTENTE	COMUNE DI FORLI'
DOWN HOLE	S1
Località	GIARDINI ORSELLI
Data acquisizione	20/01/2012

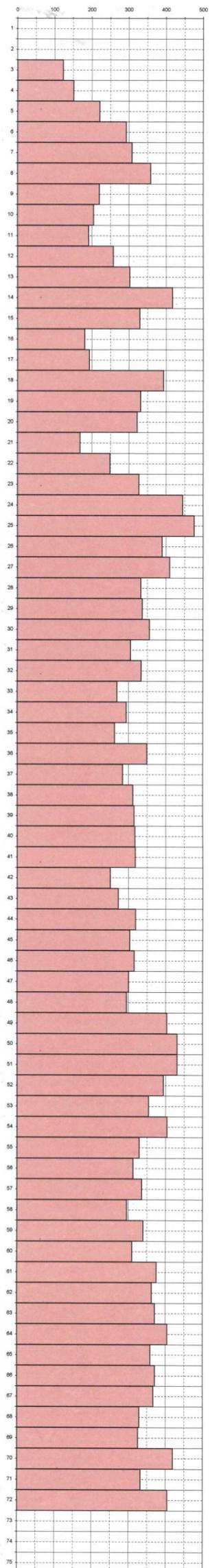
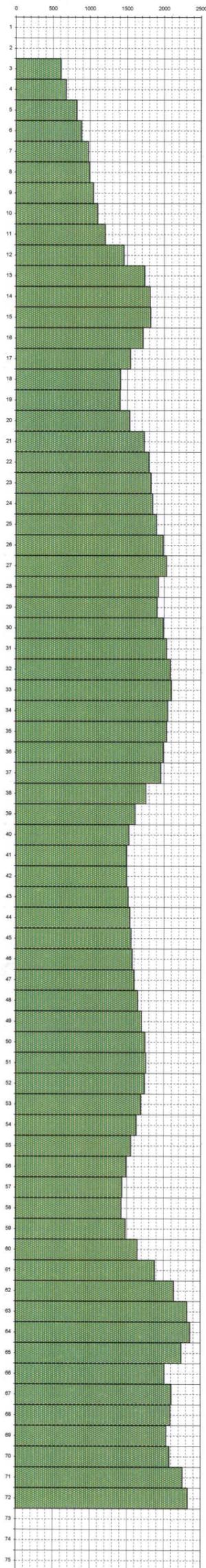
Codice lavoro 1151



Profondità	Vp m/sec.	Vs m/sec.	v	γ T/m³	E _{din} Kg/cm²	G _{din} Kg/cm²	K _{din} Kg/cm²
0							
1							
2							
3	606	123	0.48	1.72	786	266	6087
4	674	151	0.47	1.76	1200	407	7598
5	821	221	0.46	1.83	2656	909	11342
6	885	293	0.44	1.85	4650	1616	12637
7	978	308	0.44	1.89	5269	1823	15966
8	997	358	0.43	1.89	7068	2479	15875
9	1045	220	0.48	1.91	2791	945	20010
10	1103	204	0.48	1.93	2438	822	22854
11	1203	192	0.49	1.96	2184	734	27973
12	1457	258	0.48	2.04	4086	1377	42207
13	1738	302	0.48	2.10	5802	1954	62162
14	1808	417	0.47	2.12	11055	3755	65684
15	1816	329	0.48	2.12	6957	2346	68255
16	1716	181	0.49	2.10	2097	702	62069
17	1546	193	0.49	2.06	2338	784	49096
18	1410	393	0.46	2.02	9275	3181	36723
19	1404	331	0.47	2.02	6644	2259	37612
20	1536	322	0.48	2.06	6411	2170	46515
21	1731	168	0.50	2.10	1814	606	63392
22	1795	249	0.49	2.12	3982	1336	67770
23	1823	327	0.48	2.12	6874	2317	68860
24	1844	445	0.47	2.13	12610	4292	68054
25	1896	476	0.47	2.14	14476	4936	71828
26	1986	389	0.48	2.16	9874	3336	82344
27	2031	410	0.48	2.17	10987	3715	86203
28	1924	333	0.48	2.15	7184	2419	77742
29	1906	336	0.48	2.14	7332	2471	76024
30	1993	356	0.48	2.16	8264	2785	83749
31	2034	305	0.49	2.17	6103	2050	88718
32	2087	334	0.49	2.18	7350	2472	93455
33	2104	269	0.49	2.18	4792	1606	96344
34	2054	294	0.49	2.17	5694	1911	90884
35	2037	262	0.49	2.17	4540	1522	89718
36	1996	349	0.48	2.16	7961	2682	84175
37	1959	284	0.49	2.15	5260	1766	81856
38	1756	312	0.48	2.11	6191	2086	63465
39	1612	315	0.48	2.07	6205	2096	52185
40	1529	317	0.48	2.05	6215	2103	46173
41	1494	318	0.48	2.05	6229	2110	43746
42	1498	251	0.49	2.05	3890	1309	45087
43	1517	272	0.48	2.05	4592	1548	46079
44	1541	318	0.48	2.06	6281	2125	46935
45	1556	303	0.48	2.06	5722	1933	48295
46	1575	315	0.48	2.07	6195	2094	49413
47	1601	300	0.48	2.07	5652	1907	51602
48	1648	295	0.48	2.08	5485	1849	55185
49	1701	403	0.47	2.10	10222	3476	57157
50	1745	431	0.47	2.11	11686	3982	60034
51	1757	431	0.47	2.11	11710	3988	61066
52	1739	394	0.47	2.10	9796	3325	60443
53	1690	354	0.48	2.09	7911	2678	57402
54	1629	404	0.47	2.08	10132	3453	51599
55	1557	329	0.48	2.06	6710	2272	47880
56	1493	313	0.48	2.04	6021	2038	43744
57	1437	336	0.47	2.03	6865	2333	39622
58	1425	295	0.48	2.03	5321	1800	39543
59	1482	339	0.47	2.04	7061	2398	42523
60	1645	310	0.48	2.08	6038	2038	54738
61	1882	376	0.48	2.14	9087	3072	73095
62	2135	363	0.49	2.19	8718	2935	97821
63	2316	371	0.49	2.22	9279	3120	117361
64	2358	404	0.48	2.23	11022	3712	121419
65	2240	359	0.49	2.21	8616	2898	109085
66	2009	371	0.48	2.16	9008	3038	84915
67	2103	367	0.48	2.18	8894	2996	94388
68	2089	329	0.49	2.18	7163	2408	93743
69	2034	326	0.49	2.17	6977	2346	88323
70	2076	419	0.48	2.18	11530	3899	90449
71	2253	333	0.49	2.21	7428	2494	111042
72	2326	404	0.48	2.22	11002	3706	117742
73							
74							
75							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE
m/sec

VELOCITA' ONDE DI TAGLIO
m/sec



Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Te	Tempi onde di taglio	millisecondi	E _{din}	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G _{din}	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K _{din}	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
v	Coefficiente di Poisson				

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI
(NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI P.C.M. n° 3341 del 14/09/2005)

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$V_{s30} = 266-347$ m/sec
Min 3-32 m; Max 42-72 m

CATEGORIA SUOLO = **C**

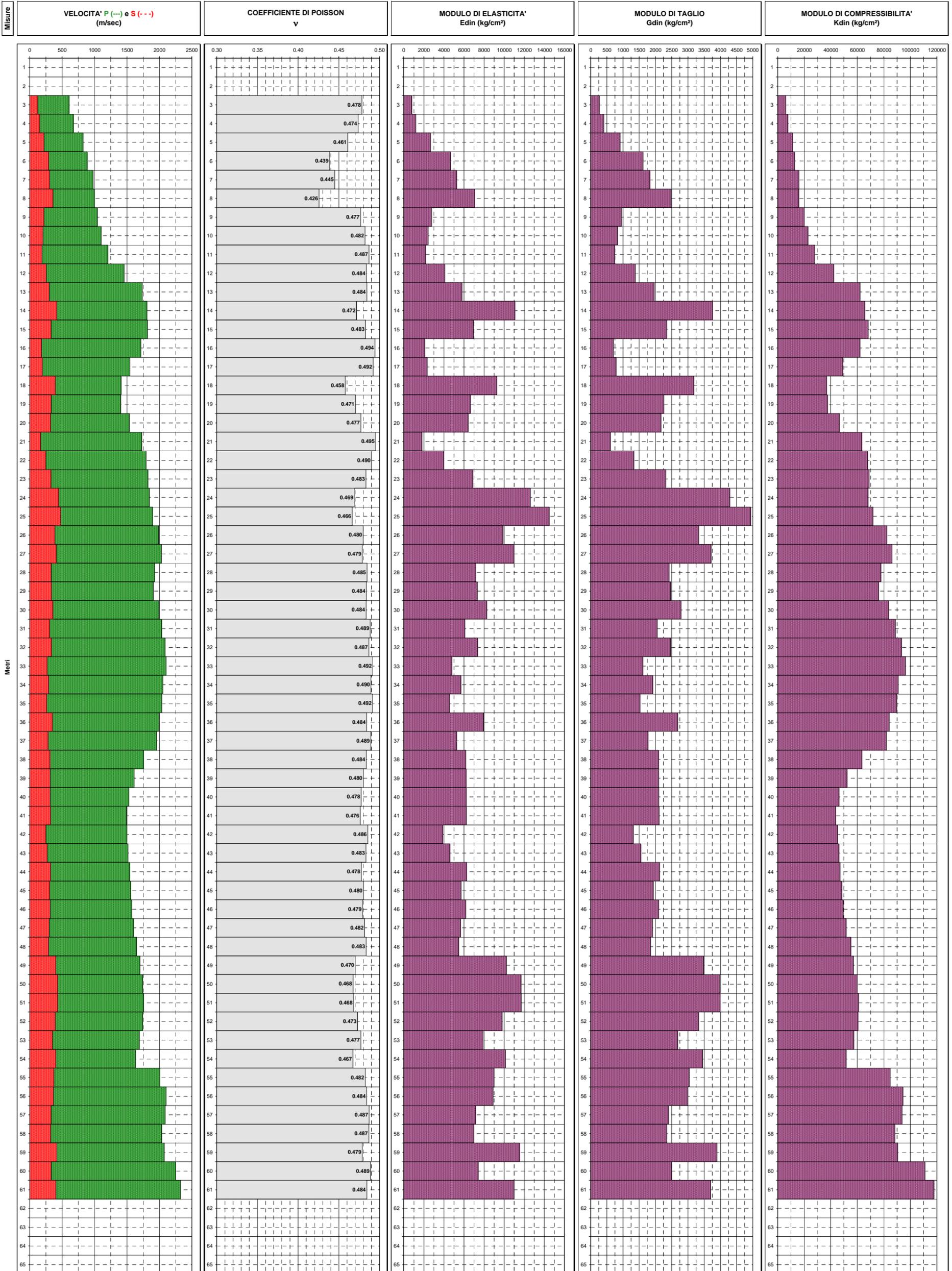
COMMITTENTE
DOWN HOLE
Località
Data acquisizione

COMUNE DI FORLÌ
S1
GIARDINI ORSELLI
20/01/2012



PROGEO S.r.l.
 Via Talete 10/B - 47100 Forlì
 tel 0543 / 723580
 fax 0453 / 721486
 e-mail: progeo@tin.it

GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI



COMMITTENTE	COMUNE DI FORLI'
CONO SISMICO	CPTU 1
Località	AEROCLUB VILAFRANCA
Data acquisizione	17/01/2012

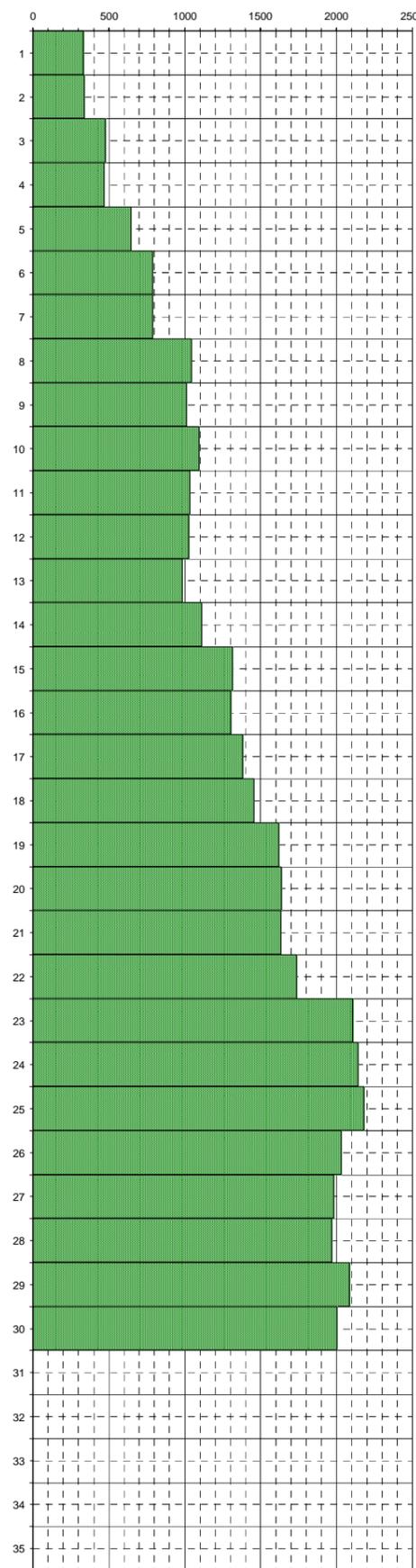
Codice lavoro **1151**



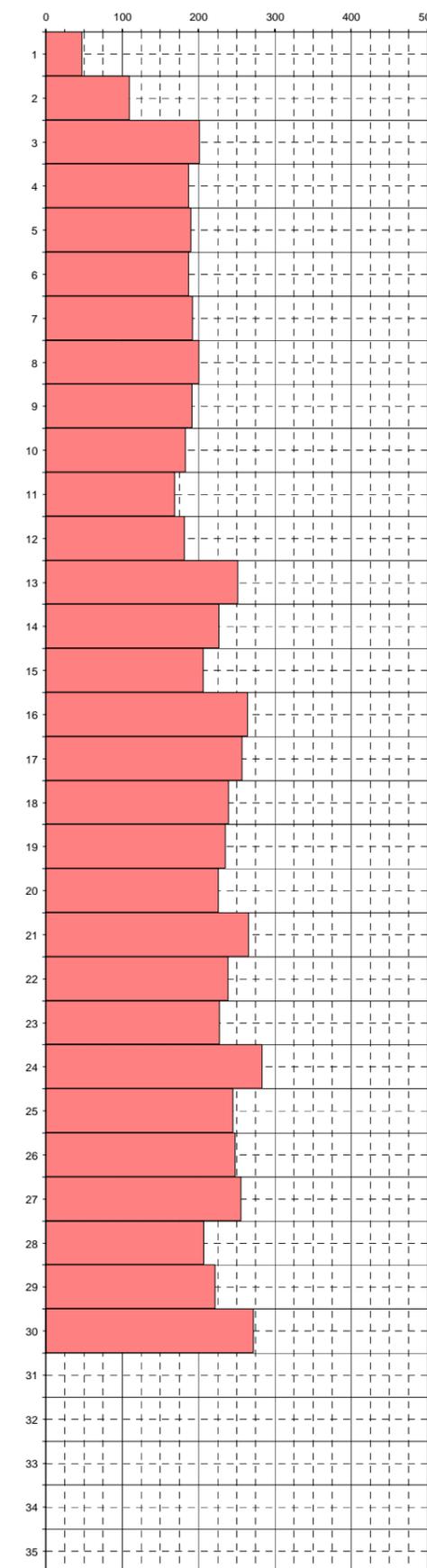
Profondità	Vp m/sec.	Vs m/sec.	v	γ T/m³	E _{din} Kg/cm²	G _{din} Kg/cm²	K _{din} Kg/cm²
------------	--------------	--------------	---	-----------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

0							
1	332	47	0.49	1.54	103	35	1680
2	339	110	0.44	1.54	544	189	1556
3	476	201	0.39	1.65	1894	681	2896
4	470	187	0.41	1.64	1644	585	2915
5	647	190	0.45	1.74	1862	641	6594
6	789	187	0.47	1.81	1902	647	10623
7	787	192	0.47	1.81	1994	679	10536
8	1044	200	0.48	1.91	2313	781	20191
9	1014	191	0.48	1.90	2098	708	18949
10	1094	183	0.49	1.93	1949	656	22621
11	1034	169	0.49	1.91	1650	555	20039
12	1025	181	0.48	1.90	1894	638	19527
13	982	251	0.46	1.89	3567	1217	16948
14	1111	227	0.48	1.93	2995	1013	22956
15	1313	206	0.49	2.00	2577	866	33939
16	1302	264	0.48	1.99	4188	1416	32512
17	1381	257	0.48	2.01	4027	1358	37344
18	1457	239	0.49	2.04	3533	1189	42434
19	1620	235	0.49	2.08	3478	1168	54027
20	1639	226	0.49	2.08	3233	1085	55533
21	1633	265	0.49	2.08	4434	1491	54567
22	1736	239	0.49	2.10	3646	1223	63051
23	2107	228	0.49	2.18	3443	1152	97250
24	2142	283	0.49	2.19	5326	1786	100041
25	2180	245	0.49	2.20	4023	1347	104648
26	2032	248	0.49	2.17	4052	1357	89444
27	1980	256	0.49	2.16	4295	1440	84298
28	1968	207	0.49	2.15	2817	943	83803
29	2084	222	0.49	2.18	3259	1091	94992
30	2003	272	0.49	2.16	4862	1631	86252
31							
32							
33							
34							
35							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESIONE
m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO
m/sec



Legenda parametri dinamici					
Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	E _{din}	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G _{din}	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K _{din}	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
v	Coefficiente di Poisson	-			

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI
(D.M. del 14/01/2008)

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad V_{s30} = 189 \text{ m/sec}$$

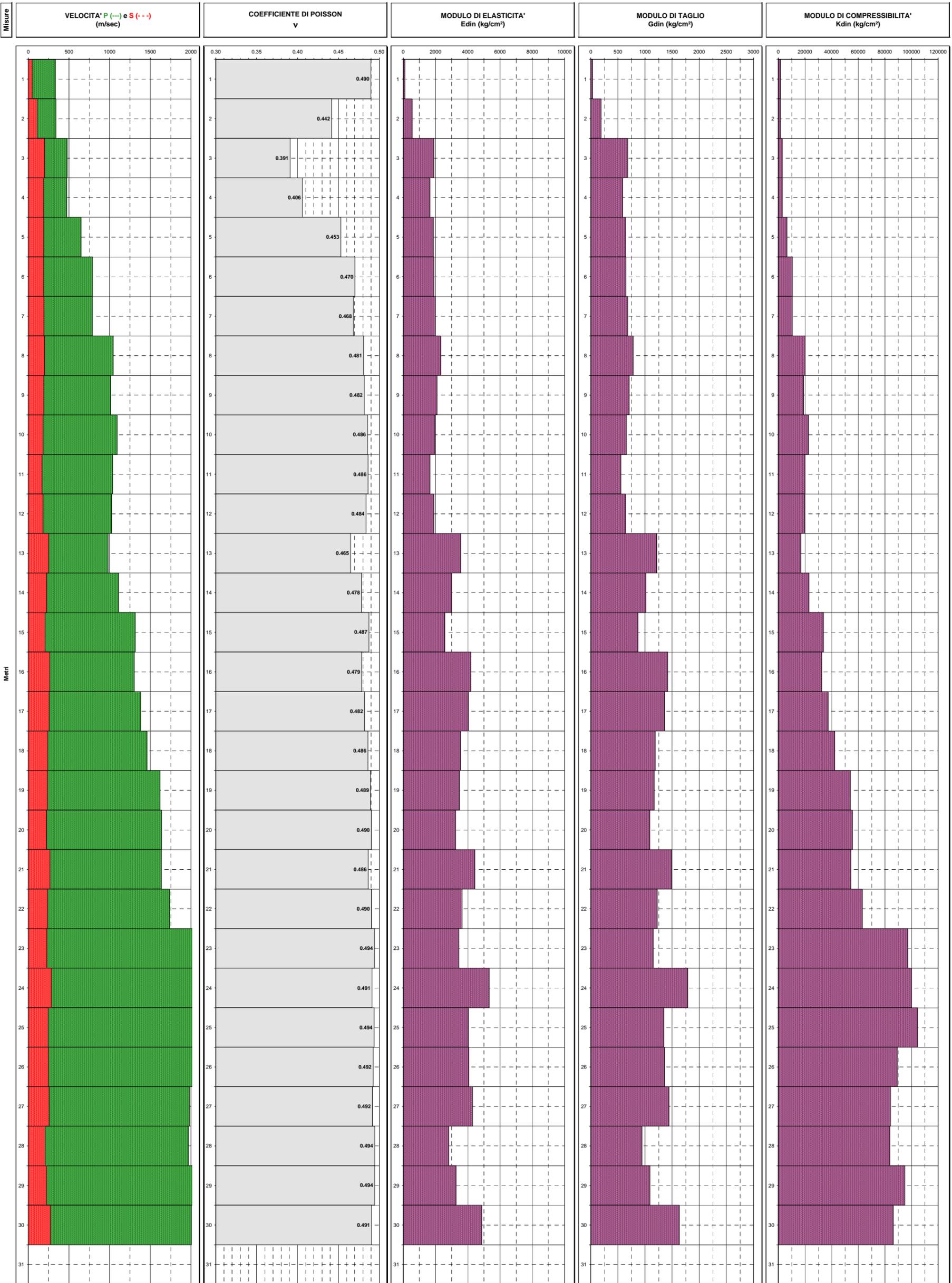
CATEGORIA SUOLO = C

COMMITTENTE
CONO SISMICO
Località
Data acquisizione

COMUNE DI FORLÌ
CPTU 1
AEROCLUB VILLAFRANCA
17/01/2012



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI



COMMITTENTE	COMUNE DI FORLI'
CONO SISMICO	CPTU 2
Località	PROTEZIONE CIVILE
Data acquisizione	16/01/2012

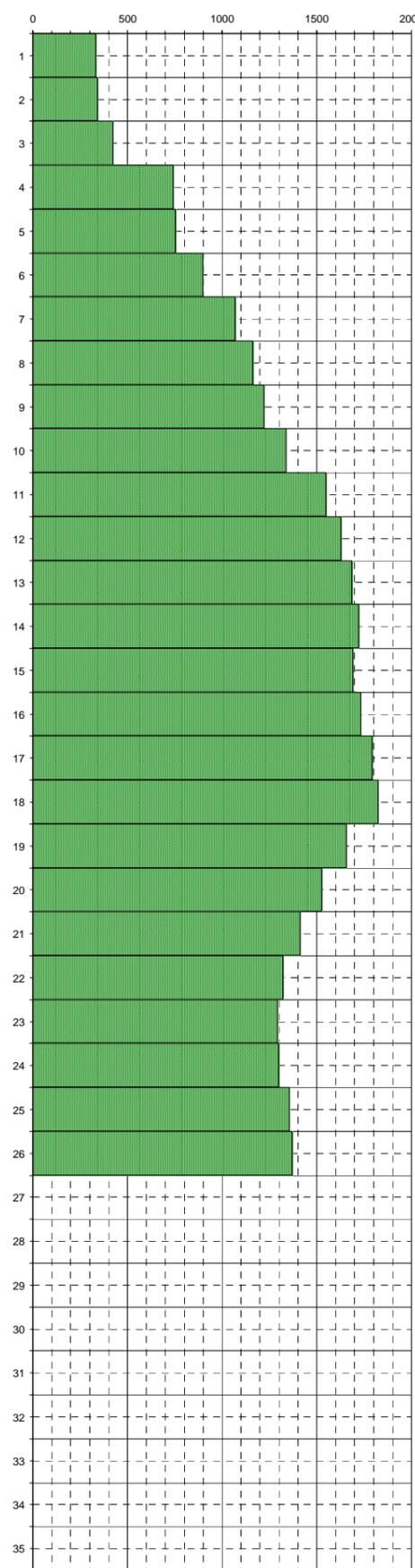
Codice lavoro **1151**



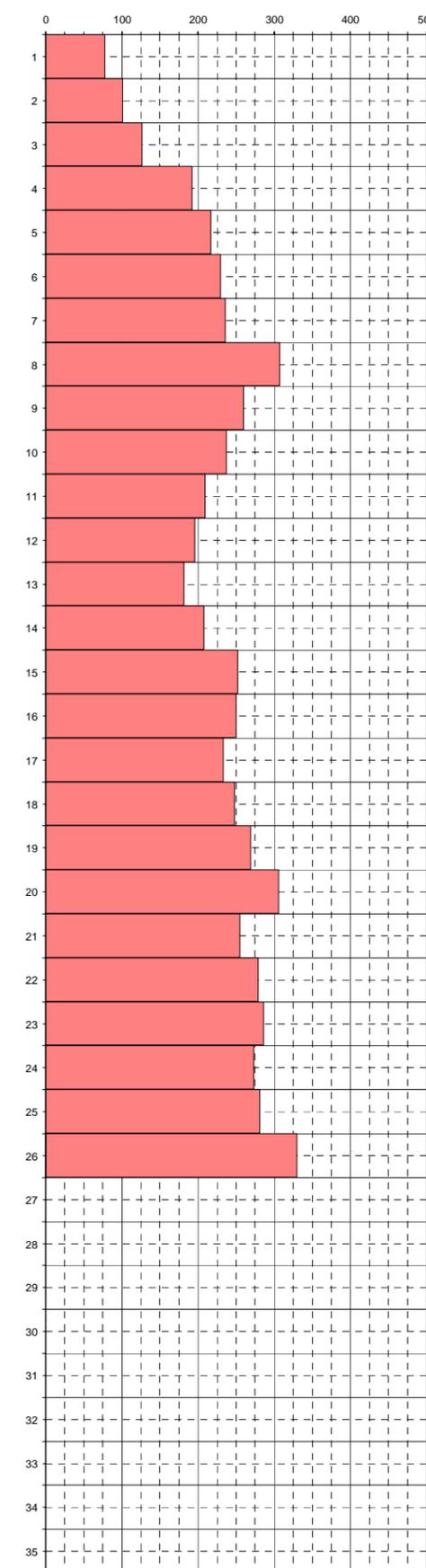
Profondità	Vp m/sec.	Vs m/sec.	v	γ T/m³	E _{din} Kg/cm²	G _{din} Kg/cm²	K _{din} Kg/cm²
------------	--------------	--------------	---	-----------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

0							
1	332	77	0.47	1.54	276	94	1602
2	341	101	0.45	1.54	468	161	1616
3	423	127	0.45	1.61	764	263	2584
4	742	192	0.46	1.79	1975	674	9149
5	753	217	0.45	1.80	2497	858	9234
6	897	230	0.46	1.86	2924	998	13892
7	1067	236	0.47	1.92	3200	1085	20810
8	1163	307	0.46	1.95	5481	1874	24404
9	1222	260	0.48	1.97	3992	1352	28153
10	1339	237	0.48	2.00	3414	1150	35050
11	1548	209	0.49	2.06	2728	915	49099
12	1629	196	0.49	2.08	2422	811	55119
13	1684	182	0.49	2.09	2107	705	59537
14	1721	208	0.49	2.10	2761	925	62192
15	1689	252	0.49	2.09	4049	1360	59057
16	1734	250	0.49	2.10	3997	1342	62690
17	1792	233	0.49	2.12	3503	1174	67731
18	1824	248	0.49	2.12	3973	1333	70258
19	1657	269	0.49	2.09	4585	1542	56333
20	1525	306	0.48	2.05	5790	1957	46026
21	1411	255	0.48	2.02	3986	1344	39257
22	1321	279	0.48	2.00	4691	1588	33399
23	1294	286	0.47	1.99	4895	1660	31746
24	1298	273	0.48	1.99	4473	1514	32157
25	1354	281	0.48	2.01	4783	1619	35375
26	1370	330	0.47	2.01	6557	2232	35482
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESIONE
m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO
m/sec



Legenda parametri dinamici					
Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	E_{din}	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G_{din}	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K_{din}	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
v	Coefficiente di Poisson	-			

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI
(D.M. del 14/01/2008)

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad V_{s30} = \text{---} \text{ m/sec}$$

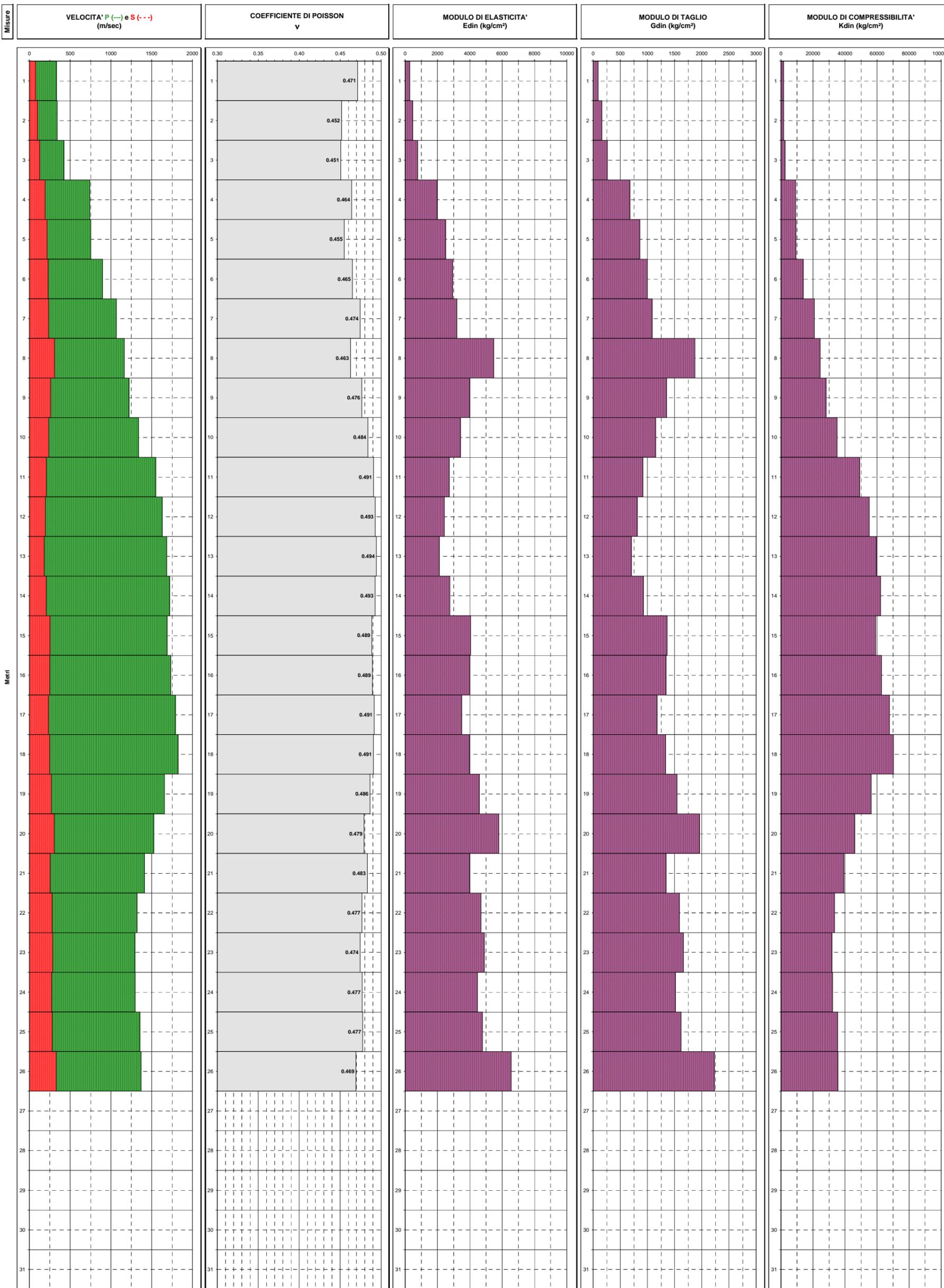
CATEGORIA SUOLO =

COMMITTENTE
CONO SISMICO
Località
Data acquisizione

COMUNE DI FORLÌ
CPTU 2
PROTEZIONE CIVILE
16/01/2012



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI



COMMITTENTE	COMUNE DI FORLI'
CONO SISMICO	CPTU 3
Località	FORLI' - PALAFIERA
Data acquisizione	17/01/2012

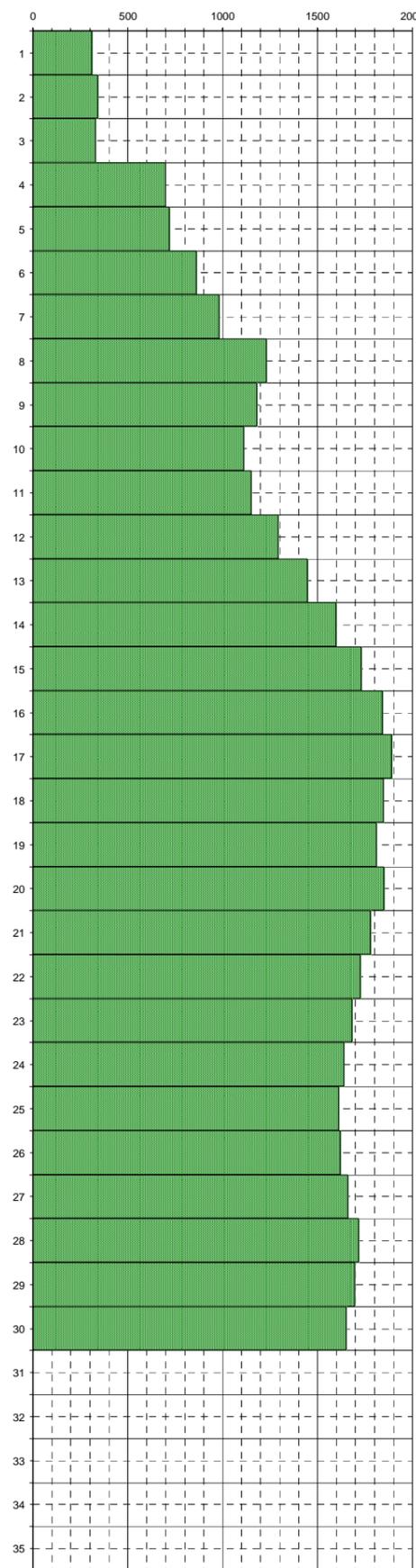
Codice lavoro **1151**



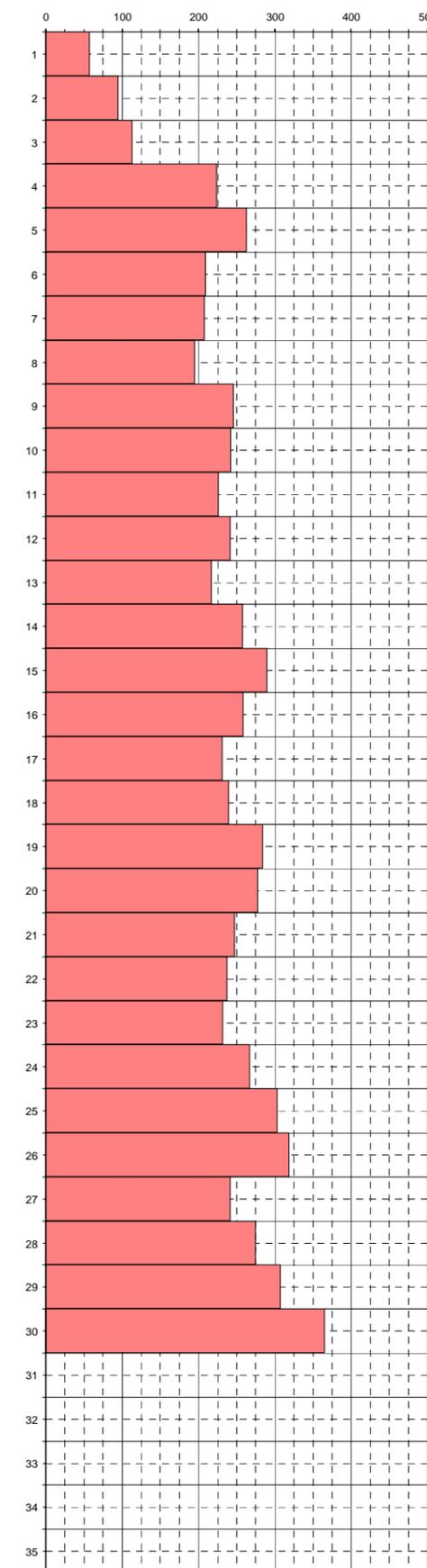
Profondità	Vp m/sec.	Vs m/sec.	v	γ T/m³	E _{din} Kg/cm²	G _{din} Kg/cm²	K _{din} Kg/cm²
------------	--------------	--------------	---	-----------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

0							
1	310	57	0.48	1.52	151	51	1418
2	341	94	0.46	1.54	409	140	1644
3	330	113	0.43	1.53	571	199	1439
4	699	224	0.44	1.77	2615	906	7608
5	720	263	0.42	1.78	3566	1253	7737
6	862	209	0.47	1.84	2413	821	12858
7	980	208	0.48	1.89	2448	829	17374
8	1230	195	0.49	1.97	2276	765	29374
9	1180	246	0.48	1.96	3560	1205	26147
10	1112	242	0.48	1.93	3414	1157	22828
11	1150	226	0.48	1.95	2995	1012	24889
12	1292	242	0.48	1.99	3514	1186	32274
13	1445	217	0.49	2.03	2901	974	41979
14	1598	257	0.49	2.07	4162	1400	52050
15	1729	289	0.49	2.10	5335	1795	61709
16	1842	258	0.49	2.13	4313	1447	71694
17	1890	231	0.49	2.14	3472	1163	76316
18	1846	239	0.49	2.13	3709	1243	72294
19	1811	284	0.49	2.12	5181	1741	68594
20	1849	277	0.49	2.13	4971	1670	72032
21	1779	247	0.49	2.11	3929	1318	66406
22	1723	238	0.49	2.10	3604	1209	62005
23	1683	232	0.49	2.09	3419	1147	58880
24	1638	267	0.49	2.08	4496	1512	54902
25	1610	303	0.48	2.07	5739	1937	52230
26	1619	319	0.48	2.08	6368	2151	52617
27	1659	242	0.49	2.09	3696	1241	56839
28	1717	275	0.49	2.10	4815	1619	60909
29	1697	307	0.48	2.10	5966	2011	58839
30	1651	365	0.47	2.08	8365	2837	54135
31							
32							
33							
34							
35							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESIONE
m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO
m/sec



Legenda parametri dinamici					
Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	E_{din}	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G_{din}	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K_{din}	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
v	Coefficiente di Poisson	-			

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI
(D.M. del 14/01/2008)

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad V_{s30} = 207 \text{ m/sec}$$

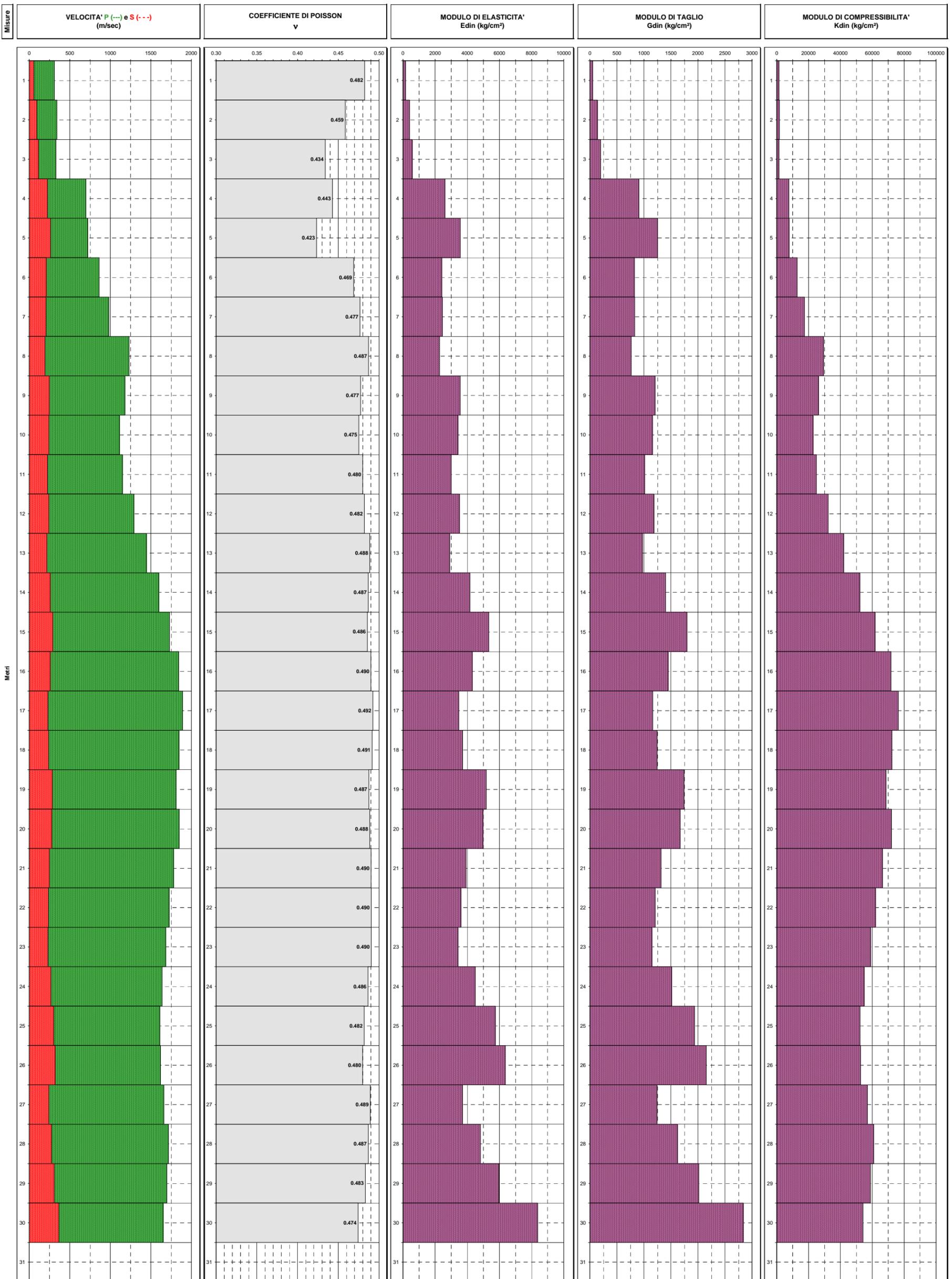
CATEGORIA SUOLO = C

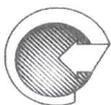
COMMITTENTE
CONO SISMICO
Località
Data acquisizione

COMUNE DI FORLI'
CPTU 3
FORLI' - PALAFIERA
17/01/2012



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI





<input checked="" type="checkbox"/>	CERTIFICATO N°:	C12-005-1	PROVA N°:	S-1
<input type="checkbox"/>	RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
	DATA DI EMISSIONE:	18/01/2012	Latitudine:	N 44,224277°
			Longitudine:	E 12,039660°

Riferimento Preventivo n°:	225-11	Commessa n°:	12-002
Verbale di accettazione n°:	VA12-005	del:	18/01/2012

Richiedente:	Dott. Gabriele Pulelli
Committente:	PROGEO s.r.l. - Via Talete 10 - 47100 Forlì
Cantiere:	Caratterizzazione sismica territorio comunale di Forlì
Località:	Forlì - area giardini Orselli

Il presente certificato di prova si compone di pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input checked="" type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT (DPSH)
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione assestimetro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata:	Ellettori EK200STR	Matricola n.:	0103
--------------------------	--------------------	---------------	------

Allegati: documentazione fotografica, schema installazione tubo down-hole

	Timbro blu sull'originale	Lo Sperimentatore:	Il Direttore del Laboratorio:

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	>6.0		>6.0									
2												
3	3.7	1.20			Limo debolmente argilloso di colore marrone chiaro - grigio con striature nere, giallastre, rossastre, con rari calcinelli . Presenza di abbondanti inclusi di macerie varie da -1.30 a -3.00 m.							
4	3.5	1.10										
5	3.3	1.10										
6	2.6	1.00										
7	2.5	1.00										
8	3.0	1.40										
9			5.90		Limo sabbioso di colore grigio - giallastro con bioclasti							
10			7.00		Limo sabbioso di colore marrone chiaro - giallastro, con rari livelli centimetrici limo argillosi con bioclasti							
11	0.9	0.50										
12	0.8	0.40										
13			8.60		Sabbia limosa di colore marrone chiaro - giallastro, con bioclasti							
14			10.60		Sabbia media - fine di colore marrone chiaro - giallastro con bioclasti							
15	1.5	0.60										
16	1.6	0.60			Limo debolmente argilloso di colore grigio - marrone chiaro con striature giallastre e con livelli centimetrici sabbiosi							
17			13.00		Sabbia limosa di colore grigio - giallastro				13.60			
18			15.00		Sabbia media - fine di colore grigio con bioclasti e abbondante sostanza organica							
19	1.7	0.80										
20	1.5	0.70										
21	1.2	0.60										
22	1.2	0.60										
23	1.2	0.60			Argilla limosa di colore grigio con bioclasti e alcuni livelli millimetrici sabbiosi. Da -22.20 a -22.30 m colore grigio scuro e presenza di qualche incluso ricco di sostanza organica							
24	0.8	0.40										
25	0.8	0.40										
26	0.8	0.40										
27	1.5	0.70										
28	1.6	0.80										
29	1.5	0.70										
30			22.75		Sabbia limosa di colore grigio							
			23.10		Ghiaia media, arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore grigio							
			26.50		Limo argilloso di colore grigio - marrone chiaro , grigio da -24.0 m, con striature giallastre e lenti millimetriche sabbiose							
	2.0	1.00										
	2.0	1.00										
	2.0	1.00										

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio



(Dot. Federico Porcari)

COMMITTENTE: PROGEO s.r.l.	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 73.00
CANTIERE: Caratterizzazione sismica del sottosuolo del territorio Comune di Forlì - Giardino Orselli	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR	LATITUDINE (°): N 44.224277°	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°): E 12.039660°	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 10/01/2012-11/01/2012
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 225-11	CERTIFICATO N°: C12-005-1	RAPPORTO N°: _____
		DATA DI EMISSIONE: 18/01/2012
		PAGINA N°: 2 di 3

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
31	1.7	0.80	30.20		Limo argilloso di colore grigio - marrone chiaro, grigio da -24.0 m, con striature giallastre e lenti millimetriche sabbiose							
32			30.70		Sabbia limosa di colore grigio - giallastro							
33			32.30		Sabbia fine - media di colore grigio							
34			34.25		Sabbia media - grossa di colore grigio con bioclasti e tracce di sostanza organica da -34.10 m							
35	2.5	1.20										
36	3.0	1.40			Argilla limosa di colore grigio - giallo con alcuni calcinelli e bioclasti e con lenti millimetriche sabbiose							
37	2.1	1.00										
38	2.0	0.80										
39	3.0	1.40	37.85		Sabbia limosa di colore giallastro - grigio							
			38.00		Argilla limosa di colore grigio - giallo con alcuni calcinelli e bioclasti e con lenti millimetriche sabbiose							
			38.40		Limo sabbioso di colore grigio - giallastro con calcinelli							
40	2.0	1.00	39.40									
41	2.5	1.20			Argilla limosa di colore grigio con striature giallastre, nere, con calcinelli							
42	2.1	1.00										
43	2.5	1.20										
44	2.1	1.00										
45	2.5	1.20	42.60		Limo sabbioso di colore grigio - giallastro con calcinelli							
46	3.2	1.60	43.00		Sabbia limosa di colore grigio							
47	3.0	1.30										
48	2.5	1.20	44.60		Argilla limosa di colore grigio con rare striature nere e giallastre, con bioclasti e abbondanti calcinelli da -46.70 m							
49	3.3	1.60										
50	3.5	1.70										
51	4.7		47.20		Sabbia limosa di colore grigio - giallastro							
52												
53	2.1	0.90			Alternanza decimetrica, con passaggi graduali, di limo argilloso e sabbia limosa di colore grigio - giallastro							
54	3.2	1.20										
55	2.2	1.00										
56	3.0	1.30	50.00		Argilla limosa di colore grigio con rari bioclasti e lenti millimetriche sabbiose							
57	3.0	1.30										
58	2.5	1.20	54.00		Limo sabbioso di colore grigio							
59	1.80											
60	3.5	1.60	55.80		Sabbia fine - media di colore grigio							
	3.0	1.30	56.50									
	3.0	1.40	58.10		Argilla limosa di colore grigio, grigio scuro da -59.70 a -60.00 m, con striature nere, bioclasti e lenti millimetriche sabbiose. Presenti calcinelli da -60.50 m							
	3.2	1.30										
	3.0	1.30										

Lo Sperimentatore




Il Direttore del Laboratorio

 SOGEO S.R.L.
 (Dott. Federico Porcari)

 SOGEO <small>S.R.L.</small> INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA) Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C Decr. n. 005754 del 05/07/2010	COMMITTENTE: PROGEO s.r.l.	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 73.00
	CANTIERE: Caratterizzazione sismica del sottosuolo del territorio Comune di Forlì - Giardino Orselli	QUOTA (m): p.d.c.	
	PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR	LATITUDINE (°): N 44.224277°	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°): E 12.039660°	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 10/01/2012-11/01/2012	
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 225-11	CERTIFICATO N°: C12-005-1	RAPPORTO N°: _____	DATA DI EMISSIONE: 18/01/2012
			PAGINA N°: 3 di 3

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm ²]	Vane Test [daN/cm ²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
61	1.7	0.80			Argilla limosa di colore grigio, grigio scuro da -59.70 a -60.00 m, con striature nere, bioclasti e lenti millimetriche sabbiose. Presenti calcinelli da -60.50 m							
	1.5	0.80										
62	1.5	0.70										
	1.7	0.80										
63	3.1	1.30										
	2.6	1.20										
	2.0	1.00										
64	2.7	1.20	63.45		Sabbia limosa di colore grigio							
65	1.7	0.80	64.80		Limo argilloso di colore grigio con livelli millimetrici sabbiosi							
			65.30									
66					Sabbia limosa di colore grigio							
	2.6	1.10	66.00									
67	2.2	1.00			Argilla limosa di colore grigio con alcune striature marroni chiare e bluastre. Presenti alcuni bioclasti e livelli millimetrici sabbiosi							
68												
69												
70			69.60									
	2.1	0.90			Limo con argilla, debolmente sabbioso, di colore grigio. Da -70.50 a -71.40 m colore grigio con variegature grigio scuro, con calcinelli							
71	1.8	0.80										
	2.2	1.00										
72	2.3	1.10	71.40		Sabbia limosa di colore grigio							
	2.5	1.10	71.60									
73	3.0	1.40			Argilla limosa di colore grigio con striature bluastre, con alcuni bioclasti e calcinelli							
	2.0	1.00										
74			73.00									
75												
76												
77												
78												
79												
80												

Note:
 Livello acqua rilevato a -13.60 m dal p.d.c. a fine sondaggio.

 Installato tubo in pvc Ø 3" a 71.80 m dal p.d.c. per down-hole.

Lo Sperimentatore




Il Direttore del Laboratorio



(Dot. Federico Porcari)



SOGEO[®] S.R.L.
INDAGINI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

SCHEMA INSTALLAZIONE STRUMENTI

Tube per indagine geofisica "Down-Hole"

COMMITTENTE: PROGEO s.r.l.

SONDAGGIO N° S.1

CANTIERE: Caratterizzazione sismica del sottosuolo del territorio Comune di Forlì

RIF. PREV. N: 225-11

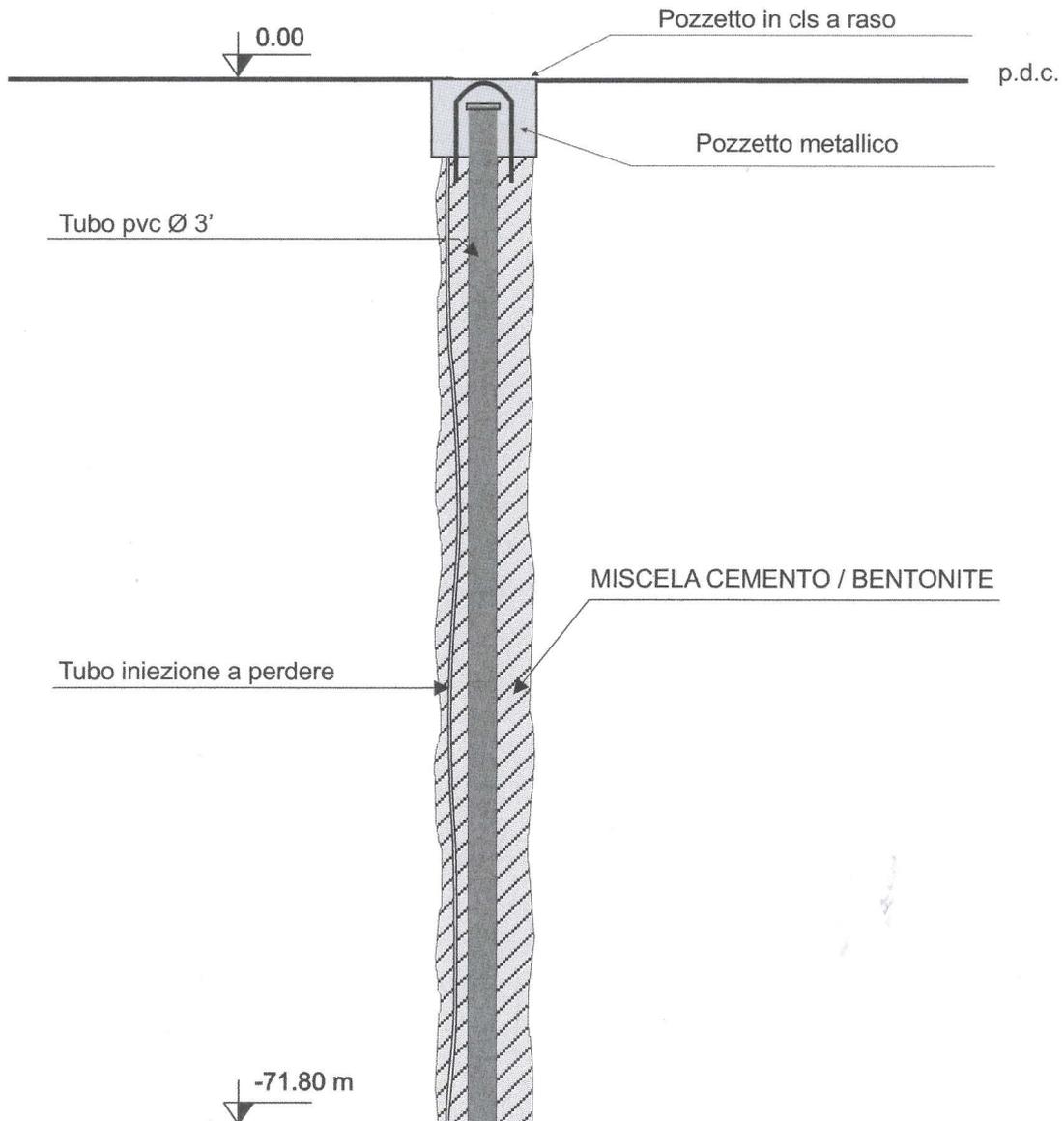
LOCALITA': Forlì

DATA DI ESECUZIONE: 11/01/2012

N° CERTIFICATO: C12-005-1

N° RAPPORTO: -----

DATA DI EMISSIONE: 18/01/2012



N.B: SCHEMA NON IN SCALA

Lo Sperimentatore	Note ed osservazioni:	Il Direttore del Laboratorio
		  (Dott. Federico Porcari)



SOGGEO
S.R.L.
INDAGINI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: soggeo@soggeo-ri.com

COMMITTENTE: PROGEO S.R.L.
RIF. N° : 225-11

LOCALITA': Forlì
ALLEGATO A: C12-005-1

SONDAGGIO N: S.1
DATA: 10/01/2012



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



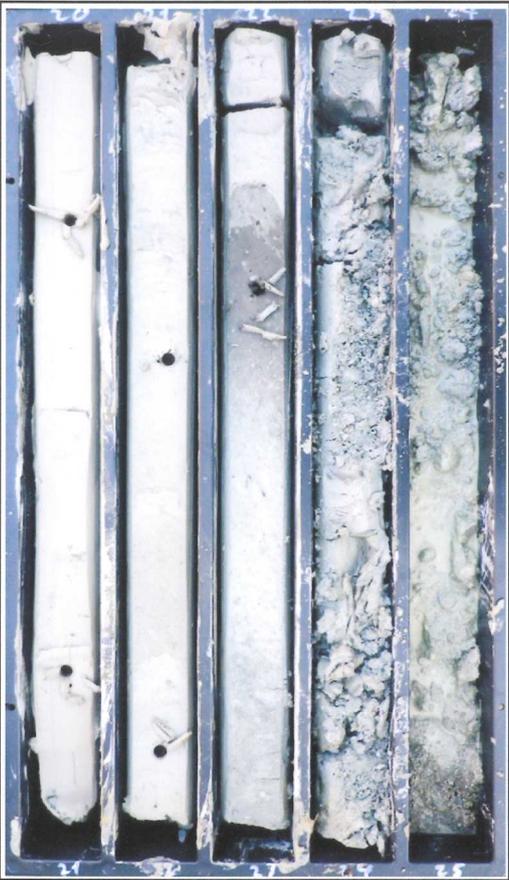
SOGGEO
S.R.L.
INDAGINI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUOGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: soggeo@soggeo-srl.com

COMMITTENTE: PROGEO S.R.L.
RIF. N° : 225-11

LOCALITA': Forlì
ALLEGATO A: C12-005-1

SONDAGGIO N: S.1
DATA: 10/01/2012

20 21 22 23 24



Cassa 5 da -20.0 a -25.0 m

21 22 23 24 25

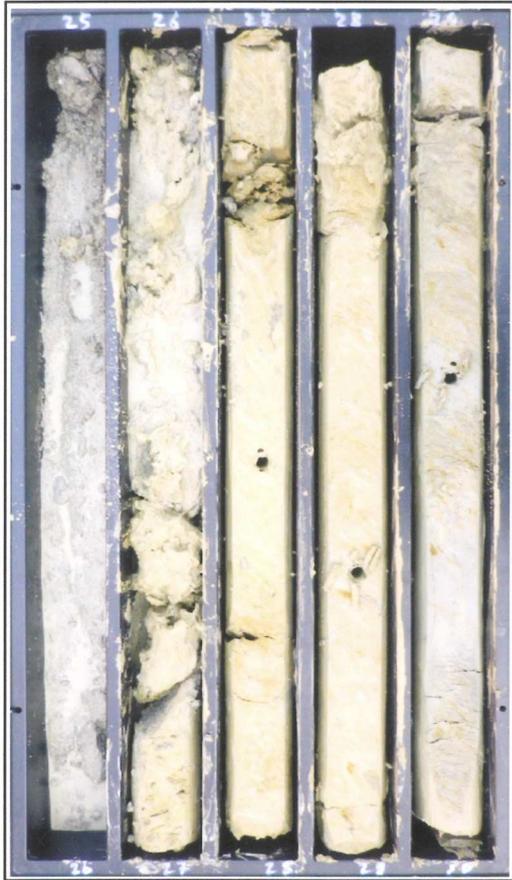
30 31 32 33 34



Cassa 7 da -30.0 a -35.0 m

31 32 33 34 35

25 26 27 28 29



Cassa 6 da -25.0 a -30.0 m

26 27 28 29 30

35 36 37 38 39



Cassa 8 da -35.0 a -40.0 m

36 37 38 39 40



SOGGEO[®]
S.R.L.
INDAGINI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: soggeo@soggeo-srl.com

COMMITTENTE: PROGEO S.R.L.
RIF. N° : 225-11

LOCALITA': Forlì
ALLEGATO A: C12-005-1

SONDAGGIO N: S.1
DATA: 10/01/2012

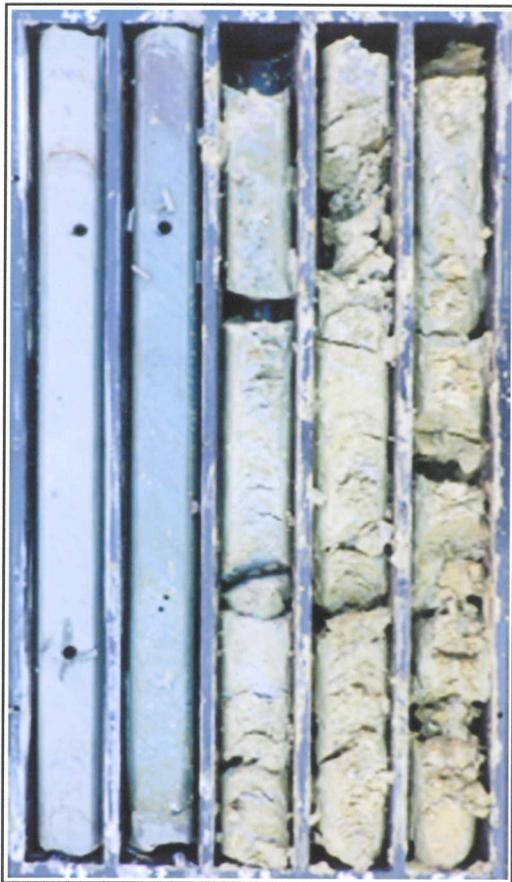
40 41 42 43 44



Cassa 9 da -40.0 a -45.0 m

41 42 43 44 45

45 46 47 48 49



Cassa 10 da -45.0 a -50.0 m

46 47 48 49 50

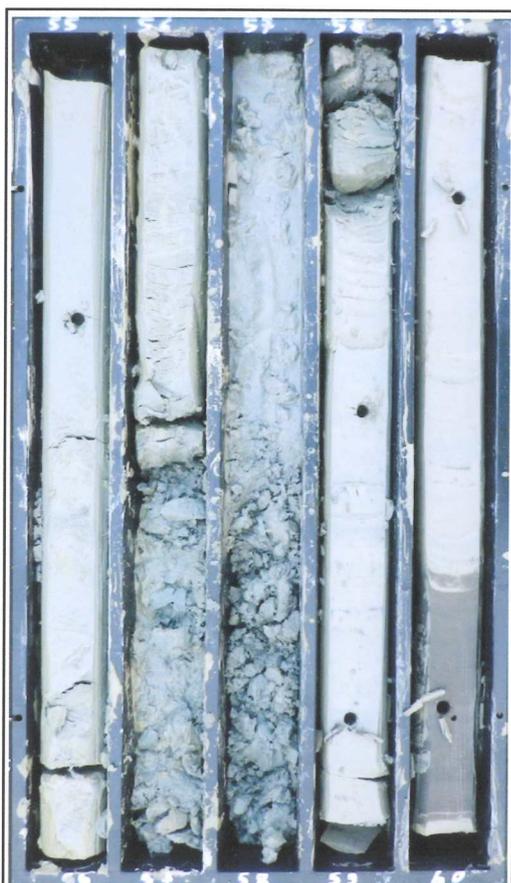
50 51 52 53 54



Cassa 11 da -50.0 a -55.0 m

51 52 53 54 55

55 56 57 58 59



Cassa 12 da -55.0 a -60.0 m

56 57 58 59 60



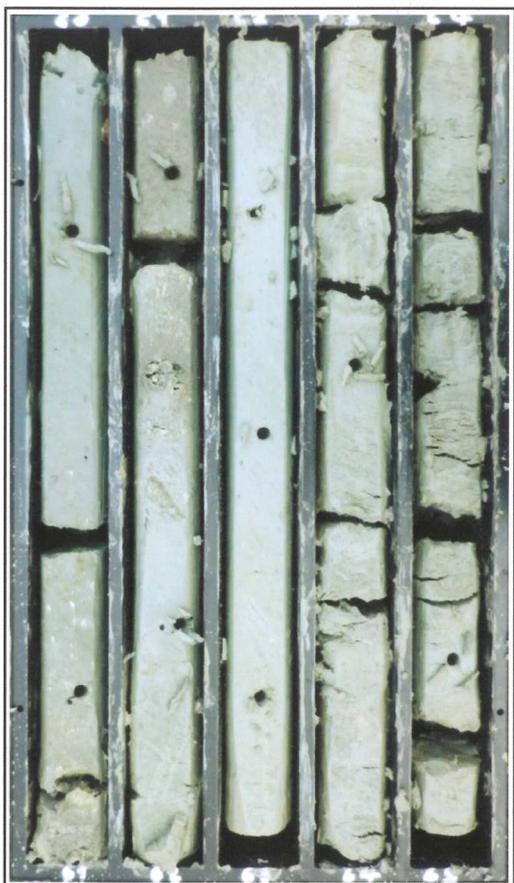
SOGGEO
S.R.L.
INDAGINI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1 - 48022 UOZZANO
Tel. 0575282042 - fax 0575344413 - E-mail: soggeo@soggeo-rl.com

COMMITTENTE: PROGEO s.r.l.
RIF. N° : 225-11

LOCALITA': Forlì
ALLEGATO A: C12-005-1

SONDAGGIO N: S.1
DATA: 10/01/2012

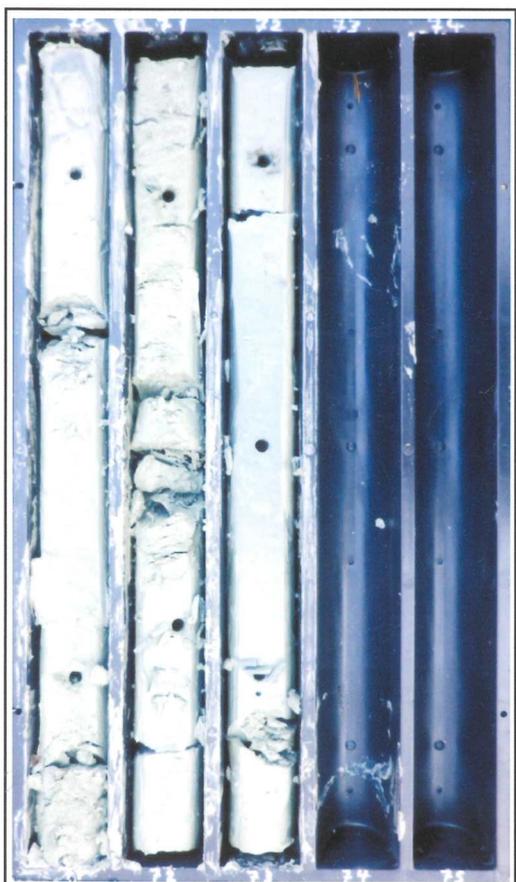
60 61 62 63 64



Cassa 13 da -60.0 a -65.0 m

61 62 63 64 65

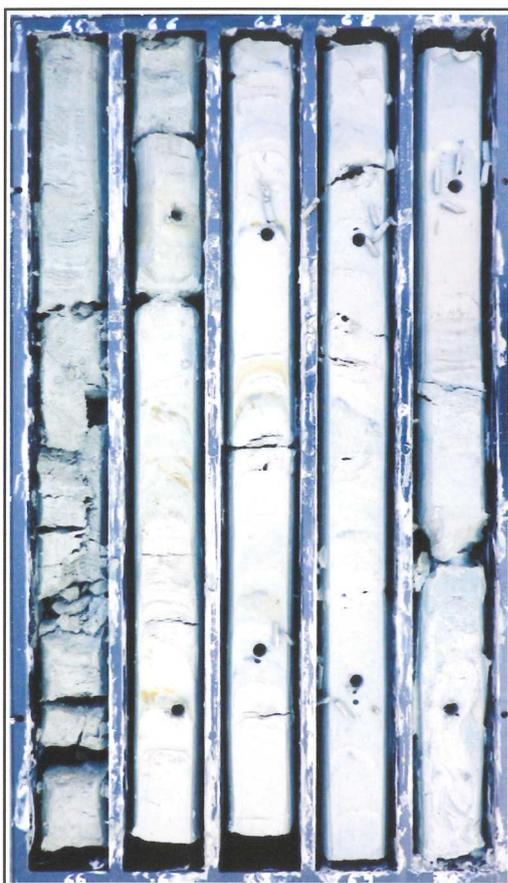
70 71 72 73 74



Cassa 15 da -70.0 a -75.0 m

71 72 73 74 75

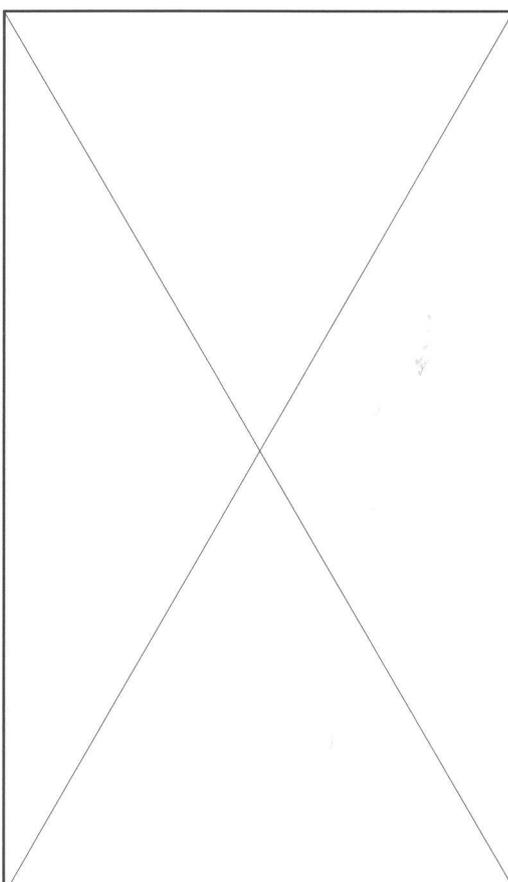
65 66 67 68 69



Cassa 14 da -65.0 a -70.0 m

66 67 68 69 70

75 76 77 78 79



Cassa 16 da -75.0 a -80.0 m

76 77 78 79 80



SOG GEO®
S.R.L.
INDAGINI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - Email: soggeo@soggeo-srl.com

COMMITTENTE: PROGEO s.r.l.

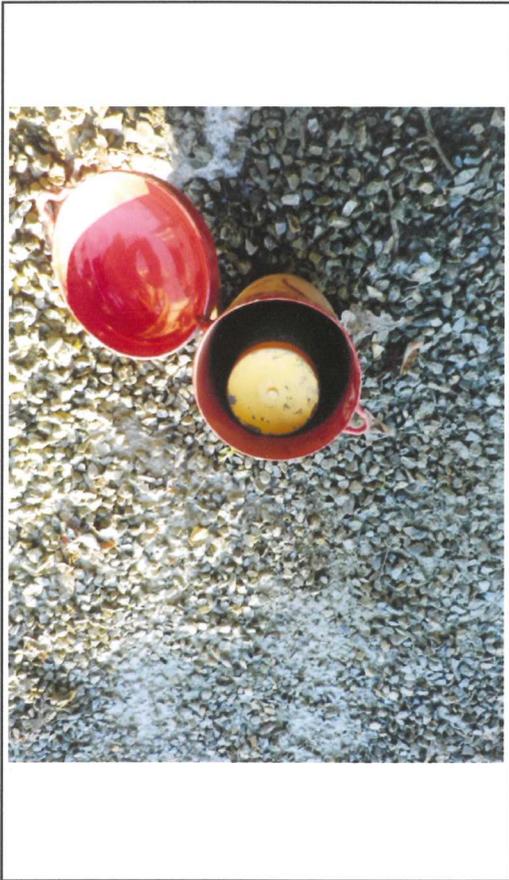
RIF. N° : 225-11

LOCALITA': Forlì

ALLEGATO A: C12-005-1

SONDAGGIO N: S.1

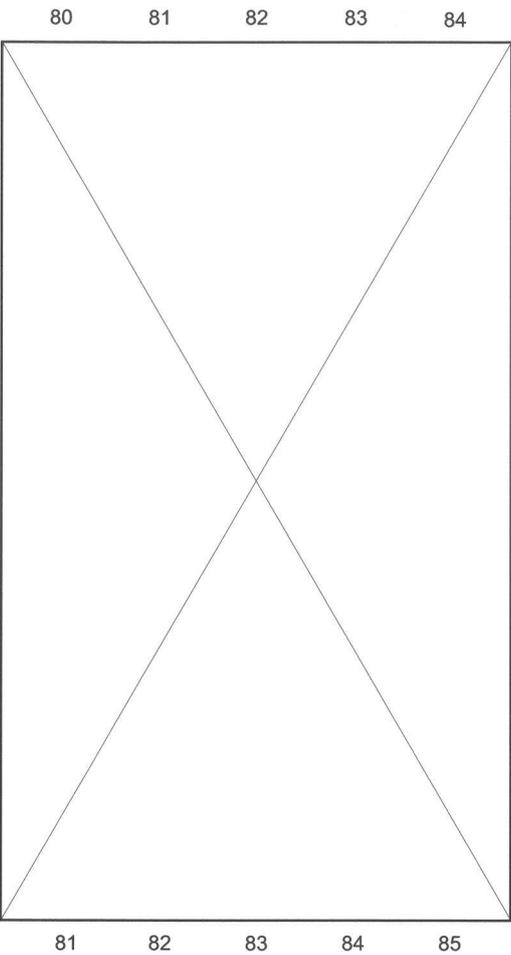
DATA: 10/01/2012



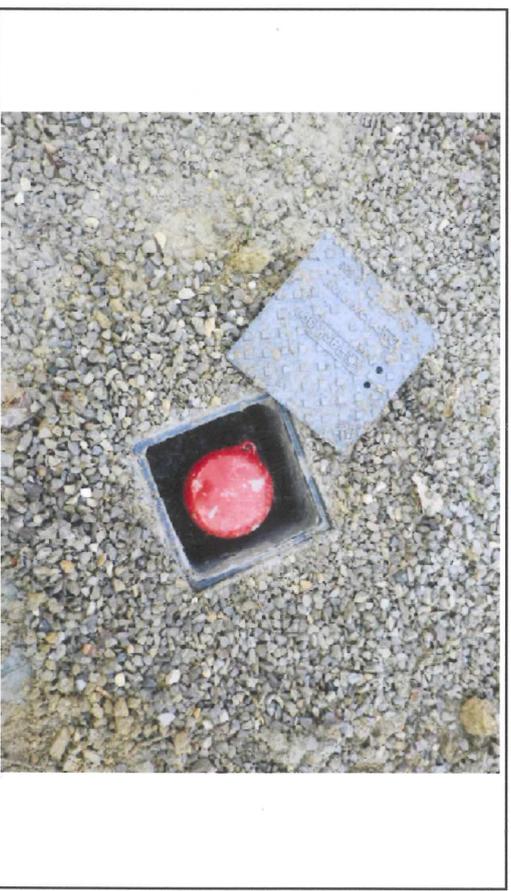
Tubo per down-hole



Posizionamento



Cassa 17 da -80.0 a -85.0 m



Pozzetto cls + pozzetto metallico



SOGEO[®] S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/>	CERTIFICATO N°:	C12-005-2	PROVA N°:	CPT-1
<input type="checkbox"/>	RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:		18/01/2012	Latitudine:	N 44,29199°
			Longitudine:	E 12,02547°

Riferimento Preventivo n°:	225-11	Commessa n°:	12-002
Verbale di accettazione n°:	VA12-005	del:	18/01/2012

Richiedente:	Dott. Gabriele Pulelli
Committente:	PROGEO s.r.l. - Via Talete 10 - 47100 Forlì
Cantiere:	Caratterizzazione sismica territorio comunale di Forlì
Località:	Villafranca (FO) - c/o Aeroclub

Il presente certificato di prova si compone di n° pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT (DPSH)
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione tubo down-hole	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata:	Pagani TG73/200	Matricola n.:	P00505 - Punta C.I.004
--------------------------	-----------------	---------------	------------------------

Allegati:

	Lo Sperimentatore:	Il Direttore del Laboratorio:
		 [Dott. Federico Porcari]

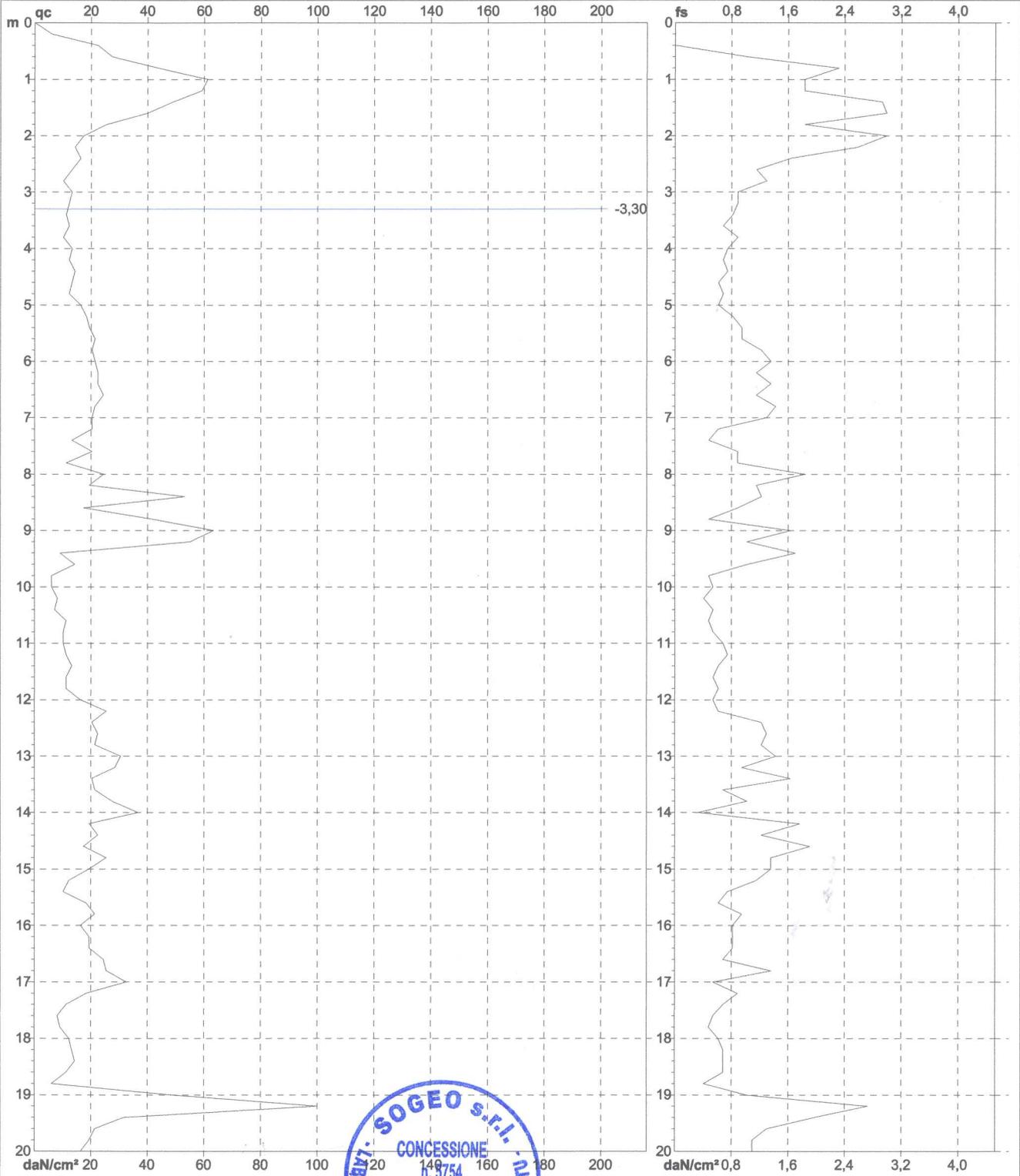
Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	225-11
certificato n°	C12-005-2

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Villafranca (FO) - c/o Aeroclub**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **16/01/2012**
 Scala: **1:100** Data certificato: **18/01/2012**
 Pagina: **1** Quota inizio:
 Elaborato: Falda: **-3,30 m**



Penetrometro: **TG73-200**
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: **m**
 Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*

(Dott. Federico Purcar) **FON000**

SOGEO s.r.l.

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA) - Tel. +39(0)54522042 - Fax. +39(0)54534443
Conc. Min. Infrastrutture e Trasporti - Settore C - Decr. n. 005754 del 01/07/2010

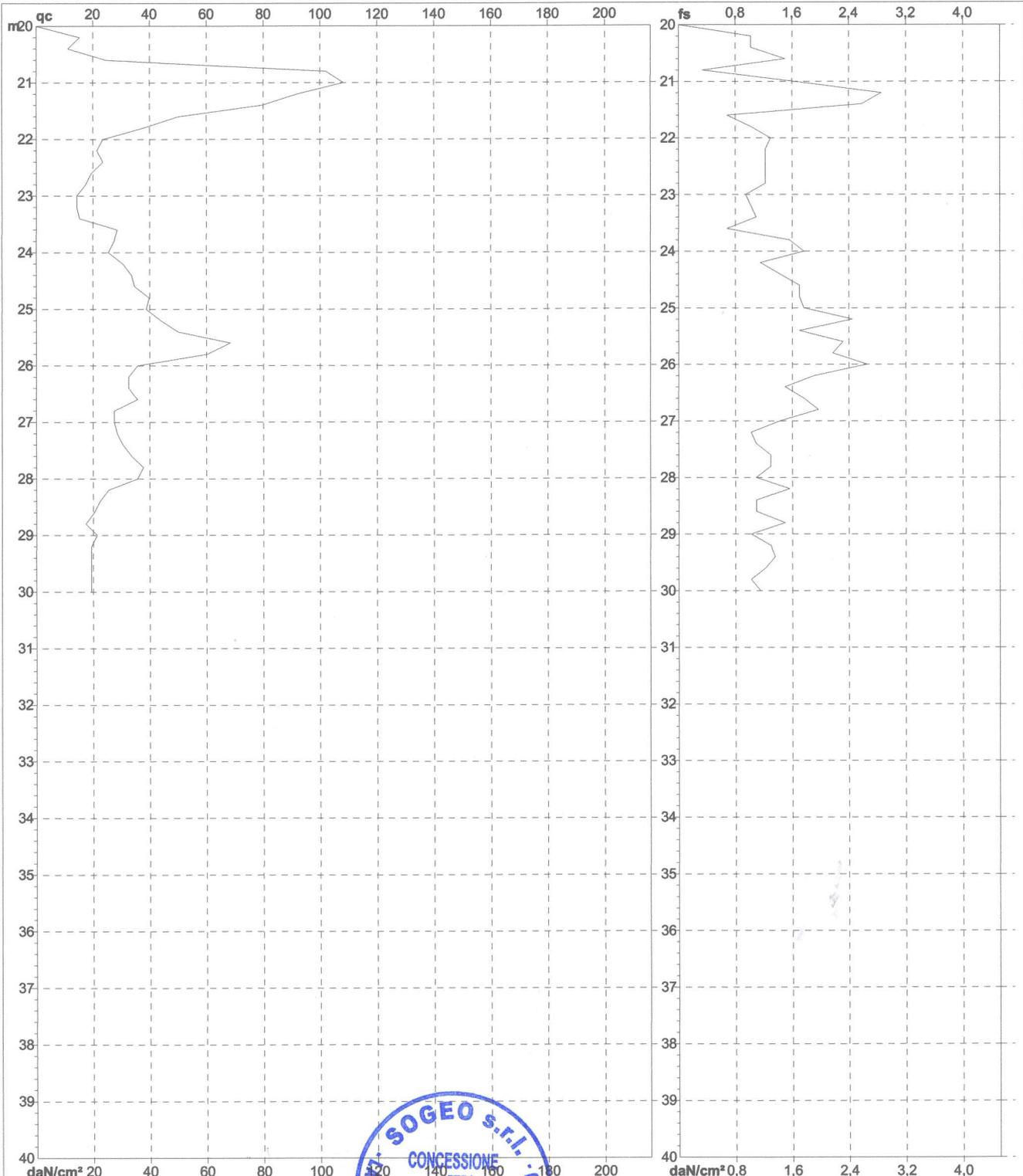
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	225-11
certificato n°	C12-005-2

Committente: **PROGEO SRL**
Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
Località: **Villafranca (FO) - c/o Aeroclub**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **16/01/2012**
Scala: **1:200** Data certificato: **18/01/2012**
Pagina: **2** Quota inizio:
Elaborato: Falda: **-3,30 m**



Penetrometro: **TG73-200**
Responsabile:
Assistente:
Data di stampa: **18/01/2012**

Preforo: m
Lo sperimentatore: *[Signature]*
Il direttore laboratorio: *[Signature]*

(Dott. Federico Forcacci) **FON000**

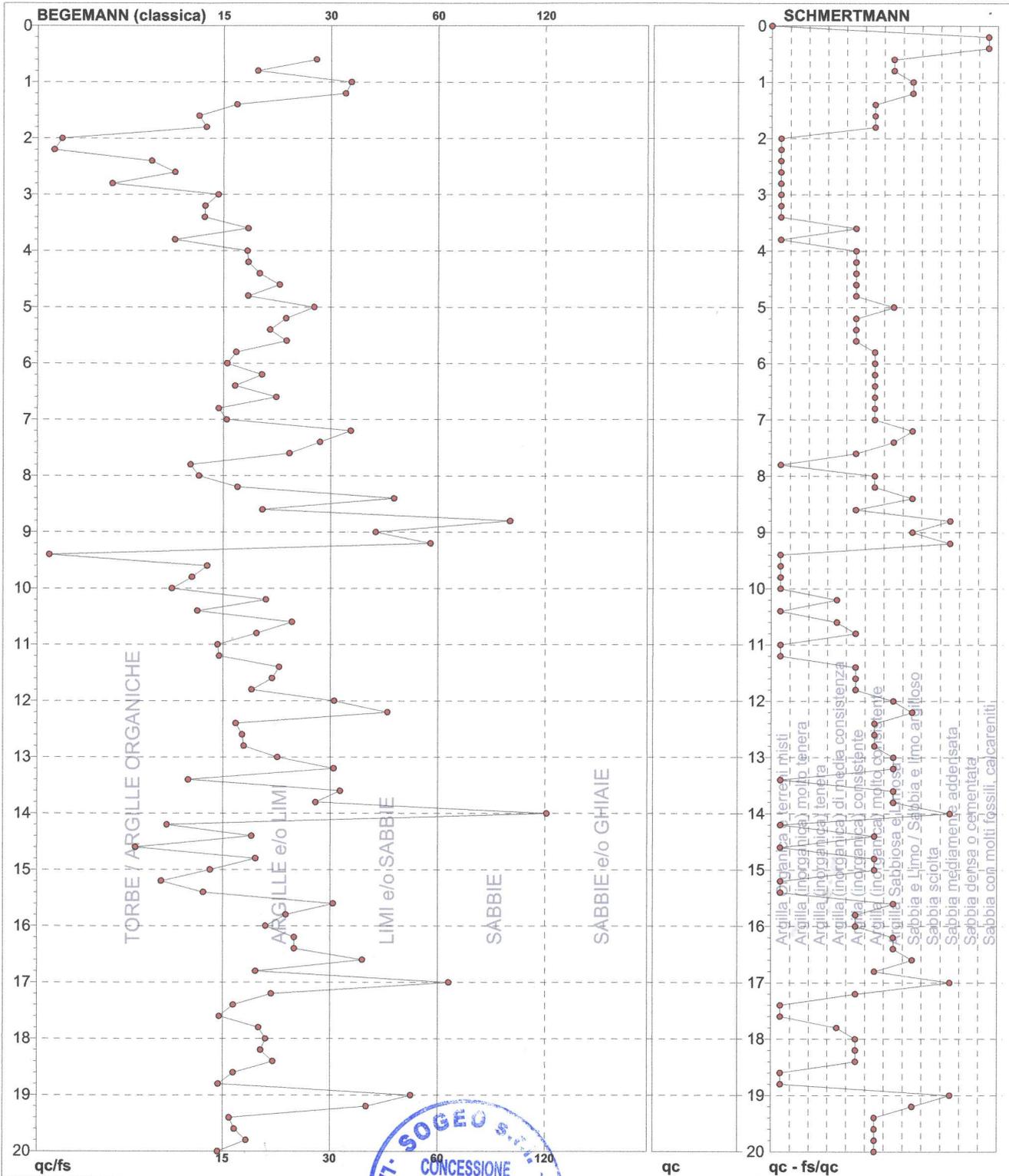
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	225-11
certificato n°	C12-005-2

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Villafranca (FO) - c/o Aeroclub**

U.M.: **daN/cm²** Data exec.: **16/01/2012**
 Scala: **1:100** Data certificato: **18/01/2012**
 Pagina: **1**
 Elaborato: Falda: **-3,30 m**



Torbe / Argille org. : 30 punti, 30,30%
 Argille e/o Limi : 54 punti, 54,55%
 Limi e/o Sabbie : 13 punti, 13,13%
 Sabbie: 3 punti, 3,03%



Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*

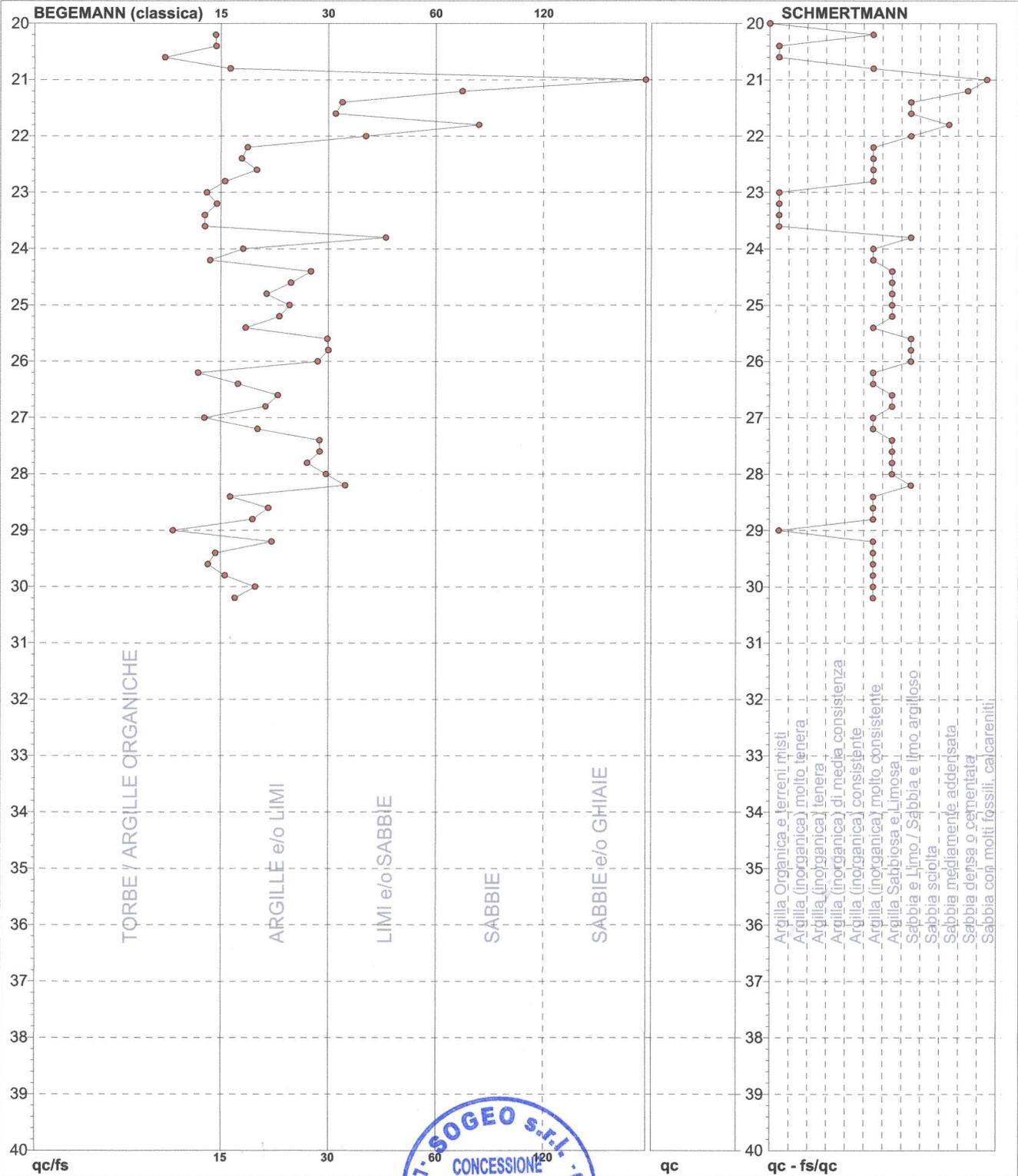
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
referimento	225-11
certificato n°	C12-005-2

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Villafranca (FO) - c/o Aeroclub**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **16/01/2012**
 Scala: **1:200** Data certificato: **18/01/2012**
 Pagina: **2**
 Elaborato: Falda: **-3,30 m**



Torbe / Argille org. :	61 punti, 61,62%
Argille e/o Limi :	31 punti, 31,31%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 5,05%
Sabbie :	2 punti, 2,02%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,01%



Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*
 (Dot. Federico Porzani)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA	CPT	1
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	riferimento	225-11
	certificato n°	C12-005-2

Committente: PROGEO SRL Cantiere: Carettizzazione sismica territorio comunale di Forlì Località: Villafranca (FO) - c/o Aeroclub	U.M.: daN/cm² Pagina: 1 Elaborato:	Data eseg.: 16/01/2012 Data certificato: 18/01/2012 Falda: -3,30 m
---	--	---

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	daN/cm²	daN/cm²	-	%	m	-	-	-	daN/cm²	daN/cm²	-	%
0,20	6,0			5,88	-0,40	-15	-6,7	15,20	12,0	29,0		11,76	1,13	11	9,4
0,40	22,0			21,56	-1,47	-15	-6,7	15,40	10,0	21,0		9,80	0,73	14	7,3
0,60	27,0	42,0		26,46	1,00	27	3,7	15,60	18,0	27,0		17,64	0,60	30	3,3
0,80	43,0	77,0		42,14	2,27	19	5,3	15,80	21,0	35,0		20,58	0,93	23	4,4
1,00	60,0	87,0		58,80	1,80	33	3,0	16,00	16,0	28,0		15,68	0,80	20	5,0
1,20	58,0	85,0		56,84	1,80	32	3,1	16,20	19,0	31,0		18,62	0,80	24	4,2
1,40	48,0	91,0		47,04	2,87	17	6,0	16,40	19,0	31,0		18,62	0,80	24	4,2
1,60	39,0	83,0		38,22	2,93	13	7,5	16,60	24,0	34,0		23,52	0,67	36	2,8
1,80	25,0	52,0		24,50	1,80	14	7,2	16,80	25,0	45,0		24,50	1,33	19	5,3
2,00	17,0	61,0		16,66	2,93	6	17,2	17,00	32,0	40,0		31,36	0,53	60	1,7
2,20	14,0	52,0		13,72	2,53	6	18,1	17,20	18,0	31,0		17,64	0,87	21	4,8
2,40	16,0	40,0		15,68	1,60	10	10,0	17,40	11,0	21,0		10,78	0,67	16	6,1
2,60	13,0	30,0		12,74	1,13	12	8,7	17,60	8,0	16,0		7,84	0,53	15	6,6
2,80	10,0	29,0		9,80	1,27	8	12,7	17,80	9,0	16,0		8,82	0,47	19	5,2
3,00	13,0	26,0		12,74	0,87	15	6,7	18,00	12,0	21,0		11,76	0,60	20	5,0
3,20	12,0	25,0		11,76	0,87	14	7,3	18,20	13,0	23,0		12,74	0,67	19	5,2
3,40	11,0	23,0		10,78	0,80	14	7,3	18,40	14,0	24,0		13,72	0,67	21	4,8
3,60	12,0	22,0		11,76	0,67	18	5,6	18,60	11,0	21,0		10,78	0,67	16	6,1
3,80	10,0	23,0		9,80	0,87	11	8,7	18,80	6,0	12,0		5,88	0,40	15	6,7
4,00	13,0	24,0		12,74	0,73	18	5,6	19,00	48,0	63,0		47,04	1,00	48	2,1
4,20	12,0	22,0		11,76	0,67	18	5,6	19,20	98,0	138,0		96,04	2,67	37	2,7
4,40	14,0	25,0		13,72	0,73	19	5,2	19,40	31,0	60,0		30,38	1,93	16	6,2
4,60	13,0	22,0		12,74	0,60	22	4,6	19,60	21,0	40,0		20,58	1,27	17	6,0
4,80	12,0	22,0		11,76	0,67	18	5,6	19,80	19,0	35,0		18,62	1,07	18	5,6
5,00	16,0	25,0		15,68	0,60	27	3,8	20,00	16,0	32,0		15,68	1,07	15	6,7
5,20	18,0	30,0		17,64	0,80	23	4,4	20,20	15,0	30,0		14,70	1,00	15	6,7
5,40	19,0	33,0		18,62	0,93	20	4,9	20,40	11,0	26,0		10,78	1,00	11	9,1
5,60	21,0	35,0		20,58	0,93	23	4,4	20,60	24,0	46,0		23,52	1,47	16	6,1
5,80	20,0	38,0		19,60	1,20	17	6,0	20,80	100,0	105,0		98,00	0,33	303	0,3
6,00	21,0	41,0		20,58	1,33	16	6,3	21,00	106,0	130,0		103,88	1,60	66	1,5
6,20	22,0	39,0		21,56	1,13	19	5,1	21,20	90,0	132,0		88,20	2,80	32	3,1
6,40	22,0	42,0		21,56	1,33	17	6,0	21,40	78,0	116,0		76,44	2,53	31	3,2
6,60	24,0	41,0		23,52	1,13	21	4,7	21,60	49,0	59,0		48,02	0,67	73	1,4
6,80	21,0	42,0		20,58	1,40	15	6,7	21,80	37,0	52,0		36,26	1,00	37	2,7
7,00	20,0	39,0		19,60	1,27	16	6,4	22,00	23,0	42,0		22,54	1,27	18	5,5
7,20	20,0	29,0		19,60	0,60	33	3,0	22,20	21,0	39,0		20,58	1,20	18	5,7
7,40	13,0	20,0		12,74	0,47	28	3,6	22,40	23,0	41,0		22,54	1,20	19	5,2
7,60	20,0	33,0		19,60	0,87	23	4,4	22,60	19,0	37,0		18,62	1,20	16	6,3
7,80	11,0	24,0		10,78	0,87	13	7,9	22,80	17,0	35,0		16,66	1,20	14	7,1
8,00	24,0	51,0		23,52	1,80	13	7,5	23,00	14,0	28,0		13,72	0,93	15	6,6
8,20	19,0	36,0		18,62	1,13	17	5,9	23,20	14,0	29,0		13,72	1,00	14	7,1
8,40	52,0	70,0		50,96	1,20	43	2,3	23,40	15,0	31,0		14,70	1,07	14	7,1
8,60	17,0	30,0		16,66	0,87	20	5,1	23,60	28,0	38,0		27,44	0,67	42	2,4
8,80	41,0	48,0		40,18	0,47	87	1,1	23,80	27,0	50,0		26,46	1,53	18	5,7
9,00	62,0	86,0		60,76	1,60	39	2,6	24,00	25,0	51,0		24,50	1,73	14	6,9
9,20	54,0	69,0		52,92	1,00	54	1,9	24,20	30,0	47,0		29,40	1,13	27	3,8
9,40	9,0	34,0		8,82	1,67	5	18,6	24,40	33,0	54,0		32,34	1,40	24	4,2
9,60	14,0	29,0		13,72	1,00	14	7,1	24,60	34,0	59,0		33,32	1,67	20	4,9
9,80	6,0	13,0		5,88	0,47	13	7,8	24,80	39,0	64,0		38,22	1,67	23	4,3
10,00	6,0	14,0		5,88	0,53	11	8,8	25,00	38,0	64,0		37,24	1,73	22	4,6
10,20	8,0	14,0		7,84	0,40	20	5,0	25,20	43,0	79,0		42,14	2,40	18	5,6
10,40	7,0	15,0		6,86	0,53	13	7,6	25,40	49,0	74,0		48,02	1,67	29	3,4
10,60	11,0	18,0		10,78	0,47	23	4,3	25,60	67,0	101,0		65,66	2,27	30	3,4
10,80	10,0	18,0		9,80	0,53	19	5,3	25,80	59,0	91,0		57,82	2,13	28	3,6
11,00	10,0	20,0		9,80	0,67	15	6,7	26,00	35,0	74,0		34,30	2,60	13	7,4
11,20	11,0	22,0		10,78	0,73	15	6,6	26,20	32,0	60,0		31,36	1,87	17	5,8
11,40	13,0	22,0		12,74	0,60	22	4,6	26,40	32,0	54,0		31,36	1,47	22	4,6
11,60	11,0	19,0		10,78	0,53	21	4,8	26,60	35,0	61,0		34,30	1,73	20	4,9
11,80	11,0	20,0		10,78	0,60	18	5,5	26,80	27,0	56,0		26,46	1,93	14	7,1
12,00	16,0	24,0		15,68	0,53	30	3,3	27,00	27,0	48,0		26,46	1,40	19	5,2
12,20	25,0	34,0		24,50	0,60	42	2,4	27,20	28,0	43,0		27,44	1,00	28	3,6
12,40	20,0	38,0		19,60	1,20	17	6,0	27,40	30,0	46,0		29,40	1,07	28	3,6
12,60	22,0	41,0		21,56	1,27	17	5,8	27,60	33,0	52,0		32,34	1,27	26	3,8
12,80	21,0	39,0		20,58	1,20	18	5,7	27,80	37,0	56,0		36,26	1,27	29	3,4
13,00	30,0	51,0		29,40	1,40	21	4,7	28,00	35,0	51,0		34,30	1,07	33	3,1
13,20	28,0	42,0		27,44	0,93	30	3,3	28,20	25,0	48,0		24,50	1,53	16	6,1
13,40	20,0	44,0		19,60	1,60	13	8,0	28,40	22,0	38,0		21,56	1,07	21	4,9
13,60	21,0	31,0		20,58	0,67	31	3,2	28,60	20,0	36,0		19,60	1,07	19	5,4
13,80	27,0	42,0		26,46	1,00	27	3,7	28,80	17,0	39,0		16,66	1,47	12	8,6
14,00	36,0	41,0		35,28	0,33	109	0,9	29,00	21,0	36,0		20,58	1,00	21	4,8
14,20	19,0	45,0		18,62	1,73	11	9,1	29,20	19,0	38,0		18,62	1,27	15	6,7
14,40	22,0	40,0		21,56	1,20	18	5,5	29,40	19,0	39,0		18,62	1,33	14	7,0
14,60	17,0	45,0		16,66	1,87	9	11,0	29,60	19,0	37,0		18,62	1,20	16	6,3
14,80	25,0	45,0		24,50	1,33	19	5,3	29,80	19,0	34,0		18,62	1,00	19	5,3
15,00	19,0	39,0		18,62	1,33	14	7,0	30,00	19,0	36,0		18,62	1,13	17	5,9



H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmiedemann ((fs / qc) * 100)

Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*
 (Doc. Federico Porcari)



SOGEO[®] S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/>	CERTIFICATO N°:	C12-005-3	PROVA N°:	CPT-2
<input type="checkbox"/>	RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:		18/01/2012	Latitudine: N	44,23869°
			Longitudine: E	12,03827°

Riferimento Preventivo n°:	225-11	Commessa n°:	12-002
Verbale di accettazione n°:	VA12-005	del:	18/01/2012

Richiedente:	Dott. Gabriele Pulelli
Committente:	PROGEO s.r.l. - Via Talete 10 - 47100 Forlì
Cantiere:	Caratterizzazione sismica territorio comunale di Forlì
Località:	Forlì (FO) - c/o Protezione Civile

Il presente certificato di prova si compone di n° pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT (DPSH)
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione tubo down-hole	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata:	Pagani TG73/200	Matricola n.:	P00505 - Punta C.I.004
--------------------------	-----------------	---------------	------------------------

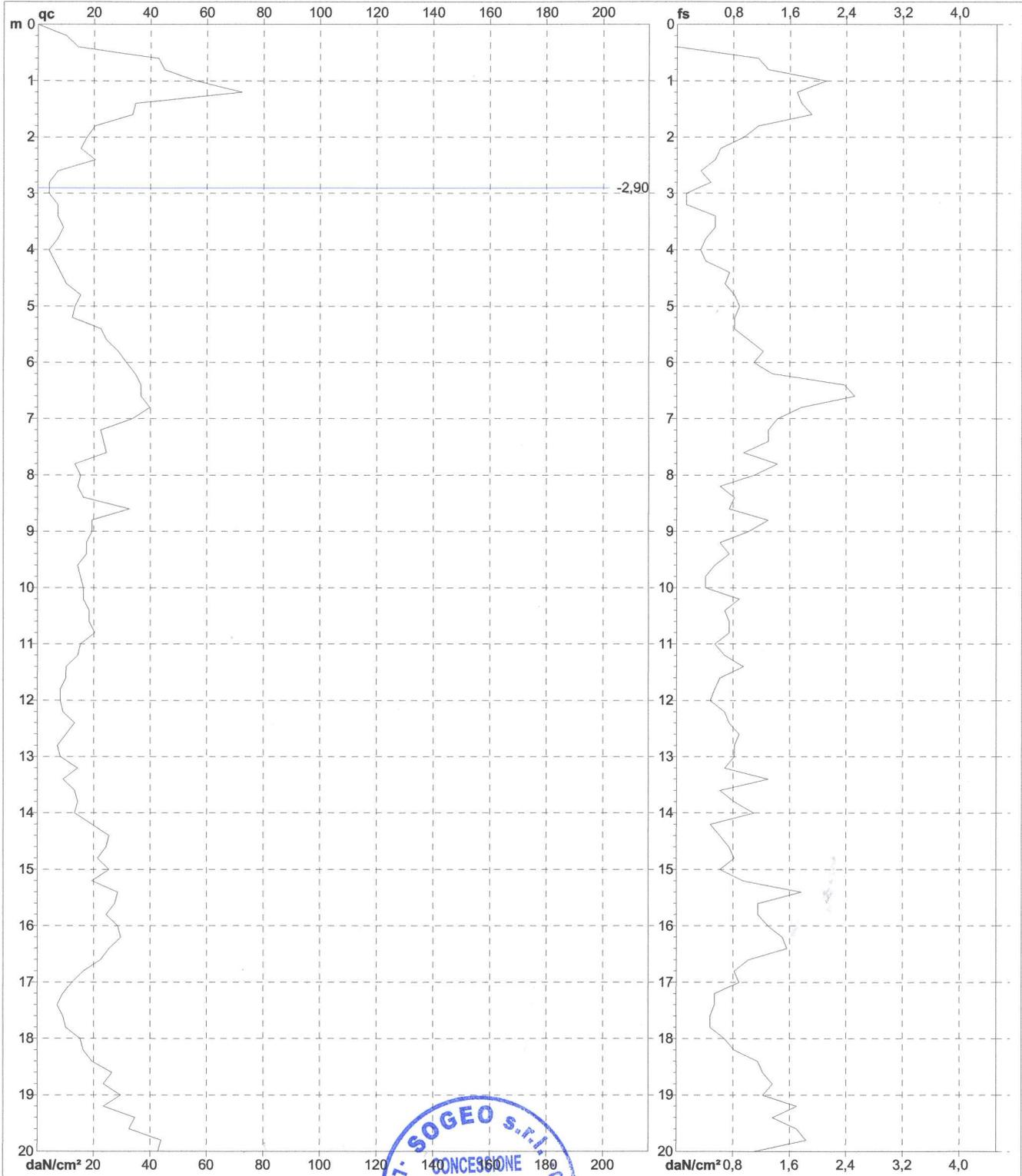
Allegati:

	Lo Sperimentatore:	Il Direttore del Laboratorio:
	<i>Carlo Zuccheri</i>	<i>Federico Porcari</i> Dott. Federico Porcari

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	CPT	2
	riferimento	225-11
	certificato n°	C12-005-3

Committente: PROGEO SRL Cantiere: Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì Località: Forlì (FO) - c/o Protezione Civile	U.M.: daN/cm² Scala: 1:100 Pagina: 1 Elaborato:	Data eseg.: 16/01/2012 Data certificato: 18/01/2012 Quota inizio: Falda: -2,90 m
--	---	--



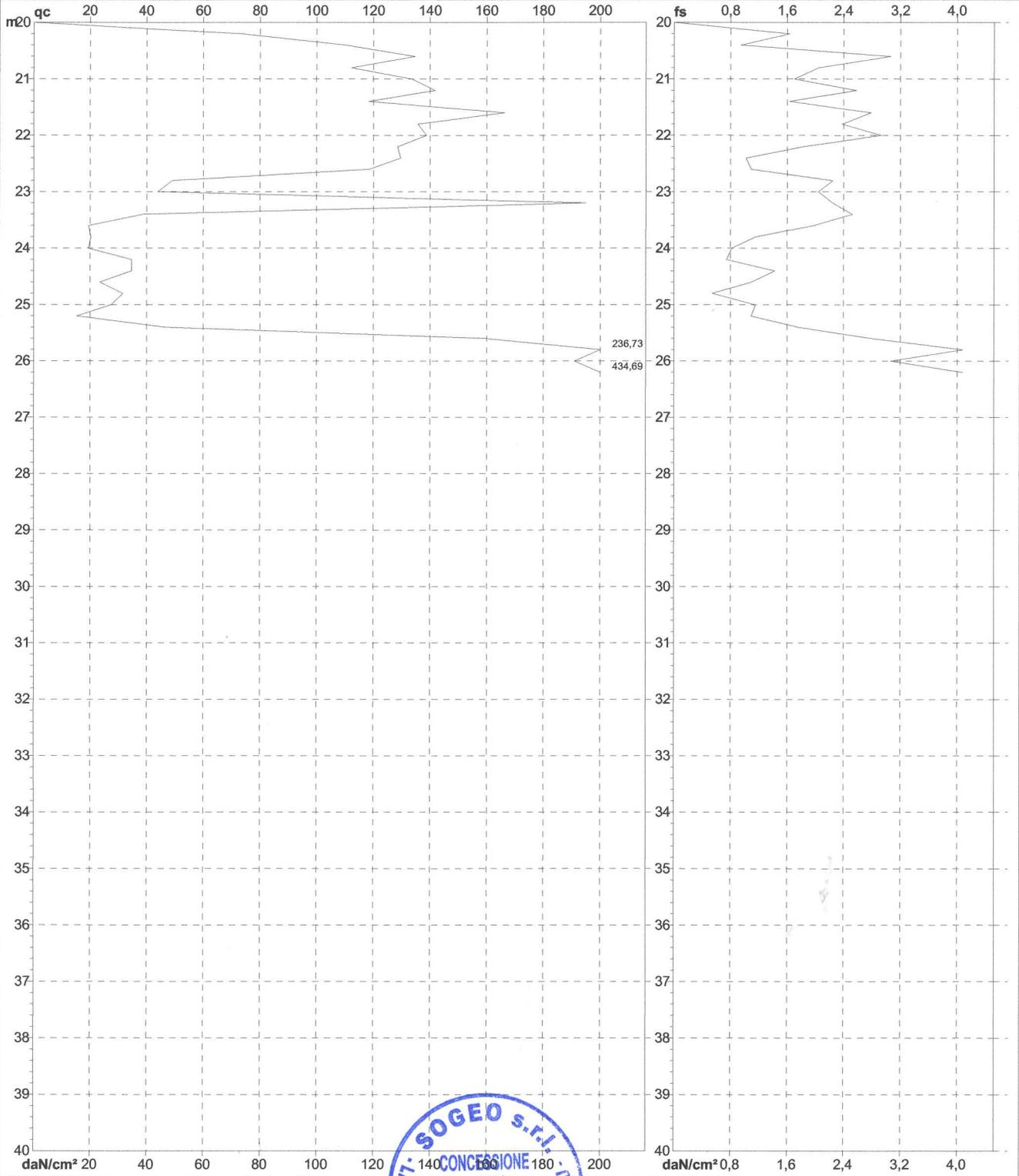
Penetrometro: TG73-200 Responsabile: Assistente:		Preforo: m Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: (Dott. Federico Porcari)
---	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
referimento	225-11
certificato n°	C12-005-3

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Forlì (FO) - c/o Protezione Civile**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **16/01/2012**
 Scala: **1:200** Data certificato: **18/01/2012**
 Pagina: **2** Quota inizio:
 Elaborato: Falda: **-2,90 m**



Penetrometro: **TG73-200**
 Responsabile:
 Assistente:



Preforo: **m**
 Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*

(Dott. Federico Porcari)

FON000

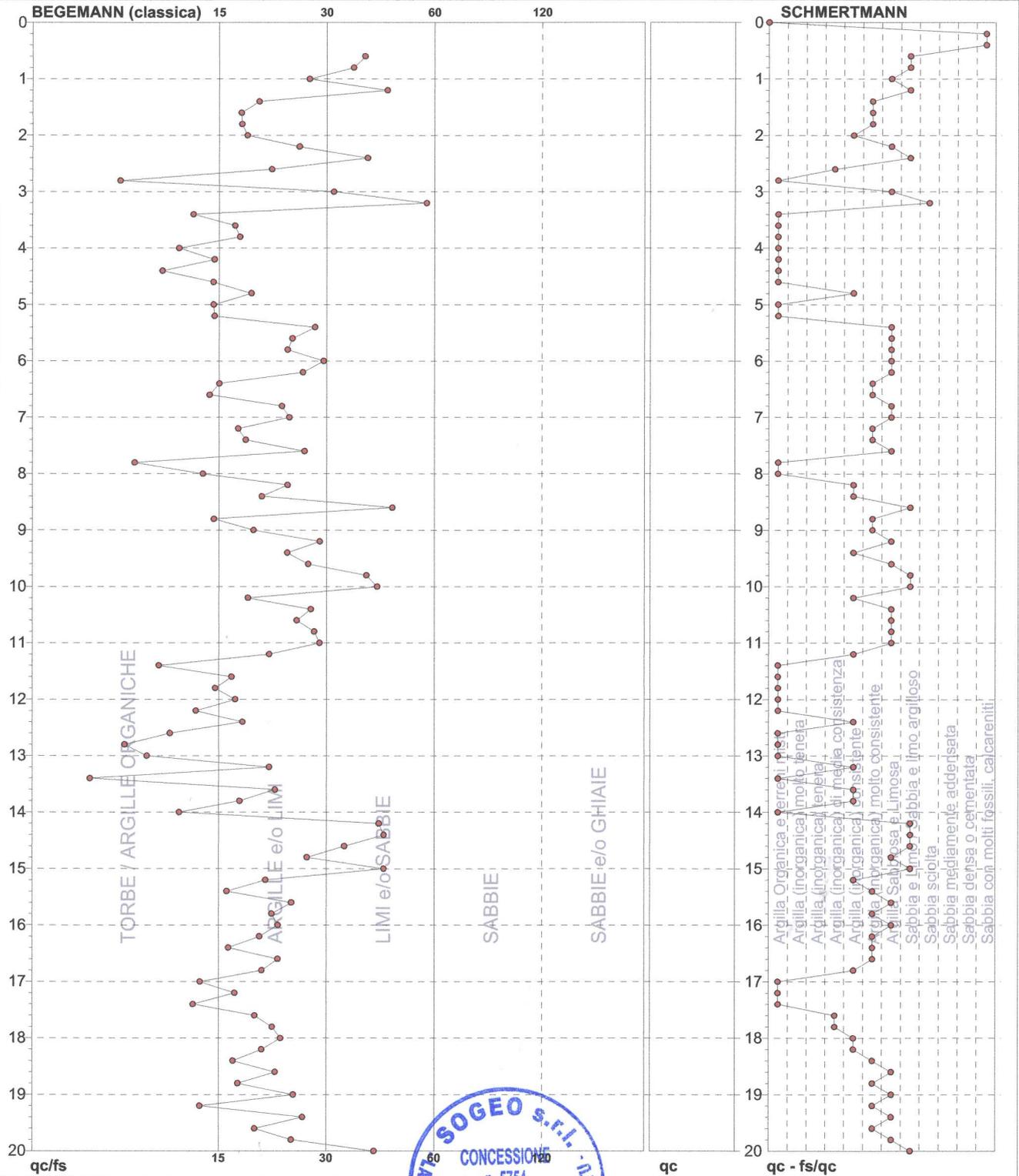
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
referimento	225-11
certificato n°	C12-005-3

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Forlì (FO) - c/o Protezione Civile**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **16/01/2012**
 Scala: **1:100** Data certificato: **18/01/2012**
 Pagina: **1**
 Elaborato: Falda: **-2,90 m**



Torbe / Argille org. : 24 punti, 24,24%
 Argille e/o Limi : 62 punti, 62,63%
 Limi e/o Sabbie : 14 punti, 14,14%



Lo sperimentatore: *[Signature]*

Il direttore laboratorio: *[Signature]*

Indagini Geognostiche
 [Dott. Federico Porcari]

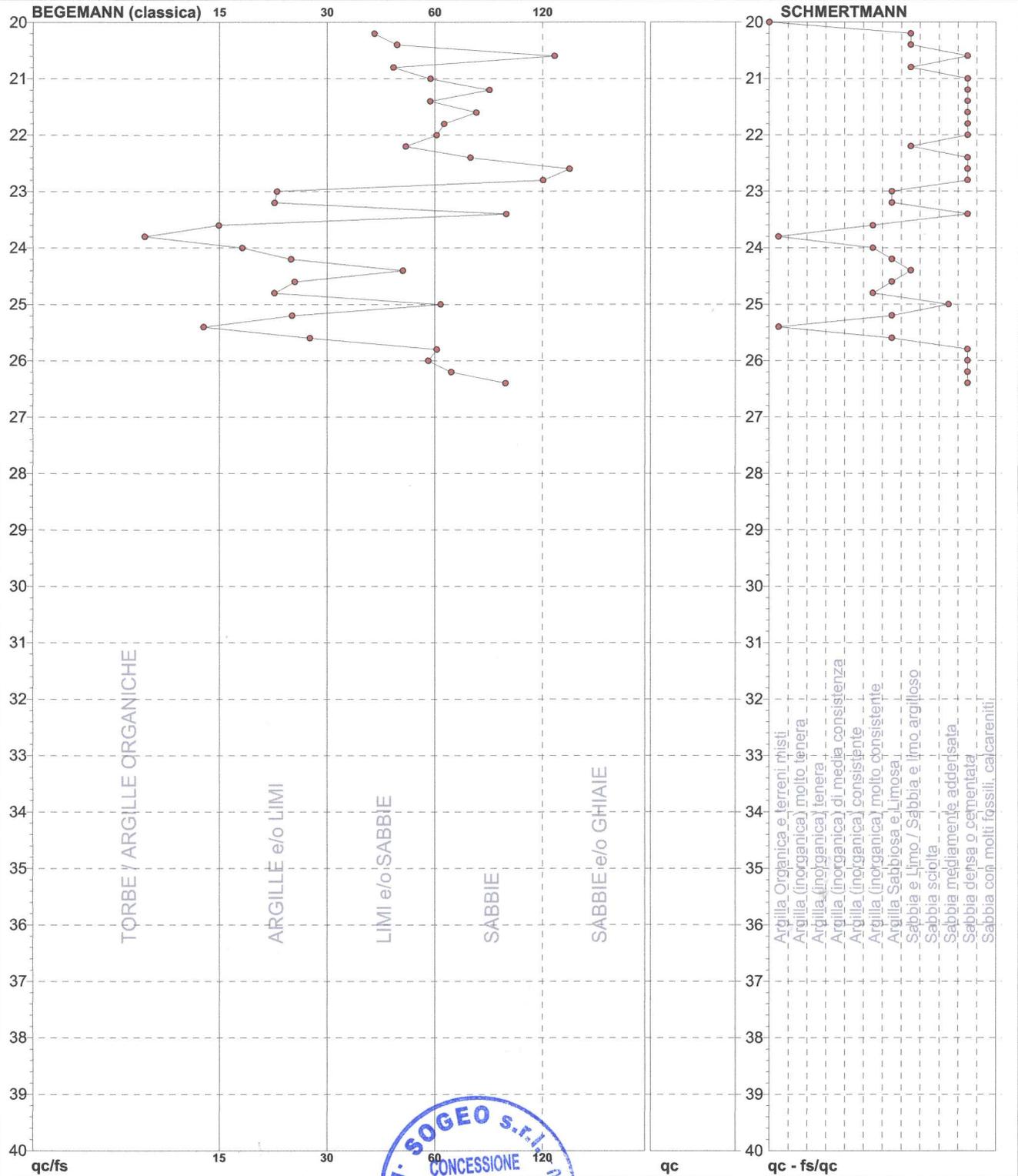
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
referimento	225-11
certificato n°	C12-005-3

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Forlì (FO) - c/o Protezione Civile**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **16/01/2012**
 Scala: **1:200** Data certificato: **18/01/2012**
 Pagina: **2**
 Elaborato: Falda: **-2,90 m**



Torbe / Argille org. :	70 punti,	70,71%
Argille e/o Limi :	9 punti,	9,09%
Limi e/o Sabbie :	12 punti,	12,12%
Sabbie:	8 punti,	8,08%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti,	1,01%



Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*

SO GEO s.r.l.

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA) - Tel. +39(0)54522042 - Fax. +39(0)54534443
 Conc. Min. Infrastrutture e Trasporti - Settore C - Decr. n. 005754 del 01/07/2010

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA	CPT	2
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	riferimento	225-11
	certificato n°	C12-005-3

Committente: PROGEO SRL Cantiere: Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì Località: Forlì (FO) - c/o Protezione Civile	U.M.: daN/cm² Pagina: 1 Elaborato:	Data eseg.: 16/01/2012 Data certificato: 18/01/2012 Falda: -2,90 m
--	--	---

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	daN/cm²	daN/cm²	-	%	m	-	-	-	daN/cm²	daN/cm²	-	%
0,20	10,0			9,80	-0,67	-15	-6,7	15,20	19,0	33,0		18,62	0,93	20	4,9
0,40	14,0			13,72	-0,93	-15	-6,6	15,40	28,0	54,0		27,44	1,73	16	6,2
0,60	42,0	59,0		41,16	1,13	37	2,7	15,60	27,0	44,0		26,46	1,13	24	4,2
0,80	44,0	63,0		43,12	1,27	35	2,9	15,80	24,0	41,0		23,52	1,13	21	4,7
1,00	55,0	86,0		53,90	2,07	27	3,8	16,00	28,0	47,0		27,44	1,27	22	4,5
1,20	71,0	96,0		69,58	1,67	43	2,4	16,20	29,0	51,0		28,42	1,47	20	5,1
1,40	34,0	60,0		33,32	1,73	20	5,1	16,40	25,0	48,0		24,50	1,53	16	6,1
1,60	33,0	61,0		32,34	1,87	18	5,7	16,60	22,0	37,0		21,56	1,00	22	4,5
1,80	20,0	37,0		19,60	1,13	18	5,7	16,80	16,0	28,0		15,68	0,80	20	5,0
2,00	17,0	31,0		16,66	0,93	18	5,5	17,00	12,0	25,0		11,76	0,87	14	7,3
2,20	15,0	24,0		14,70	0,60	25	4,0	17,20	9,0	17,0		8,82	0,53	17	5,9
2,40	20,0	28,0		19,60	0,53	38	2,7	17,40	7,0	15,0		6,86	0,53	13	7,6
2,60	7,0	12,0		6,86	0,33	21	4,7	17,60	9,0	16,0		8,82	0,47	19	5,2
2,80	4,0	11,0		3,92	0,47	9	11,8	17,80	10,0	17,0		9,80	0,47	21	4,7
3,00	4,0	6,0		3,92	0,13	31	3,3	18,00	15,0	25,0		14,70	0,67	22	4,5
3,20	7,0	9,0		6,86	0,13	54	1,9	18,20	16,0	28,0		15,68	0,80	20	5,0
3,40	7,0	15,0		6,86	0,53	13	7,6	18,40	19,0	36,0		18,62	1,13	17	5,9
3,60	9,0	17,0		8,82	0,53	17	5,9	18,60	26,0	44,0		25,48	1,20	22	4,6
3,80	7,0	13,0		6,86	0,40	18	5,7	18,80	23,0	43,0		22,54	1,33	17	5,8
4,00	4,0	9,0		3,92	0,33	12	8,3	19,00	29,0	47,0		28,42	1,20	24	4,1
4,20	6,0	12,0		5,88	0,40	15	6,7	19,20	23,0	48,0		22,54	1,67	14	7,3
4,40	8,0	19,0		7,84	0,73	11	9,1	19,40	34,0	54,0		33,32	1,33	26	3,9
4,60	10,0	20,0		9,80	0,67	15	6,7	19,60	32,0	57,0		31,36	1,67	19	5,2
4,80	15,0	27,0		14,70	0,80	19	5,3	19,80	43,0	70,0		42,14	1,80	24	4,2
5,00	13,0	26,0		12,74	0,87	15	6,7	20,00	42,0	58,0		41,16	1,07	39	2,5
5,20	12,0	24,0		11,76	0,80	15	6,7	20,20	72,0	96,0		70,56	1,60	45	2,2
5,40	22,0	34,0		21,56	0,80	28	3,6	20,40	108,0	122,0		105,84	0,93	116	0,9
5,60	24,0	39,0		23,52	1,00	24	4,2	20,60	132,0	177,0		129,36	3,00	44	2,3
5,80	28,0	46,0		27,44	1,20	23	4,3	20,80	110,0	140,0		107,80	2,00	55	1,8
6,00	31,0	47,0		30,38	1,07	29	3,5	21,00	131,0	156,0		128,38	1,67	78	1,3
6,20	34,0	54,0		33,32	1,33	26	3,9	21,20	139,0	177,0		136,22	2,53	55	1,8
6,40	36,0	71,0		35,28	2,33	15	6,5	21,40	116,0	140,0		113,68	1,60	73	1,4
6,60	36,0	73,0		35,28	2,47	15	6,9	21,60	163,0	204,0		159,74	2,73	60	1,7
6,80	39,0	65,0		38,22	1,73	23	4,4	21,80	133,0	168,0		130,34	2,33	57	1,8
7,00	33,0	54,0		32,34	1,40	24	4,2	22,00	136,0	179,0		133,28	2,87	47	2,1
7,20	22,0	41,0		21,56	1,27	17	5,8	22,20	126,0	153,0		123,48	1,80	70	1,4
7,40	23,0	42,0		22,54	1,27	18	5,5	22,40	127,0	142,0		124,46	1,00	127	0,8
7,60	24,0	38,0		23,52	0,93	26	3,9	22,60	116,0	132,0		113,68	1,07	108	0,9
7,80	13,0	34,0		12,74	1,40	9	10,8	22,80	48,0	81,0		47,04	2,20	22	4,6
8,00	15,0	31,0		14,70	1,07	14	7,1	23,00	43,0	73,0		42,14	2,00	22	4,7
8,20	14,0	23,0		13,72	0,60	23	4,3	23,20	191,0	224,0		187,18	2,20	87	1,2
8,40	16,0	28,0		15,68	0,80	20	5,0	23,40	38,0	75,0		37,24	2,47	15	6,5
8,60	32,0	43,0		31,36	0,73	44	2,3	23,60	19,0	48,0		18,62	1,93	10	10,2
8,80	19,0	38,0		18,62	1,27	15	6,7	23,80	20,0	37,0		19,60	1,13	18	5,7
9,00	19,0	34,0		18,62	1,00	19	5,3	24,00	19,0	31,0		18,62	0,80	24	4,2
9,20	17,0	26,0		16,66	0,60	28	3,5	24,20	34,0	45,0		33,32	0,73	47	2,1
9,40	17,0	28,0		16,66	0,73	23	4,3	24,40	34,0	55,0		33,32	1,40	24	4,1
9,60	14,0	22,0		13,72	0,53	26	3,8	24,60	23,0	39,0		22,54	1,07	21	4,7
9,80	15,0	21,0		14,70	0,40	38	2,7	24,80	31,0	39,0		30,38	0,53	58	1,7
10,00	16,0	22,0		15,68	0,40	40	2,5	25,00	27,0	44,0		26,46	1,13	24	4,2
10,20	16,0	29,0		15,68	0,87	18	5,4	25,20	15,0	31,0		14,70	1,07	14	7,1
10,40	18,0	28,0		17,64	0,67	27	3,7	25,40	46,0	72,0		45,08	1,73	27	3,8
10,60	18,0	29,0		17,64	0,73	25	4,1	25,60	156,0	197,0		152,88	2,73	57	1,8
10,80	20,0	31,0		19,60	0,73	27	3,7	25,80	232,0	296,0		227,36	4,27	54	1,8
11,00	15,0	23,0		14,70	0,53	28	3,5	26,00	187,0	232,0		183,26	3,00	62	1,6
11,20	14,0	24,0		13,72	0,67	21	4,8	26,20	426,0	500,0		417,48	4,93	86	1,2
11,40	10,0	24,0		9,80	0,93	11	9,3								
11,60	10,0	19,0		9,80	0,60	17	6,0								
11,80	8,0	16,0		7,84	0,53	15	6,6								
12,00	8,0	15,0		7,84	0,47	17	5,9								
12,20	9,0	19,0		8,82	0,67	13	7,4								
12,40	13,0	24,0		12,74	0,73	18	5,6								
12,60	10,0	23,0		9,80	0,87	11	8,7								
12,80	7,0	19,0		6,86	0,80	9	11,4								
13,00	8,0	20,0		7,84	0,80	10	10,0								
13,20	14,0	24,0		13,72	0,67	21	4,8								
13,40	9,0	28,0		8,82	1,27	7	14,1								
13,60	13,0	22,0		12,74	0,60	22	4,6								
13,80	14,0	26,0		13,72	0,80	18	5,7								
14,00	13,0	29,0		12,74	1,07	12	8,2								
14,20	19,0	26,0		18,62	0,47	40	2,5								
14,40	25,0	34,0		24,50	0,60	42	2,4								
14,60	24,0	35,0		23,52	0,73	33	3,0								
14,80	21,0	33,0		20,58	0,80	26	3,8								
15,00	25,0	34,0		24,50	0,60	42	2,4								



H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100

Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*

Dot. Federico Porc... FON000



SOGEO[®]
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/>	CERTIFICATO N°:	C12-005-4	PROVA N°:	CPT-3
<input type="checkbox"/>	RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:		18/01/2012	Latitudine:	N 44,24300°
			Longitudine:	E 12,07976°

Riferimento Preventivo n°: 225-11 Commessa n°: 12-002

Verbale di accettazione n°: VA12-005 del: 18/01/2012

Richiedente:	Dott. Gabriele Pulelli
Committente:	PROGEO s.r.l. - Via Talete 10 - 47100 Forlì
Cantiere:	Caratterizzazione sismica territorio comunale di Forlì
Località:	Forlì (FO) - c/o Fiera

Il presente certificato di prova si compone di n° pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT (DPSH)
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione tubo down-hole	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata: Pagani TG73/200

Matricola n.: P00505 - Punta C.I.004

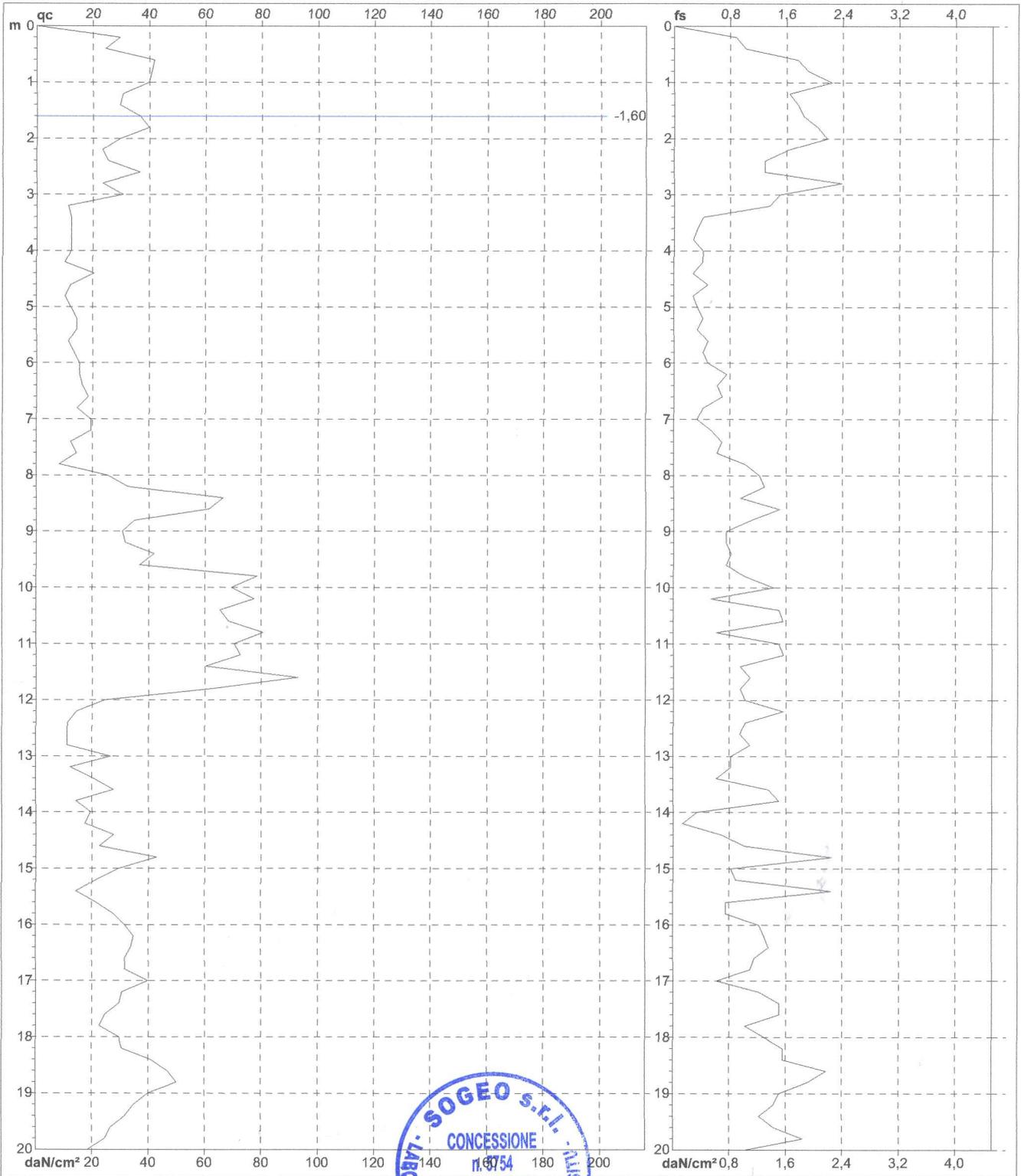
Allegati:

	Lo Sperimentatore:	Il Direttore del Laboratorio:

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	CPT	3
	riferimento	225-11
	certificato n°	C12-005-4

Committente: PROGEO SRL	U.M.: daN/cm²	Data eseg.: 17/01/2012
Cantiere: Carterizzazione sismica territorio comunale di Forlì	Scala: 1:100	Data certificato: 18/01/2012
Località: Forlì (FO) - c/o Fiera	Pagina: 1	Quota inizio:
	Elaborato:	Falda: -1,60 m



Penetrometro: TG73-200	Profora: _____ m
Responsabile:	Lo sperimentatore: <i>[Signature]</i>
Assistente:	Il direttore laboratorio: <i>[Signature]</i>

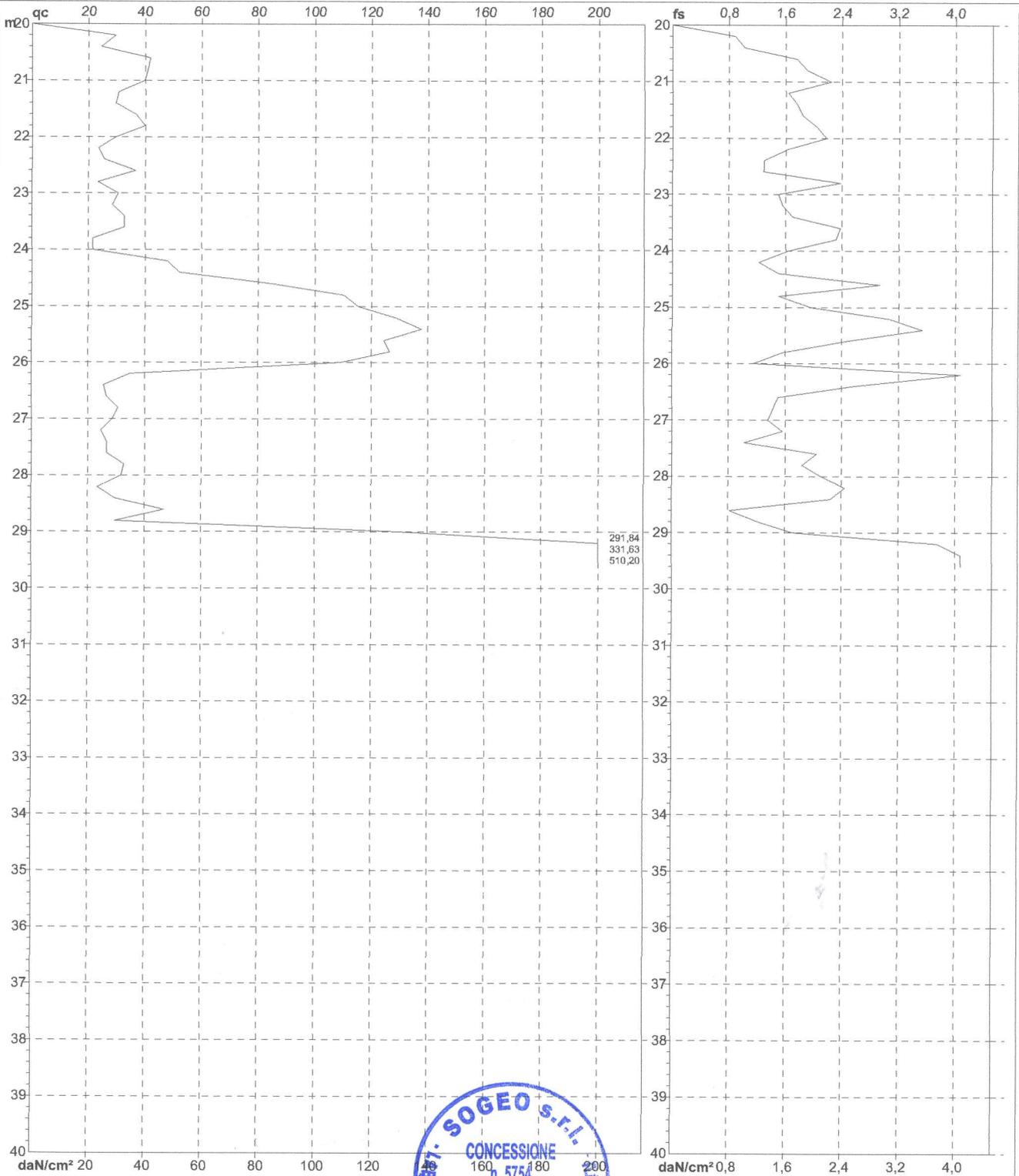
(Dot. Federico Porcari)
 FON000

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
referimento	225-11
certificato n°	C12-005-4

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carettizzazione sismica territorio comunale di Forli**
 Località: **Forli (FO) - c/o Fiera**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: 17/01/2012
 Scala: 1:200 Data certificato: 18/01/2012
 Pagina: 2 Quota inizio:
 Elaborato: Falda: -1,60 m



Penetrometro: TG73-200
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: _____ m
 Lo sperimentatore: _____
 Il direttore laboratorio: _____
 Indagini Geognostiche

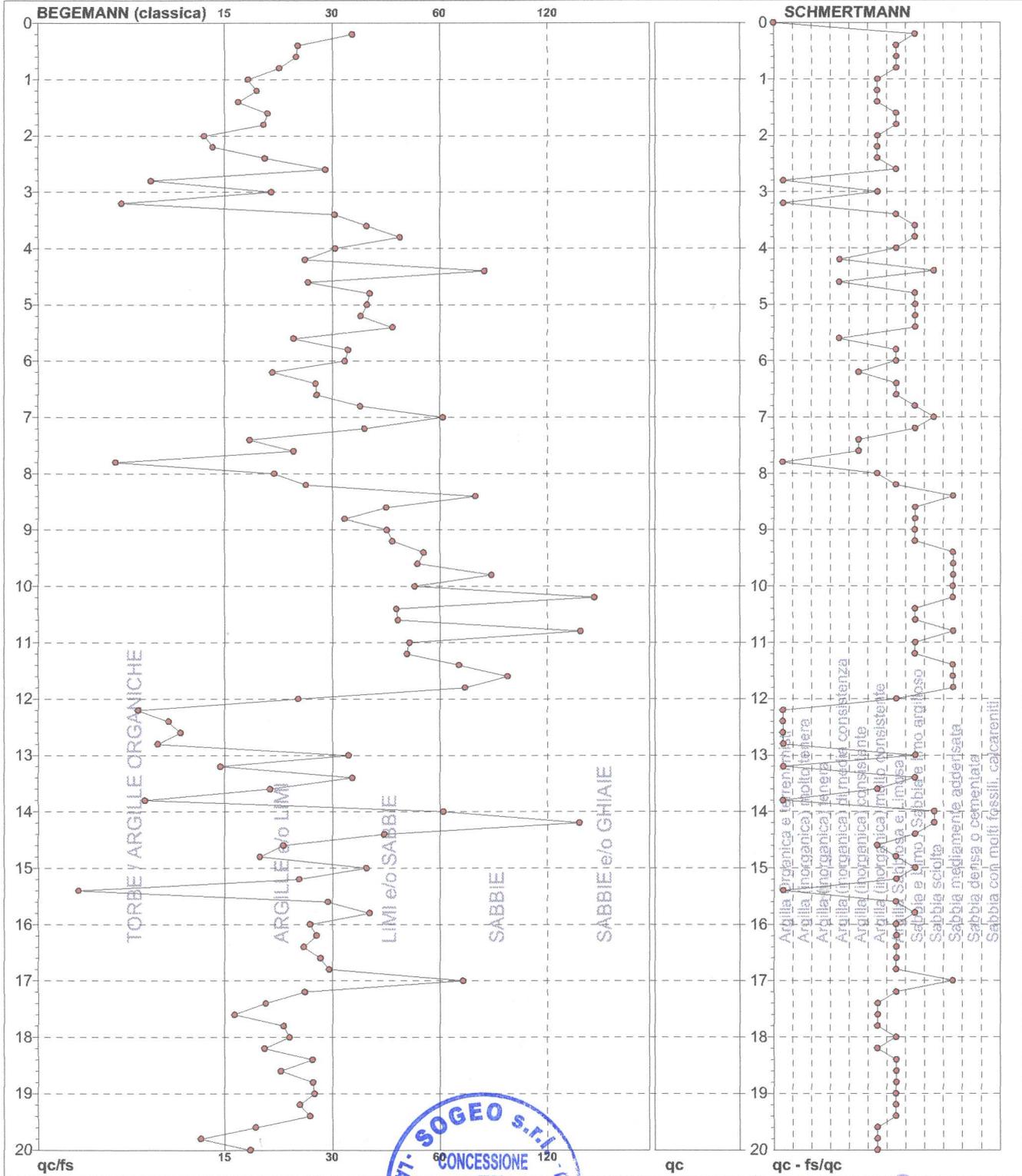
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
referimento	225-11
certificato n°	C12-005-4

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carettizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Forlì (FO) - c/o Fiera**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: 17/01/2012
 Scala: 1:100 Data certificato: 18/01/2012
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -1,60 m



Torbe / Argille org. :	13 punti, 13,13%
Argille e/o Limi :	48 punti, 48,48%
Limi e/o Sabbie :	29 punti, 29,29%
Sabbie :	7 punti, 7,07%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3,03%



Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*
 indagini Geotecniche

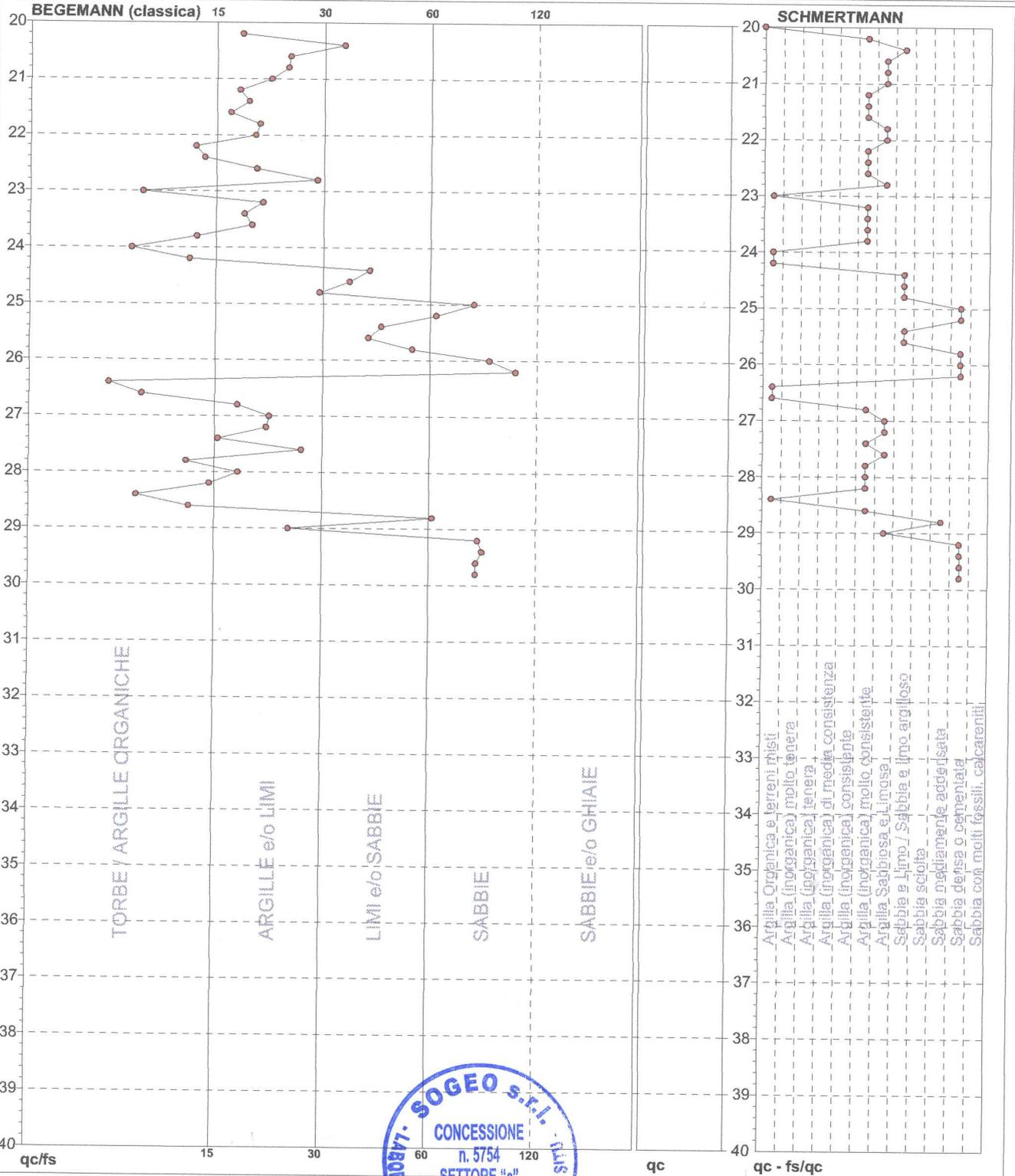
(Dott. Federico Forci) FON000

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
 DIAGRAMMI LITOLOGIA**

CPT	3
riferimento	225-11
certificato n°	C12-005-4

Committente: **PROGEO SRL**
 Cantiere: **Carettizzazione sismica territorio comunale di Forlì**
 Località: **Forlì (FO) - c/o Fiera**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: 17/01/2012
 Scala: 1:200 Data certificato: 18/01/2012
 Pagina: 2
 Elaborato: Falda: -1,60 m



Torbe / Argille org. :	63 punti, 63,64%
Argille e/o Limi :	22 punti, 22,22%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8,08%
Sabbie :	7 punti, 7,07%



Lo sperimentatore: *[Signature]*
 Il direttore laboratorio: *[Signature]*
 SOGEO s.r.l. Indagini Geognostiche

(Dott. Federico Forlani) FON000

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	3
	riferimento	225-11
	certificato n°	C12-005-4

Committente: PROGEO SRL Cantiere: Carettizzazione sismica territorio comunale di Forlì Località: Forlì (FO) - c/o Fiera	U.M.: daN/cm² Pagina: 1 Elaborato:	Data exec.: 17/01/2012 Data certificato: 18/01/2012 Falda: -1,60 m
--	--	---

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	daN/cm²	daN/cm²	-	%	m	-	-	-	daN/cm²	daN/cm²	-	%
0,20	29,0	42,0		28,42	0,87	33	3,0	15,20	21,0	34,0		20,58	0,87	24	4,1
0,40	24,0	39,0		23,52	1,00	24	4,2	15,40	14,0	47,0		13,72	2,20	6	15,7
0,60	41,0	67,0		40,18	1,73	24	4,2	15,60	21,0	32,0		20,58	0,73	29	3,5
0,80	40,0	68,0		39,20	1,87	21	4,7	15,80	27,0	38,0		26,46	0,73	37	2,7
1,00	39,0	72,0		38,22	2,20	18	5,6	16,00	31,0	49,0		30,38	1,20	26	3,9
1,20	30,0	54,0		29,40	1,60	19	5,3	16,20	34,0	53,0		33,32	1,27	27	3,7
1,40	29,0	55,0		28,42	1,73	17	6,0	16,40	33,0	53,0		32,34	1,33	25	4,0
1,60	36,0	63,0		35,28	1,80	20	5,0	16,60	31,0	48,0		30,38	1,13	27	3,6
1,80	39,0	69,0		38,22	2,00	20	5,1	16,80	31,0	47,0		30,38	1,07	29	3,5
2,00	29,0	61,0		28,42	2,13	14	7,3	17,00	39,0	48,0		38,22	0,60	65	1,5
2,20	23,0	47,0		22,54	1,60	14	7,0	17,20	30,0	48,0		29,40	1,20	25	4,0
2,40	25,0	44,0		24,50	1,27	20	5,1	17,40	29,0	51,0		28,42	1,47	20	5,1
2,60	36,0	55,0		35,28	1,27	28	3,5	17,60	24,0	46,0		23,52	1,47	16	6,1
2,80	23,0	58,0		22,54	2,33	10	10,1	17,80	22,0	37,0		21,56	1,00	22	4,5
3,00	30,0	52,0		29,40	1,47	20	4,9	18,00	29,0	48,0		28,42	1,27	23	4,4
3,20	11,0	31,0		10,78	1,33	8	12,1	18,20	30,0	53,0		29,40	1,53	20	5,1
3,40	12,0	18,0		11,76	0,40	30	3,3	18,40	40,0	63,0		39,20	1,53	26	3,8
3,60	12,0	17,0		11,76	0,33	36	2,8	18,60	46,0	78,0		45,08	2,13	22	4,6
3,80	12,0	16,0		11,76	0,27	44	2,3	18,80	49,0	77,0		48,02	1,87	26	3,8
4,00	12,0	18,0		11,76	0,40	30	3,3	19,00	39,0	61,0		38,22	1,47	27	3,8
4,20	10,0	16,0		9,80	0,40	25	4,0	19,20	34,0	55,0		33,32	1,40	24	4,1
4,40	20,0	24,0		19,60	0,27	74	1,4	19,40	31,0	49,0		30,38	1,20	26	3,9
4,60	12,0	19,0		11,76	0,47	26	3,9	19,60	26,0	47,0		25,48	1,40	19	5,4
4,80	10,0	14,0		9,80	0,27	37	2,7	19,80	24,0	51,0		23,52	1,80	13	7,5
5,00	12,0	17,0		11,76	0,33	36	2,8	20,00	18,0	33,0		17,64	1,00	18	5,6
5,20	14,0	20,0		13,72	0,40	35	2,9	20,20	29,0	42,0		28,42	0,87	33	3,0
5,40	14,0	19,0		13,72	0,33	42	2,4	20,40	24,0	39,0		23,52	1,00	24	4,2
5,60	11,0	18,0		10,78	0,47	23	4,3	20,60	41,0	67,0		40,18	1,73	24	4,2
5,80	13,0	19,0		12,74	0,40	33	3,1	20,80	40,0	68,0		39,20	1,87	21	4,7
6,00	15,0	22,0		14,70	0,47	32	3,1	21,00	39,0	72,0		38,22	2,20	18	5,6
6,20	15,0	26,0		14,70	0,73	21	4,9	21,20	30,0	54,0		29,40	1,60	19	5,3
6,40	16,0	25,0		15,68	0,60	27	3,8	21,40	29,0	55,0		28,42	1,73	17	6,0
6,60	18,0	28,0		17,64	0,67	27	3,7	21,60	36,0	63,0		35,28	1,80	20	5,0
6,80	14,0	20,0		13,72	0,40	35	2,9	21,80	39,0	69,0		38,22	2,00	20	5,1
7,00	19,0	24,0		18,62	0,33	58	1,7	22,00	29,0	61,0		28,42	2,13	14	7,3
7,20	19,0	27,0		18,62	0,53	36	2,8	22,20	23,0	47,0		22,54	1,60	14	7,0
7,40	12,0	22,0		11,76	0,67	18	5,6	22,40	25,0	44,0		24,50	1,27	20	5,1
7,60	14,0	23,0		13,72	0,60	23	4,3	22,60	36,0	55,0		35,28	1,27	28	3,5
7,80	8,0	23,0		7,84	1,00	8	12,5	22,80	23,0	58,0		22,54	2,33	10	10,1
8,00	25,0	43,0		24,50	1,20	21	4,8	23,00	30,0	52,0		29,40	1,47	20	4,9
8,20	32,0	51,0		31,36	1,27	25	4,0	23,20	28,0	51,0		27,44	1,53	18	5,5
8,40	65,0	79,0		63,70	0,93	70	1,4	23,40	32,0	57,0		31,36	1,67	19	5,2
8,60	60,0	82,0		58,80	1,47	41	2,5	23,60	32,0	67,0		31,36	2,33	14	7,3
8,80	34,0	50,0		33,32	1,07	32	3,1	23,80	21,0	55,0		20,58	2,27	9	10,8
9,00	30,0	41,0		29,40	0,73	41	2,4	24,00	21,0	45,0		20,58	1,60	13	7,6
9,20	31,0	42,0		30,38	0,73	42	2,4	24,20	47,0	65,0		46,06	1,20	39	2,6
9,40	41,0	53,0		40,18	0,80	51	2,0	24,40	51,0	73,0		49,98	1,47	35	2,9
9,60	36,0	47,0		35,28	0,73	49	2,0	24,60	83,0	126,0		81,34	2,87	29	3,5
9,80	77,0	92,0		75,46	1,00	77	1,3	24,80	108,0	130,0		105,84	1,47	73	1,4
10,00	68,0	89,0		66,64	1,40	49	2,1	25,00	113,0	142,0		110,74	1,93	59	1,7
10,20	76,0	84,0		74,48	0,53	143	0,7	25,20	126,0	171,0		123,48	3,00	42	2,4
10,40	64,0	86,0		62,72	1,47	44	2,3	25,40	135,0	187,0		132,30	3,47	39	2,6
10,60	67,0	90,0		65,66	1,53	44	2,3	25,60	122,0	158,0		119,56	2,40	51	2,0
10,80	79,0	88,0		77,42	0,60	132	0,8	25,80	124,0	147,0		121,52	1,53	81	1,2
11,00	69,0	91,0		67,62	1,47	47	2,1	26,00	107,0	124,0		104,86	1,13	95	1,1
11,20	71,0	94,0		69,58	1,53	46	2,2	26,20	34,0	97,0		33,32	4,20	8	12,4
11,40	59,0	73,0		57,82	0,93	63	1,6	26,40	25,0	63,0		24,50	2,53	10	10,1
11,60	91,0	107,0		89,18	1,07	85	1,2	26,60	26,0	48,0		25,48	1,47	18	5,7
11,80	61,0	75,0		59,78	0,93	66	1,5	26,80	30,0	51,0		29,40	1,40	21	4,7
12,00	24,0	39,0		23,52	1,00	24	4,2	27,00	28,0	48,0		27,44	1,33	21	4,8
12,20	14,0	37,0		13,72	1,53	9	10,9	27,20	24,0	47,0		23,52	1,53	16	6,4
12,40	11,0	26,0		10,78	1,00	11	9,1	27,40	26,0	41,0		25,48	1,00	26	3,8
12,60	11,0	25,0		10,78	0,93	12	8,5	27,60	26,0	56,0		25,48	2,00	13	7,7
12,80	11,0	27,0		10,78	1,07	10	9,7	27,80	32,0	59,0		31,36	1,80	18	5,6
13,00	26,0	38,0		25,48	0,80	33	3,1	28,00	31,0	62,0		30,38	2,07	15	6,7
13,20	12,0	24,0		11,76	0,80	15	6,7	28,20	23,0	59,0		22,54	2,40	10	10,4
13,40	20,0	29,0		19,60	0,60	33	3,0	28,40	29,0	62,0		28,42	2,20	13	7,6
13,60	27,0	47,0		26,46	1,33	20	4,9	28,60	46,0	58,0		45,08	0,80	58	1,7
13,80	14,0	36,0		13,72	1,47	10	10,5	28,80	29,0	47,0		28,42	1,20	24	4,1
14,00	19,0	24,0		18,62	0,33	58	1,7	29,00	127,0	152,0		124,46	1,67	76	1,3
14,20	17,0	19,0		16,66	0,13	131	0,8	29,20	286,0	341,0		280,28	3,67	78	1,3
14,40	27,0	37,0		26,46	0,67	40	2,5	29,40	325,0	390,0		318,50	4,33	75	1,3
14,60	22,0	37,0		21,56	1,00	22	4,6	29,60	500,0	600,0		490,00	6,67	75	1,3
14,80	42,0	75,0		41,16	2,20	19	5,2								
15,00	29,0	41,0		28,42	0,80	36	2,8								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100

Lo sperimentatore: *[Firma]*
 Il direttore laboratorio: *[Firma]*
 indagini Geognostiche