



PROLUNGAMENTO DELLA S.S. n° 9 "TANGENZIALE NORD di REGGIO EMILIA" NEL TRATTO DA S. PROSPERO STRINATI A CORTE TEGGE

PROGETTO DEFINITIVO

COORDINAMENTO GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

 **COMUNE DI REGGIO EMILIA**
ing. David Zilioli - Dirig. U.diP. Area Nord

IL PROGETTISTA:

dott. ing. Andrea Burchi
Ordine Ingegneri di Bologna n° 7927A



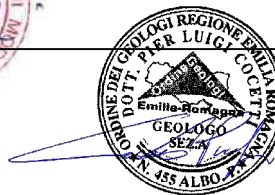
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

dott. ing. Rodolfo Biondi
Ordine Ingegneri di Modena n° 1256



IL GEOLOGO:

dott. geol. Pier Luigi Cocetti
Ordine Geologi della Regione Emilia Romagna n° 455



GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



ing. Andrea Burchi

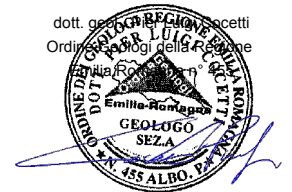
PROGETTISTA

dott. ing. Andrea Burchi
Ordine Ingegneri di Bologna n° 7927A



**TECNICO COMPETENTE
(O PROGETTISTA SPECIALISTICO)**

dott. geol. Pier Luigi Cocetti
Ordine Geologi della Regione Emilia Romagna n° 455



**VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO**

ing. Angela Maria Carbone

**VISTO: IL RESPONSABILE
UNITA' DEL COORDINAMENTO**

ing. Nicola Dinnella

**VISTO: IL RESPONSABILE
DI AREA**

PROTOCOLLO

DATA

06_SISMICA RELAZIONE SISMICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

COBO27 D 1101

NOME FILE

06.1 TO0GEO0GETRE01A.DWG

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. TO0GEO0GETRE01

A

—

C

B

A

EMISSIONE

settembre 2013

geol. M. Cocetti

geol. P. Cocetti

ing. A. Burchi

REV. DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

- 1) INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO
- 2) SISMICITA' DEL TERRITORIO PROVINCIALE DI REGGIO EMILIA
- 3) CLASSIFICAZIONE SISMICA
- 4) PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE
- 5) INDAGINI SISMICHE
 - 5.2 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE
 - 5.2 MODALITÀ ESECUTIVA DELLA PROVA
 - 5.3 LA METODOLOGIA DOWN HOLE
 - 5.3 ISULTATI DELLA INDAGINE SISMICA
- 6) CLASSIFICAZIONE SISMICA
- 7) PARAMETRI SISMICI E SPETTRI ELASTICI

ALLEGATI – PROVE DOWN HOLE

1. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

La fascia di pianura in esame si inserisce in un contesto geodinamico (*Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*, 2004), caratterizzato da una tettonica a stile compressivo, connesso all'interazione tra placca africana e euroasiatica, che ha determinato un generale raccorciamento del margine appenninico e dell'edificio padano.

Tale accorciamento si è prodotto attraverso due importanti fasci paralleli di strutture di embricazione sepolte aventi direzione NW-SE e vergenza verso NE, le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria (Boccaletti et al., 1985).

Il fascio più settentrionale, denominato Fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front = ETF), appartiene all'arco delle "Pieghe Emiliane e Ferraresi" che costituiscono il fronte della catena appenninica, sepolto dai sedimenti quaternari padani, che circa all'altezza del Po sopra scorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta.

Il fascio meridionale, coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani ed è denominato Fronte di accavallamento pedeappenninico (Pedeappenninic Thrust Front = PTF). Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici, tra i quali il T. Enza, che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario.

La sismicità non è omogeneamente diffusa su tutto il territorio provinciale ma si concentra principalmente lungo il margine appenninico-padano, nel medio e alto Appennino e nel settore orientale della pianura.

L'attività sismica della pianura è dovuta all'attività delle strutture sepolte della Pianura Padana quali le Pieghe Ferraresi (dorsale sepolta che forma un arco tra Reggio Emilia e Ravenna) e le Pieghe Emiliane (Pieri & Groppi, 1981).

Viceversa l'attività sismica lungo il margine appenninico-padano è presumibilmente legata al fronte della struttura nota come thrust pedeappenninico (Boccaletti et al., 1985; Boccaletti et al., 2004).

Infine la sismicità dell'alto Appennino è dovuta sia a strutture superficiali e del basamento dell'Appennino reggiano (Boccaletti et al., 2004), sia alla sismicità del vicino areale sismogenetico della Garfagnana, capace di generare terremoti di magnitudo superiore a 6.

2. SISMICITA' DEL TERRITORIO PROVINCIALE DI REGGIO EMILIA

Le osservazioni ed i dati ad oggi disponibili indicano che relativamente alla sismicità nazionale, il territorio della Provincia di Reggio Emilia è interessato da una sismicità di livello medio con terremoti storici che hanno raggiunto intensità pari a VII – VIII grado della scala MCS.

La sismicità non è omogeneamente diffusa su tutto il territorio provinciale, ma si concentra lungo il margine appenninico, nel medio e alto appennino e nel settore orientale della pianura.

Per informazioni sul quadro sismotettonico si consulta: Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna” (Boccaletti et Alii); Database of individual seismogenic sources (INGV); Studio della Pericolosità sismica della Provincia di Modena e Reggio Emilia (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia – Dipartimento di Scienze della Terra) 2001)

3. CLASSIFICAZIONE SISMICA

I recenti studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale, che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc ..

Come detto in precedenza, gli areali della Provincia di Reggio Emilia in cui si concentra l'attività sismica sono il margine appenninico-padano (ZS913 della zonazione ZS9), la cui attività è presumibilmente legata al fronte del thrust pedeappenninico, la parte settentrionale della pianura (ZS912), ovvero la zona al di sopra della dorsale attiva delle Pieghe Ferraresi, e l'alto Appennino (ZS915), dove il risentimento è dovuto sia alla sismicità locale, sia alla sismicità della vicina Garfagnana.

Il territorio del Comune di Reggio Emilia ricade in una zona sismogenetica (zona 913) caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa. La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona, avvengono a profondità comprese tra 12 e 20 km.

Per la valutazione delle pericolosità sismica di base il primo riferimento è costituito dalla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (MPS04 – edizione aprile 2004), elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e recepita dall'OPCM n° 3519 del 2005. Successivamente la Mappa è stata revisionata

e quella definitiva è stata approvata con Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 (all. 1b), pubblicata in G.u. n° 108 del 11/05/2006.

In tale mappa sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi ($VS_{30} > 800$ m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) per l'intero territorio nazionale. L'accelerazione orizzontale massima del suolo come definita dall'OPCM 3519/2006, corrisponde a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA.

A seguito dei contenuti dell'OPCM 3274/2003 il lavoro dell'INGV non si è limitato alla elaborazione della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, ma sono stati avviati altri progetti, tra qui quello che ha portato alla predisposizione di strumenti gestionali interattivi della MPS stessa.

Più in particolare è stato progettato e messo online (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) un sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05° .

Le mappe riportano due distinti parametri dello scuotimento di rilevante interesse ingegneristico: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione).

Dalla mappa di pericolosità sismica del territorio del Comune di Reggio Emilia è evidente che ci si trova in territorio caratterizzato da valori di a_{max} che variano da un minimo di 0.125 ad un massimo di 0.175 g.

Dalle mappe relative al Comune di Reggio sono poi consultabili i valori dello Spettro di risposta elastico per accelerazioni di periodo rispettivamente pari a 0.5, 1 e 2 secondi tutti riferiti ad un T_r di 475 anni.

La Provincia di Reggio Emilia ha realizzato la Cartografia Provinciale di pericolosità sismica locale a corredo del Quadro Conoscitivo del nuovo PTCP. Più in particolare sono state elaborate la Carta delle aree suscettibili di effetti locali e, mediante derivazione dalla prima, la Carta degli effetti attesi.

I dati di base disponibili sono costituiti da:

- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata al 2006, con i dati del Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani);
- la legenda della Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1: 10.000 per il territorio provinciale di Reggio Emilia;
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna;
- la Carta Inventario del Dissesto Ed. 2003 della Provincia di Reggio Emilia;

RELAZIONE SISMICA

- lo "Studio della pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia" realizzato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia nel 2001;
- il modello digitale del terreno con celle di 10 m x 10 m derivato dalla CTR 1:5.000;
- lo Studio di massima sui dossi di pianura (Mazzetti e Tirabassi) effettuato sulla base di varie pubblicazioni e contributi di professionisti nei campi della geologia e dell' archeologia, inserito nel Quadro Conoscitivo del PTCP.

Dalla relazione del PTCP si evince che analizzando i dati disponibili è stata operata la scelta di privilegiare i documenti più aggiornati, utilizzando la carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1: 10.000 per il settore appenninico, la carta geologica di pianura da banca dati della Regione Emilia-Romagna per il settore a sud della Via Emilia, lo "Studio della pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia" per il settore a nord della via Emilia; lo studio sui dossi di pianura per integrare alcuni dati di geologia di superficie nel settore padano; la banca dati della carta geologica di pianura per ulteriori informazioni sul sottosuolo di pianura.

4. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Le caratteristiche sismiche di un' area dipendono dalle sorgenti sismogenetiche, dall' energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi sono gli aspetti che comunemente vengono indicati come "pericolosità sismica di base" . Il moto sismico in superficie può essere modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane, fenomeni di liquefazione.

I principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia- Romagna:

- depositi che possono determinare amplificazione (spessore 2: 5 m);
- detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);
- detriti di conoide alluvionale;
- depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;
- accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e cono di deiezione);
- depositi fluvio-lacustri;
- riporti antropici poco addensati;
- substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (spessore 2-5 m);
- litotipi del substrato con $V_s < 800$ m/sec.

Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:

- creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza > 30 m

Depositi suscettibili di amplificazione, Liquefazione e cedimenti:

- depositi granulari fini con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, con composizione granulometrica che ricade nelle fasce critiche indicate nell'Allegato A3 (figura 1) (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione);
- depositi (spessore 2-5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT < 15 o $C_u < 70$ kPa.

Le conoscenze disponibili per il territorio dell'Emilia-Romagna contenute nelle Carte geologiche, nelle banche dati geognostiche, nelle carte topografiche e nei modelli digitali del terreno (DTM), consentono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Per le finalità del presente studio è stata presa a riferimento la cartografia Provinciale di pericolosità sismica locale a corredo del PTCP.

Più in particolare si è fatto riferimento alla carta delle aree suscettibili di effetti locali ed alla Carta degli effetti attesi.

5.INDAGINI SISMICHE

Per il presente progetto sono state eseguite 5 indagini sismiche in foro con la tecnica del Down Hole.

Sono state eseguite due indagini sismiche (DHS1 e DHS2) durante la prima campagna nei sondaggi S1 ed S2, due indagini sismiche (DHS4 e DHS6) nella seconda campagna nei sondaggi S4 e S6 ed infine una indagine sismica (DHSD) nella terza campagna di indagine nel sondaggio SD.

Tutte le prove concordano nel classificare il terreno del tracciato come un suolo sismico di tipo C.

5.1 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE

Lo scopo della prova consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di volume, di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per spostarsi dalla sorgente ai ricevitori, di cui è nota la distanza. Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

5.2 MODALITÀ ESECUTIVA DELLA PROVA

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali (per la generazione di onde di compressione P) ed orizzontali (per onde di taglio polarizzate orizzontalmente SH) mediante una sorgente meccanica e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde attraverso un sistema formato da un sensore a cinque componenti, alloggiato a profondità note all'interno del foro di sondaggio appositamente strumentato.

Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) devono essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali).

Per generare le onde di compressione P, è stato utilizzato l'impatto di una massa battente (martello) su un piatto di alluminio alloggiato sul suolo.

Per generare le onde SH la sorgente è stato utilizzato un parallelepipedo di legno armato alle estremità di piastre in alluminio.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con una generazione di onde P anch'esso trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono da considerarsi trascurabili.

Il sistema di ricezione è costituito da cinque componenti, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo gli assi di due terne cartesiane ortogonali aventi in comune l'origine e l'asse delle ordinate e ruotate rispetto all'origine di 45°. I trasduttori di velocità sono collocati all'interno di un unico contenitore impermeabile sino a 10 Bar di pressione.

E' stato adottato un sistema di ancoraggio pneumatico per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento.

Il trigger è costituito da un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è di tipo multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit. Esso è collegato a ciascuno dei geofoni in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

5.3 LA METODOLOGIA DOWN HOLE

Picking

La valutazione dei tempi dei primi arrivi, sia nel campo delle onde P che delle onde SH, viene effettuato utilizzando il software di picking TOM TIME, prodotto dalla Rimrock Geophisic Inc. in collaborazione con la Geo Tom LLC.

Tale software permette sia di effettuare analisi di segnali così come rilevati in campagna sia di procedere a filtrazioni, amplificazioni e sovrapposizioni dei segnali stessi. È importante sottolineare come, nel caso delle onde SH, si sia utilizzato il software per sovrapporre i segnali in opposizione di fase così da rendere più evidente gli arrivi del primo impulso polarizzato orizzontalmente.

Interpretazione

Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, data la posizione della sorgente, è necessario correggere i tempi di arrivo stimati per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo.

Indicata con z la profondità del ricevitore, con d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con R la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro con t il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t_v = \frac{z}{d} t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} t$$

Dividendo la profondità a cui viene collocato il ricevitore per il tempo corretto si ricavano i valori di velocità per ciascuno dei ricevitori, in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate.

Per quanto concerne il calcolo dei parametri elastici sono state utilizzate le seguenti formule:

RELAZIONE SISMICA

Coefficiente di Poisson:

$$\nu = \frac{V_p^2 - V_s^2}{2(V_p^2 + V_s^2)}$$

Dove:

V_p = velocità onde di compressione;

V_s = velocità onde di taglio;

Modulo di taglio:

$$G = \gamma V_s^2$$

Dove:

γ = densità del mezzo attraversato;

V_s = velocità onde di taglio;

Modulo di Compressibilità volumetrica:

$$E_v = \gamma \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

Dove:

γ = densità del mezzo attraversato;

V_p = velocità onde di compressione;

V_s = velocità onde di taglio;

Modulo di Young:

$$E = 2\gamma V_s^2 (1 + \nu)$$

Dove:

ν = Coefficiente di Poisson

Le formule utilizzate per il calcolo dei parametri elastici si basano essenzialmente sulle proprietà sismiche dei terreni (V_p e V_s): i parametri elastici calcolati non sono pertanto sempre confrontabili con quelli ottenuti staticamente da prove in situ e di laboratorio.

E' inoltre opportuno ricordare che, nel caso di completa saturazione dei materiali attraversati dai treni d'onda la velocità di propagazione delle onde P misurata risulta essere quella caratteristica dell'acqua; ne consegue che il calcolo dei parametri elastici perde di significato.

5.4 RISULTATI DELLA INDAGINE SISMICA

Sondaggio S1

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al capitolo precedente, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	4,00	165,43
2	2,00	135,78
3	3,00	184,96
4	3,00	258,18
5	6,00	193,05
6	2,00	306,28
7	10,00	235,06

Tabella n° 1 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica (S1)

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta h} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato iesimo

V_{si0} = Velocità orizzontale dello strato iesimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

Down Hole	V_{s30} m/s
S1	204,22

Sondaggio S3

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al paragrafo relativo alla prova Down Hole, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	8,00	123,51
2	5,00	228,52
3	1,00	110,13
4	3,00	183,71
5	13,00	240,87

Tabella n° 3 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica(S3)

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta h} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato iesimo

V_{si0} = Velocità orizzontale dello strato iesimo

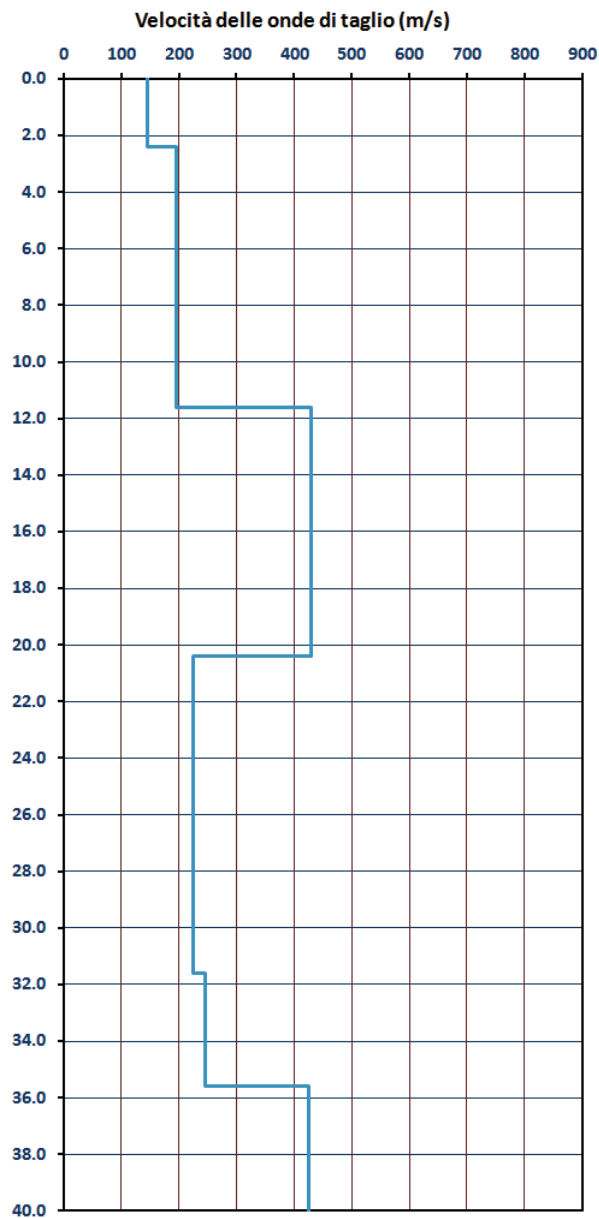
Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

Down Hole	V_{s30} m/s
S1	180,69

Sondaggio S4

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando la metodologia e le formule di cui al paragrafo relativo alla prova Down Hole, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

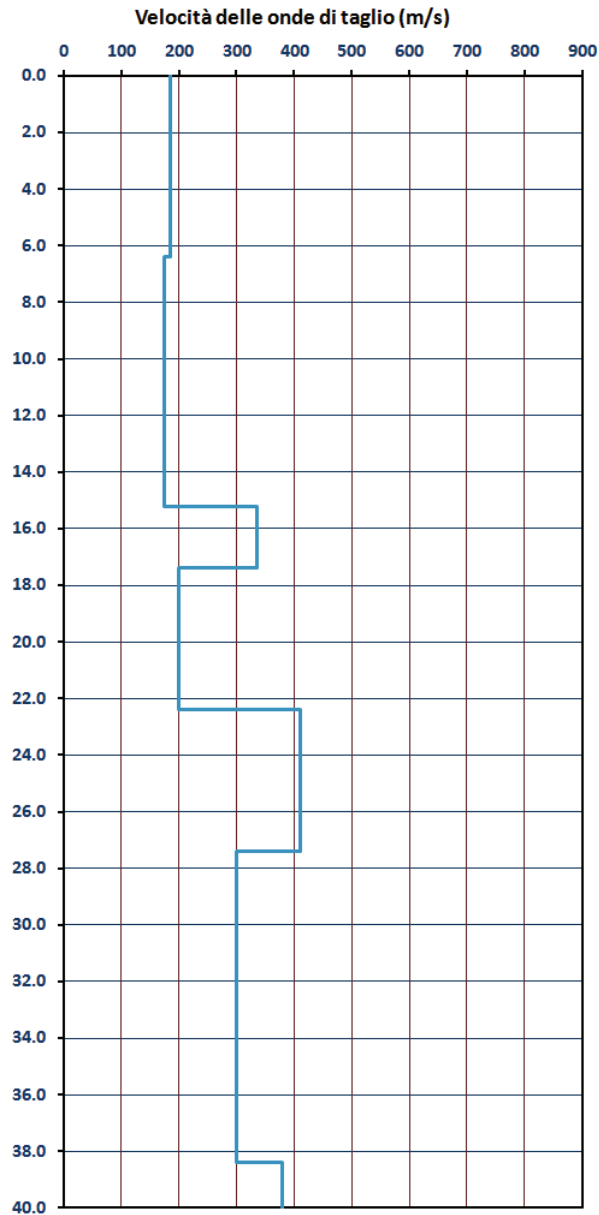


Down Hole	V_{s30} (m/s)
S4	236

Sondaggio S6

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando la metodologia e le formule di cui al paragrafo relativo alla prova Down Hole, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:



Down Hole	V_{s30} (m/s)
S4	218

Sondaggio SD

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando la metodologia e le formule di cui al paragrafo relativo alla prova Down Hole, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Tabella onde S / DH SD							
Sismic data acquisition depth	Distance source S-wave triaxial geofone	Arrival time S-wave	Arrival time S-wave	V_s to travel L $V_s = L/t$	L2 - L1	t2 - t1	V_s for each level of one meter $V_s = (L2-L1)/(t2-t1)$
(m)	L (m)	t (s)	t (ms)	(m/s)	(m)	(s)	(m/s)
1,00	1,80	0,011	10,6	170	1,80	0,0106	170
2,00	2,50	0,015	14,7	170	0,70	0,0041	169
3,00	3,35	0,020	19,9	169	0,85	0,0051	166
4,00	4,27	0,025	25,3	169	0,92	0,0055	167
5,00	5,22	0,030	30,2	173	0,95	0,0049	194
6,00	6,18	0,035	35,2	176	0,96	0,0049	196
7,00	7,16	0,040	40,0	179	0,97	0,0049	199
8,00	8,14	0,045	45,0	181	0,98	0,0050	198
9,00	9,12	0,050	50,0	182	0,98	0,0050	195
10,00	10,11	0,055	55,1	184	0,99	0,0050	197
11,00	11,10	0,060	60,1	185	0,99	0,0051	196
12,00	12,09	0,065	65,1	186	0,99	0,0050	198
13,00	13,09	0,070	69,8	188	0,99	0,0046	215
14,00	14,08	0,073	72,5	194	0,99	0,0028	360
15,00	15,07	0,075	75,2	200	0,99	0,0027	369
16,00	16,07	0,078	78,0	206	1,00	0,0027	363
17,00	17,07	0,081	80,7	212	1,00	0,0027	365
18,00	18,06	0,086	85,8	210	1,00	0,0052	193
19,00	19,06	0,091	91,0	210	1,00	0,0051	194
20,00	20,06	0,094	93,9	214	1,00	0,0029	346
21,00	21,05	0,097	96,7	218	1,00	0,0029	348
22,00	22,05	0,100	99,6	221	1,00	0,0028	350
23,00	23,05	0,102	102,4	225	1,00	0,0029	348
24,00	24,05	0,106	105,7	227	1,00	0,0033	302
25,00	25,04	0,110	110,3	227	1,00	0,0045	220
26,00	26,04	0,115	114,9	227	1,00	0,0046	216
27,00	27,04	0,119	119,5	226	1,00	0,0046	219
28,00	28,04	0,124	124,0	226	1,00	0,0046	218
29,00	29,04	0,129	128,7	226	1,00	0,0046	216
30,00	30,04	0,133	133,2	225	1,00	0,0046	219

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti è pertanto possibile affermare che:

Down Hole	V_{s30} m/s
SD	226

6. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Riassumendo, durante l'esecuzione delle indagini Down-Hole, si sono ottenute le seguenti velocità delle onde S:

CAMPAGNA	DOWN HOLE	Vs30 m/s
1° Fase	DHS1	204
	DHS3	181
2° Fase	DHS4	236
	DHS6	218
3° Fase	DHSD	226

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione

Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza del suolo di fondazione:

Categorie di suolo di fondazione:

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 88 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s.
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 2 – Definizione dei profili stratigrafici

Da cui si evince che l'intero tracciato appartiene alla categoria di suolo C.

7. PARAMETRI SISMICI E SPETTRI ELASTICI

Ai fini del DM 14/09/2005 e successive modifiche e dell'OPCM 3274 va definito lo spettro di risposta elastico, in accelerazione, per il sito in esame.

Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (che rappresenta un edificio teorico 'tipo') con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Secondo l'ultima versione del DM 14/01/2008 (§ 3.2.3.2.2) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

Forma dello spettro elastico di riferimento

Accelerazione. Componenti orizzontali.

§ 3.2.3.2.2

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

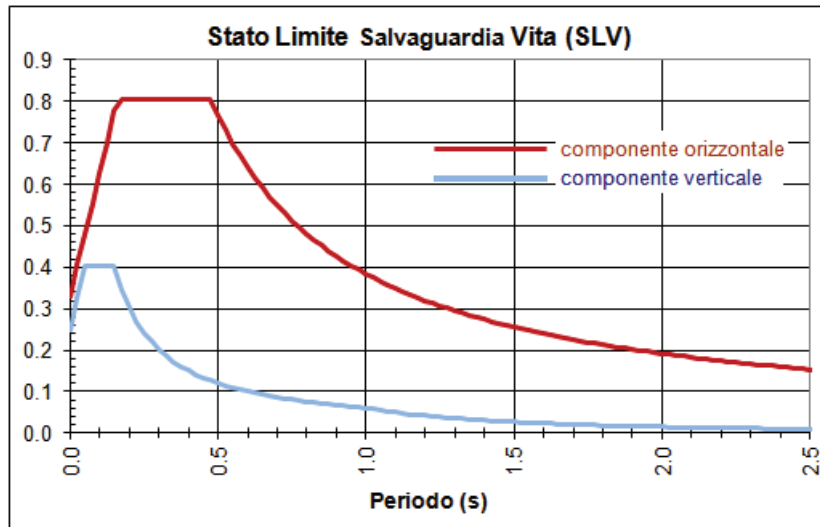
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

$S = S_s \times S_T$	coeff. ampl. stratigrafica x coeff. ampl. topografica tab.3.2V-VI
$\eta = (10 / (5 + \xi))^{1/2}$	ξ è lo smorzam. in % (normalmente 5%, diversamente si valuta in base alle caratteristiche dell'edificio)
F_o	fatt. amplif.spettrale max orizz. (> 2.2, allegato alla norma)
$T_c = C_c \times T_c^*$	(C_c in tab.3.2V e T_c^* in allegato alla norma)
$T_B = T_c / 3$	
$T_D = 4 a_g / g + 1.6$	

Con T si intende il periodo fondamentale di risonanza della struttura (espresso in secondi) e con a_g l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (PGA) in caso di terremoto (m/s^2). Dalla registrazione sismica si ottiene un **suolo C**; per questo tipo di suolo, con un tempo di ritorno $T_r=1898$ anni (classe d'uso IV e una vita nominale di 100 anni, come impone la normativa per opere di questo genere), una amplificazione topografica **St=1.0** e un coefficiente di smorzamento = 5%, si ottengono forme spettrali di questo tipo:



Quindi dalla sintesi dei dati (vedi **ALLEGATO B**) è possibile fornire per il sito in oggetto il seguente quadro:

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **C**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.80** con $T_r = 475$ anni (dove $g =$ accelerazione di gravità = 9.81 m/s^2).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e il coefficiente C_c sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **C** descritti nella tabella sottostante:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Di seguito si forniscono i parametri sismici delle varie aree dove sono state eseguite indagini Down Hole (sondaggi S1, S3, S4, S6, SD):

SONDAGGIO S1 (CROSTOLO SP_DX)

CARATTERISTICHE TERRENO												
Topografia												T1
Coeff. topografico	S_T											1.0
Categoria suolo												C

VITA DELLA STRUTTURA				
Vita nominale	V_N	100	[anni]	
Classe d'uso	C_U	IV		
Vita di riferimento	V_R	200	[anni]	

PARAMETRI SISMICI												
	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _C *	a _g /g	S	Tb	T _C	T _D	F _v
SLE Operatività	81%	120	0.842	2.48	0.28	0.086	1.50	0.15	0.45	1.94	0.97	
SLE Danno	63%	201	1.057	2.45	0.28	0.108	1.50	0.15	0.45	2.02	1.07	
SLU Salv. Vita	10%	1898	2.474	2.43	0.31	0.252	1.34	0.16	0.48	2.59	1.63	
SLU Collasso	5%	2475	2.704	2.44	0.31	0.276	1.30	0.16	0.48	2.68	1.71	

SONDAGGIO S3 (SVINCOLO RETE 2)

CARATTERISTICHE TERRENO												
Topografia												T1
Coeff. topografico	S_T											1.0
Categoria suolo												C

VITA DELLA STRUTTURA				
Vita nominale	V_N	100	[anni]	
Classe d'uso	C_U	IV		
Vita di riferimento	V_R	200	[anni]	

PARAMETRI SISMICI												
	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _C *	a _g /g	S	Tb	T _C	T _D	F _v
SLE Operatività	81%	120	0.840	2.48	0.28	0.086	1.50	0.15	0.45	1.94	0.97	
SLE Danno	63%	201	1.053	2.45	0.28	0.107	1.50	0.15	0.45	2.02	1.07	
SLU Salv. Vita	10%	1898	2.467	2.43	0.31	0.252	1.34	0.16	0.48	2.59	1.63	
SLU Collasso	5%	2475	2.697	2.44	0.31	0.275	1.31	0.16	0.48	2.68	1.71	

SONDAGGIO S4

CARATTERISTICHE TERRENO												
Topografia												T1
Coeff. topografico	S_T											1.0
Categoria suolo												C

VITA DELLA STRUTTURA				
Vita nominale	V_N	100	[anni]	
Classe d'uso	C_U	IV		
Vita di riferimento	V_R	200	[anni]	

PARAMETRI SISMICI												
	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _C *	a _g /g	S	Tb	T _C	T _D	F _v
SLE Operatività	81%	120	0.835	2.48	0.28	0.085	1.50	0.15	0.45	1.93	0.97	
SLE Danno	63%	201	1.038	2.46	0.28	0.106	1.50	0.15	0.45	2.02	1.07	
SLU Salv. Vita	10%	1898	2.377	2.42	0.31	0.243	1.35	0.16	0.48	2.55	1.59	
SLU Collasso	5%	2475	2.588	2.44	0.31	0.264	1.32	0.16	0.48	2.64	1.68	

SONDAGGIO S6

CARATTERISTICHE TERRENO												
Topografia												T1
Coeff. topografico	S_T											1.0
Categoria suolo												C

VITA DELLA STRUTTURA			
Vita nominale	V_N	100	[anni]
Classe d'uso	C_U	IV	
Vita di riferimento	V_R	200	[anni]

PARAMETRI SISMICI												
	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _c *	a _g /g	S	T _b	T _c	T _D	F _v
SLE Operatività	81%	120	0.833	2.48	0.28	0.085		1.50	0.15	0.45	1.93	0.97
SLE Danno	63%	201	1.034	2.47	0.28	0.105		1.50	0.15	0.45	2.01	1.07
SLU Salv. Vita	10%	1898	2.365	2.42	0.31	0.241		1.36	0.16	0.48	2.55	1.59
SLU Collasso	5%	2475	2.573	2.44	0.32	0.263		1.32	0.16	0.48	2.63	1.67

SONDAGGIO SD (CAVALCAVIA SU VIA FERRARONI)

CARATTERISTICHE TERRENO												
Topografia												T1
Coeff. topografico	S_T											1.0
Categoria suolo												C

VITA DELLA STRUTTURA			
Vita nominale	V_N	100	[anni]
Classe d'uso	C_U	IV	
Vita di riferimento	V_R	200	[anni]

PARAMETRI SISMICI												
	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _c *	a _g /g	S	T _b	T _c	T _D	F _v
SLE Operatività	81%	120	0.836	2.48	0.28	0.085		1.50	0.15	0.44	1.93	0.97
SLE Danno	63%	201	1.040	2.46	0.28	0.106		1.50	0.15	0.45	2.02	1.07
SLU Salv. Vita	10%	1898	2.380	2.42	0.31	0.243		1.35	0.16	0.48	2.55	1.60
SLU Collasso	5%	2475	2.591	2.44	0.31	0.264		1.32	0.16	0.48	2.64	1.68

Calcolo dei coefficienti sismici orizzontali e verticali (K_h, K_v)

L'analisi delle condizioni di stabilità in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudo statici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica. Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deforma-

zioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi.

Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella Tab. 7.11.I.

RELAZIONE SISMICA

La condizione di stato limite deve essere valutata con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e riferita alla superficie di scorrimento critica, caratterizzata dal minore margine di sicurezza. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista.

In terreni saturi e in siti con accelerazione orizzontale massima attesa $a_{max} > 0.15g$, nell'analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve tenere conto della possibile riduzione della resistenza al taglio per incremento delle pressioni interstiziali o per decadimento delle caratteristiche di resistenza indotti dalle azioni sismiche.

Nelle pagine seguenti si riportano i valori k_h e k_v calcolati per ogni zona dove sono stati effettuate le prova Down Hole (sondaggi S1, S3, S4, S6, SD).

SONDAGGIO - S1

INPUT sismico

a_g/g ($T=0$)	0.252	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Categoria di sottosuolo</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B, C, D, E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>β_s</td> <td>β_s</td> </tr> <tr> <td>$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>$a_g(g) \leq 0,1$</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>		Categoria di sottosuolo		A	B, C, D, E		β_s	β_s	$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28	$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24	$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20
	Categoria di sottosuolo																		
	A		B, C, D, E																
	β_s		β_s																
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30		0,28																
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24																	
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20																	
S_s	1.340																		
S_t	1.000																		
Categoria sottosuolo	C																		
β_s	0.28																		

$K_h = \beta_s \cdot a_g/g \cdot S_s \cdot S_t$ (coeff. sismico orizz.)	K_h 0.095	$K_v = K_h / 2$ (coeff. sismico vert.)	K_v 0.047
--	-----------------------	---	-----------------------

SONDAGGIO - S3

INPUT sismico

a_g/g ($T=0$)	0.252	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Categoria di sottosuolo</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B, C, D, E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>β_s</td> <td>β_s</td> </tr> <tr> <td>$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>$a_g(g) \leq 0,1$</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>		Categoria di sottosuolo		A	B, C, D, E		β_s	β_s	$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28	$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24	$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20
	Categoria di sottosuolo																		
	A		B, C, D, E																
	β_s		β_s																
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30		0,28																
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24																	
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20																	
S_s	1.340																		
S_t	1.000																		
Categoria sottosuolo	C																		
β_s	0.28																		

$K_h = \beta_s \cdot a_g/g \cdot S_s \cdot S_t$ (coeff. sismico orizz.)	K_h 0.095	$K_v = K_h / 2$ (coeff. sismico vert.)	K_v 0.047
--	-----------------------	---	-----------------------

SONDAGGIO - S4

INPUT sismico

ag/g (T=0)	0.243	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Categoria di sottosuolo</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B, C, D, E</th> </tr> <tr> <th>β_s</th> <th>β_s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>$a_g(g) \leq 0,1$</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria di sottosuolo		A	B, C, D, E	β_s	β_s	$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28	$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24	$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20
Categoria di sottosuolo																	
A	B, C, D, E																
β_s	β_s																
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30		0,28														
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24															
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20															
Ss	1.350																
St	1.000																
Categoria sottosuolo	C																
β_s	0.28																

$K_h = \beta_s \cdot a_g/g \cdot S_s \cdot S_t$ (coeff. sismico orizz.)	K_h	$K_v = K_h / 2$ (coeff. sismico vert.)	K_v
	0.092		0.046

SONDAGGIO - S6

INPUT sismico

ag/g (T=0)	0.241	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Categoria di sottosuolo</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B, C, D, E</th> </tr> <tr> <th>β_s</th> <th>β_s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>$a_g(g) \leq 0,1$</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria di sottosuolo		A	B, C, D, E	β_s	β_s	$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28	$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24	$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20
Categoria di sottosuolo																	
A	B, C, D, E																
β_s	β_s																
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30		0,28														
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24															
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20															
Ss	1.360																
St	1.000																
Categoria sottosuolo	C																
β_s	0.28																

$K_h = \beta_s \cdot a_g/g \cdot S_s \cdot S_t$ (coeff. sismico orizz.)	K_h	$K_v = K_h / 2$ (coeff. sismico vert.)	K_v
	0.092		0.046

SONDAGGIO - SD

INPUT sismico

ag/g (T=0)	0.243	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Categoria di sottosuolo</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B, C, D, E</th> </tr> <tr> <th>β_s</th> <th>β_s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>$a_g(g) \leq 0,1$</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria di sottosuolo		A	B, C, D, E	β_s	β_s	$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28	$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24	$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20
Categoria di sottosuolo																	
A	B, C, D, E																
β_s	β_s																
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30		0,28														
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24															
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20															
Ss	1.350																
St	1.000																
Categoria sottosuolo	C																
β_s	0.28																

$K_h = \beta_s \cdot a_g/g \cdot S_s \cdot S_t$ (coeff. sismico orizz.)	K_h	$K_v = K_h / 2$ (coeff. sismico vert.)	K_v
	0.092		0.046

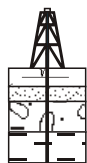
Quindi nel calcolo di stabilità dei rilevati si dovranno utilizzare i seguenti coefficienti sismici orizzontali e verticali: $K_h=0.09$; $K_v=0.045$.

ALLEGATI

PROVE DOWN HOLE

(Fase I)

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28

COMUNE di REGGIO EMILIA

Località: Tangenziale Nord

Committente: COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità
Via Emilia San Pietro, 12
42100 Reggio Emilia

ESECUZIONE DI n° 2 PROVE DOWN HOLE A 40 m PER LA DETERMINAZIONE DELLA V_{S30} PER IL PROLUNGAMENTO DELLA TANGENZIALE NORD DI REGGIO EMILIA.

PROGETTO:	CODIFICA:	REVISIONE:	NOTE:
A 530	GF 110	1	

I GEOLOGI

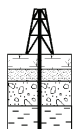
Dott. Geol. Filippo BARBIERI

Dott. Geol. Maurizio ROPA



29 gennaio 2009

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

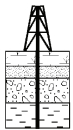
PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 1 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

SOMMARIO

SOMMARIO	1
INTRODUZIONE	2
METODOLOGIA DI INDAGINE	3
INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE	3
<i>Modalità esecutive della prova</i>	3
<i>Specifiche Geofoni</i>	5
<i>Specifiche sismografo</i>	5
ELABORAZIONE DEI DATI	6
INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE	6
<i>Picking</i>	6
<i>Interpretazione</i>	6
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	9
INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE	9
<i>Sondaggio S1</i>	9
<i>Sondaggio S3</i>	11
<i>Individuazione della pericolosità di sito</i>	13
<i>Tabella dei parametri a_g, F_0 e T_c^*</i>	13
<i>Diagrammi della variabilità di a_g, F_0 e T_c^*</i>	14
<i>Grafici degli spettri elastici di risposta</i>	14
 APPENDICE 1 – FIGURE ED ELABORATI GRAFICI	
 APPENDICE 2 – CERTIFICATI PROVE SISMICHE DOWN HOLE - sismogrammi e relative interpretazioni	

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 2 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

INTRODUZIONE

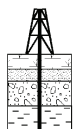
Su incarico COMUNE DI REGGIO EMILIA - Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture - Unità di Progetto Alta Velocità è stata eseguita questa indagine geofisica per la valutazione della V_{s30} tramite l'esecuzione di due prove Down Hole per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

L'ubicazione della zona di indagine, effettuata su base fotoaerea 1 : 2.000, è riportata nelle figure n° 1 e 2 (appendice n° 1).

Lo studio, come da piano di indagine preliminare, ha seguito il seguente sviluppo:

- Esecuzione di due prospezioni sismiche in foro effettuate con metodo DOWN HOLE nei sondaggi denominati S1 e S3;
- Elaborazione dei dati raccolti.

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 3 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

METODOLOGIA DI INDAGINE

INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE

Lo scopo della prova consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di volume, di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per spostarsi dalla sorgente ai ricevitori, di cui è nota la distanza.

Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

Modalità esecutive della prova

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali (per la generazione di onde di compressione P) ed orizzontali (per onde di taglio polarizzate orizzontalmente SH) mediante una sorgente meccanica e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde attraverso un sistema formato da un sensore a cinque componenti, alloggiato a profondità note all'interno del foro di sondaggio appositamente strumentato.

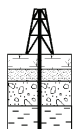
Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) devono essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali).

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 4 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Per generare le onde di compressione P, è stato utilizzato l'impatto di una massa battente (martello) su un piatto di alluminio alloggiato sul suolo.

Per generare le onde SH la sorgente è stato utilizzato un parallelepipedo di legno armato alle estremità di piastre in alluminio.

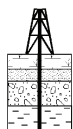
Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con una generazione di onde P anch'esso trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono da considerarsi trascurabili.

Il sistema di ricezione è costituito da cinque componenti, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo gli assi di due terne cartesiane ortogonali aventi in comune l'origine e l'asse delle ordinate e ruotate rispetto all'origine di 45°. I trasduttori di velocità sono collocati all'interno di un unico contenitore impermeabile sino a 10 Bar di pressione.

E' stato adottato un sistema di ancoraggio pneumatico per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento.

Il trigger è costituito da un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è di tipo multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit. Esso è collegato a ciascuno dei geofoni in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

C.G.A.

Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la
determinazione della V_{s30} per il prolungamento della
Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 5 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

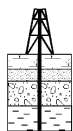
Specifiche Geofoni

GS-11D Specifications				
Natural Frequency	4.5 ± .75 Hz	8 ± .75 Hz	10 ± .75 Hz	14 ± .75 Hz
Coil Resistance @ 25°C ± 5%	---380 Ohms ---			
Intrinsic Voltage Sensitivity with 380 Ohm Coil ± 10%	---.81 V/in/sec (.32 V/cm/sec) ---			
Normalized Transduction Constant (V/in/sec)	---042 (sq.root of Rc) ---			
Open Circuit Damping	34 ± 20%	39 ± 10%	.32 ± 10%	.23 ± 10%
Damping Constant with 380 Ohm Coil	762	602	482	344
Optional Coil Resistances ± 5%	---56,160 Ohms ---			
Moving Mass ± 5%	23.6 g	16.8 g	16.8 g	16.8 g
Typical Case to Coil Motion P-P	.07 in (.18 cm)	.07 in (.18 cm)	.07 in (.18 cm)	.07 in (.18 cm)
Harmonic Distortion with Driving Velocity of 0.7 in/sec (1.8 cm/sec) P-P	N/S	-----0.2% or less ----- @ 12 Hz @ 12 Hz @ 12 Hz		
Dimensions				
Height (less terminals*)	-----1.32 in (3.35 cm) -----			
Diameter	-----1.25 in (3.18 cm) -----			
Weight	-----3.9 oz (111 g) -----			

Specifiche sismografo

Sismografo M.A.E. - A6000S
CPU NS Geode GXLV 233MHz
Memoria RAM 128 Mb PC100 Mhz
Hard Disk 512 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
Batteria di riserva al Litio
Monitoraggio Hardware Winbond W83781D
Display LCD 10,5" Tft Transflective a colori, touch screen
Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 2Ah
Valigia in copolimeri di polypropylene antischiacciamento
Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
Dimensioni e peso L280 X H220 X P170 mm, 3 Kg

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 6 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

ELABORAZIONE DEI DATI

INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE

Picking

La valutazione dei tempi dei primi arrivi, sia nel campo delle onde P che delle onde SH, viene effettuato utilizzando il software di picking TOM TIME, prodotto dalla Rimrock Geophisic Inc. in collaborazione con la Geo Tom LLC. Tale software permette sia di effettuare analisi di segnali così come rilevati in campagna sia di procedere a filtrazioni, amplificazioni e sovrapposizioni dei segnali stessi.

È importante sottolineare come, nel caso delle onde SH, si sia utilizzato il software per sovrapporre i segnali in opposizione di fase così da rendere più evidente gli arrivi del primo impulso polarizzato orizzontalmente.

Interpretazione

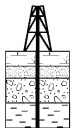
Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, data la posizione della sorgente, è necessario correggere i tempi di arrivo stimati per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo.

Indicata con z la profondità del ricevitore, con d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con R la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro con t il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t_v = \frac{z}{d} t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} t$$

Dividendo la profondità a cui viene collocato il ricevitore per il tempo corretto si ricavano i valori di velocità per ciascuno dei ricevitori, in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate.

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 7 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Per quanto concerne il calcolo dei parametri elastici sono state utilizzate le seguenti formule:

Coefficiente di Poisson:

$$\nu = \frac{V_p^2 - V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

Dove:

V_p = velocità onde di compressione;

V_s = velocità onde di taglio;

Modulo di taglio:

$$G = \gamma V_s^2$$

Dove:

γ = densità del mezzo attraversato;

V_s = velocità onde di taglio;

Modulo di Compressibilità volumetrica:

$$E_v = \gamma(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2)$$

Dove:

γ = densità del mezzo attraversato;

V_p = velocità onde di compressione;

V_s = velocità onde di taglio;

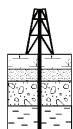
Modulo di Young:

$$E = 2\gamma V_s^2(1 + \nu)$$

Dove:

ν = Coefficiente di Poisson

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

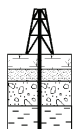
Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 8 di 15
M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc			

Le formule utilizzate per il calcolo dei parametri elastici si basano essenzialmente sulle proprietà sismiche dei terreni (V_p e V_s): i parametri elastici calcolati non sono pertanto sempre confrontabili con quelli ottenuti staticamente da prove in situ e di laboratorio.

E' inoltre opportuno ricordare che, nel caso di completa saturazione dei materiali attraversati dai treni d'onda la velocità di propagazione delle onde P misurata risulta essere quella caratteristica dell'acqua; ne consegue che il calcolo dei parametri elastici perde di significato.

In appendice 2 sono riportati i certificati delle prove svolte e le relative interpretazioni sia con il metodo diretto che con il metodo del pseudointervallo.



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 9 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWN HOLE

Sondaggio S1

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al capitolo precedente, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	4,00	165,43
2	2,00	135,78
3	3,00	184,96
4	3,00	258,18
5	6,00	193,05
6	2,00	306,28
7	10,00	235,06

Tabella n° 1 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica (S1)

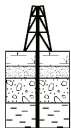
Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato iesimo

V_{si0} = Velocità orrizontale dello strato iesimo



Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 10 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

Down Hole	V_{s30} m/s
S1	204,22

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione

Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza del suolo di fondazione:

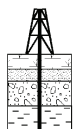
Categorie di suolo di fondazione:

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 88 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s.
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 2 – Definizione dei profili stratigrafici

Da cui si evince che l'area indagata appartiene alla categoria C.

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 11 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Sondaggio S3

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al paragrafo relativo alla prova Down Hole, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Strato	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	8,00	123,51
2	5,00	228,52
3	1,00	110,13
4	3,00	183,71
5	13,00	240,87

Tabella n° 3 – Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica(S3)

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

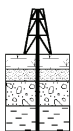
h_i = spessore dello strato iesimo

V_{si0} = Velocità orrizontale dello strato iesimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

Down Hole	V_{s30} m/s
S1	180,69

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 12 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione

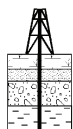
Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza del suolo di fondazione:

Categorie di suolo di fondazione:

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 88 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s.
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 4 – Definizione dei profili stratigrafici

Da cui si evince che l'area indagata appartiene alla categoria C.



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 13 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Individuazione della pericolosità di sito

Utilizzando il programma “SPETTRI – NT 1.03” realizzato dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si è proceduto alla valutazione della pericolosità di sito.

La pericolosità di sito che verte essenzialmente sulla determinazione della massima accelerazione orizzontale (a_g) è valutata sulla base di una griglia sperimentale di riferimento regolare a passo pari a 0.05° .

L’analisi di pericolosità fornisce:

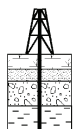
- variabilità dei seguenti parametri: a_g (accelerazione massima attesa in superficie al sito), F_o (valore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale);
- tabella dei parametri di cui al punto precedente in funzione dei periodi di ritorno.
- grafici degli spettri elastici di risposta per i seguenti periodi di ritorno: 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni e 2475 anni;

Tabella dei parametri a_g , F_o e T_c^*

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,047	2,479	0,248
50	0,058	2,506	0,264
72	0,068	2,485	0,270
101	0,079	2,484	0,275
140	0,090	2,464	0,280
201	0,106	2,447	0,282
475	0,153	2,381	0,290
975	0,197	2,391	0,306
2475	0,267	2,450	0,315

Tabella n° 5 – Parametri determinati con “SPETTRI – NT 1.03” in funzione dei tempi di ritorno

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**

del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.cgastudio.eu> E-mail: cgastudio@cgastudio.eu

**COMUNE DI REGGIO EMILIA
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità**

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 14 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Diagrammi della variabilità di a_g , F_o e T_c *

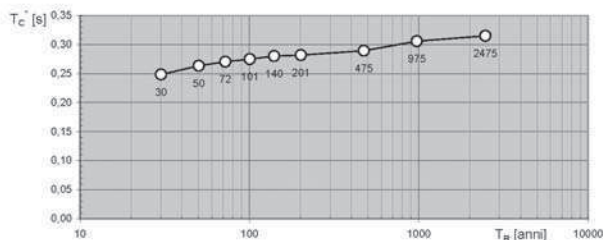
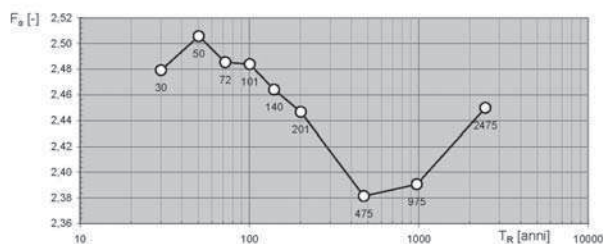
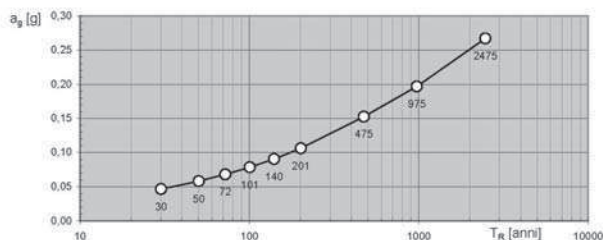


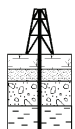
Tabella n° 6 – Variazione dei parametri in funzione dei tempi di ritorno

Grafici degli spettri elastici di risposta

I grafici sono stati determinati per l'area oggetto di studio, identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

LAT 44.715162° LONG 10.620422° S1

LAT 44.718286° LONG 10.607207° S3



Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} per il prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 530	GF 110	1	Pagina 15 di 15

M:\Lavori in corso\A 530 - GF 110 - Comune di Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord\Relazione A 530 - GF110 - Comune Reggio Emilia - DH Tangenziale Nord.doc

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione (spettro normalizzato) è riferito ad uno smorzamento convenzionale pari al 5% ed è moltiplicato per il valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) determinata tramite il software "SPETTRI - NT 1.03"

Sia la forma spettrale che a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Tali spettri sono da considerarsi validi solo per strutture con periodo fondamentale inferiore a 4s.

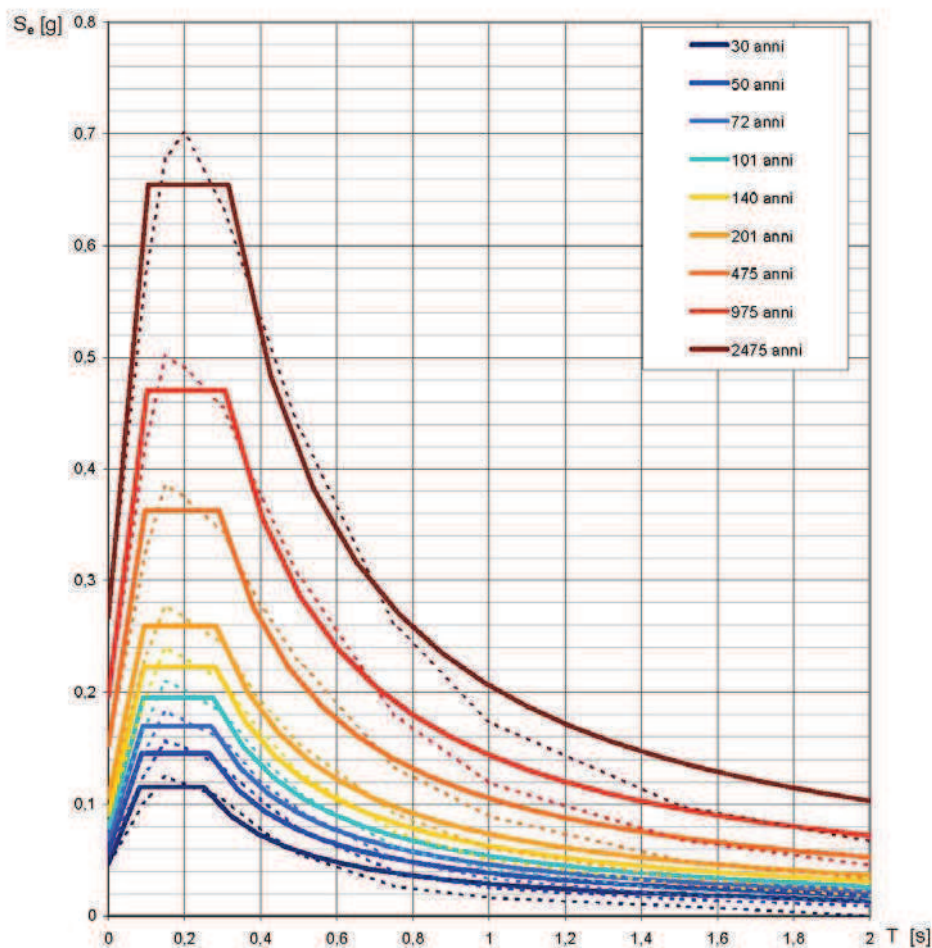
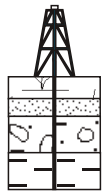


Tabella n° 7 – Spettri elastici di risposta al suolo, determinati con il software "SPETTRI - NT 1.03" per il sito oggetto dello studio

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

APPENDICE 1

- Figure ed elaborati grafici

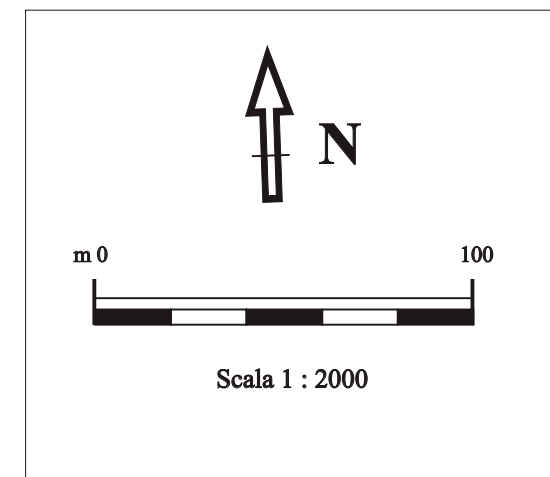
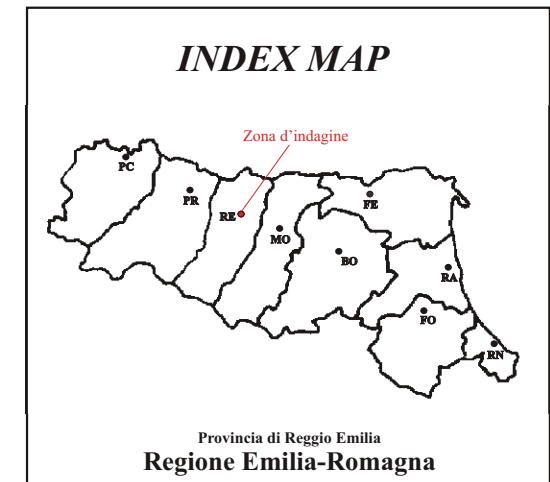


FIGURA n° 1
Ubicazione sondaggio S1
per prova DOWN-HOLE
Base fotoaerea

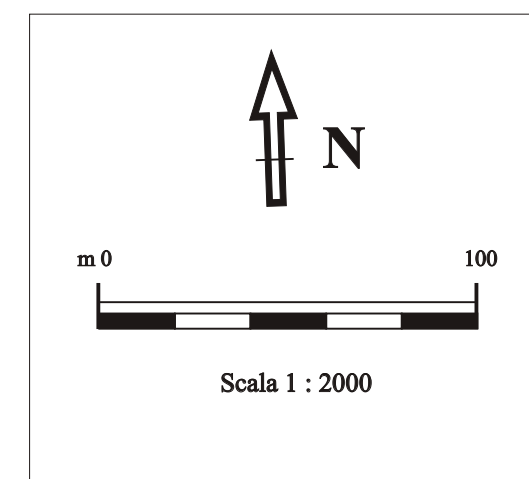
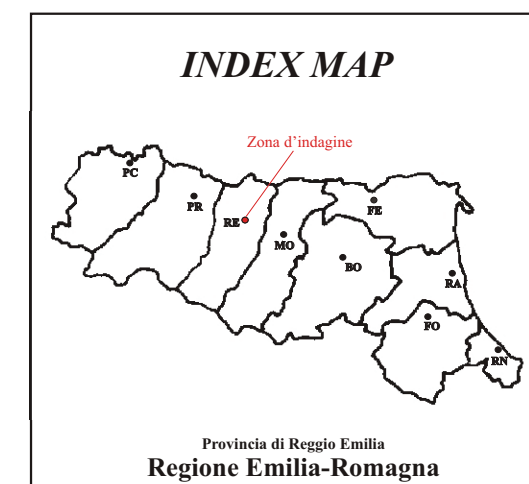
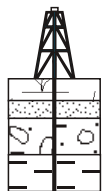


FIGURA n° 2
Ubicazione sondaggio S3
per prova DOWN-HOLE
Base fotoaerea

C.G.A.

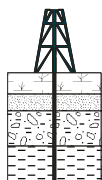


Studio Tecnico Associato

APPENDICE 2

- CERTIFICATI PROVE SISMICHE DOWN-HOLE
- Sismogrammi e relative interpretazioni

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

CERTIFICATO DONW - HOLE

A 530 - GF 110 - S1

COMMITTENTE:

Comune di Reggio Emilia
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità

LAVORO:

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} , per la Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

DATA ESECUZIONE:

Lunedì 26 gennaio 2009

LOCALITA' :

Via Mafalda di Savoia Assia

STRUMENTAZIONE:

Sismografo M.A.E. A6000S 24 con sensore DH a 5 componenti di produzione AMBROGEO.

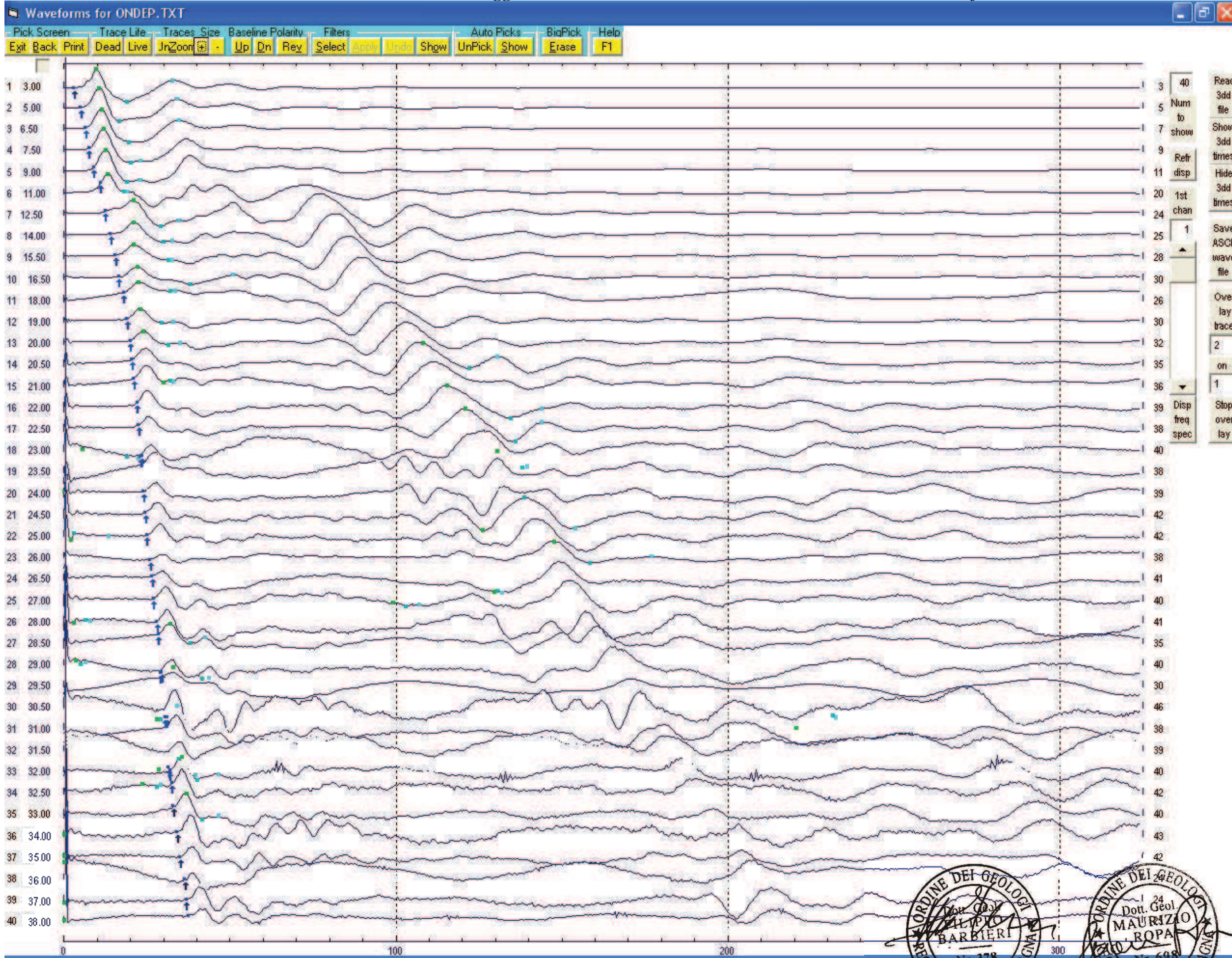
**DISTANZA
ENERGIZZATORI -
SONDAGGIO:**

m 1,05

NOTE:

COMUNE DI REGGIO EMILIA - Tangenziale Nord

Committente: Comune di Reggio Emilia 26.01.2009 Prova: DOWN HOLE - Onde P Certificato: A530 GF 110 S1



	Vp
1	3,00
2	5,00
3	6,50
4	7,50
5	9,00
6	11,00
7	12,50
8	14,00
9	15,50
10	16,50
11	18,00
12	19,00
13	20,00
14	20,50
15	21,00
16	22,00
17	22,50
18	23,00
19	23,50
20	24,00
21	24,50
22	25,00
23	26,00
24	26,50
25	27,00
26	28,00
27	28,50
28	29,00
29	29,50
30	30,50
31	31,00
32	31,50
33	32,00
34	32,50
35	33,00
36	34,50
37	35,00
38	36,00
39	37,00
40	38,00

Tempi di picking in ms

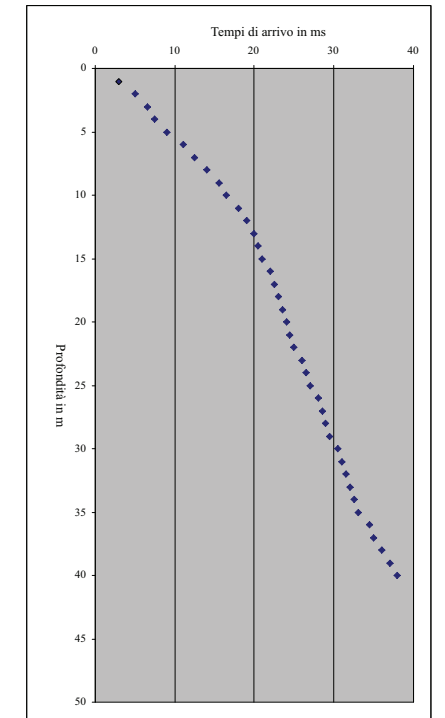
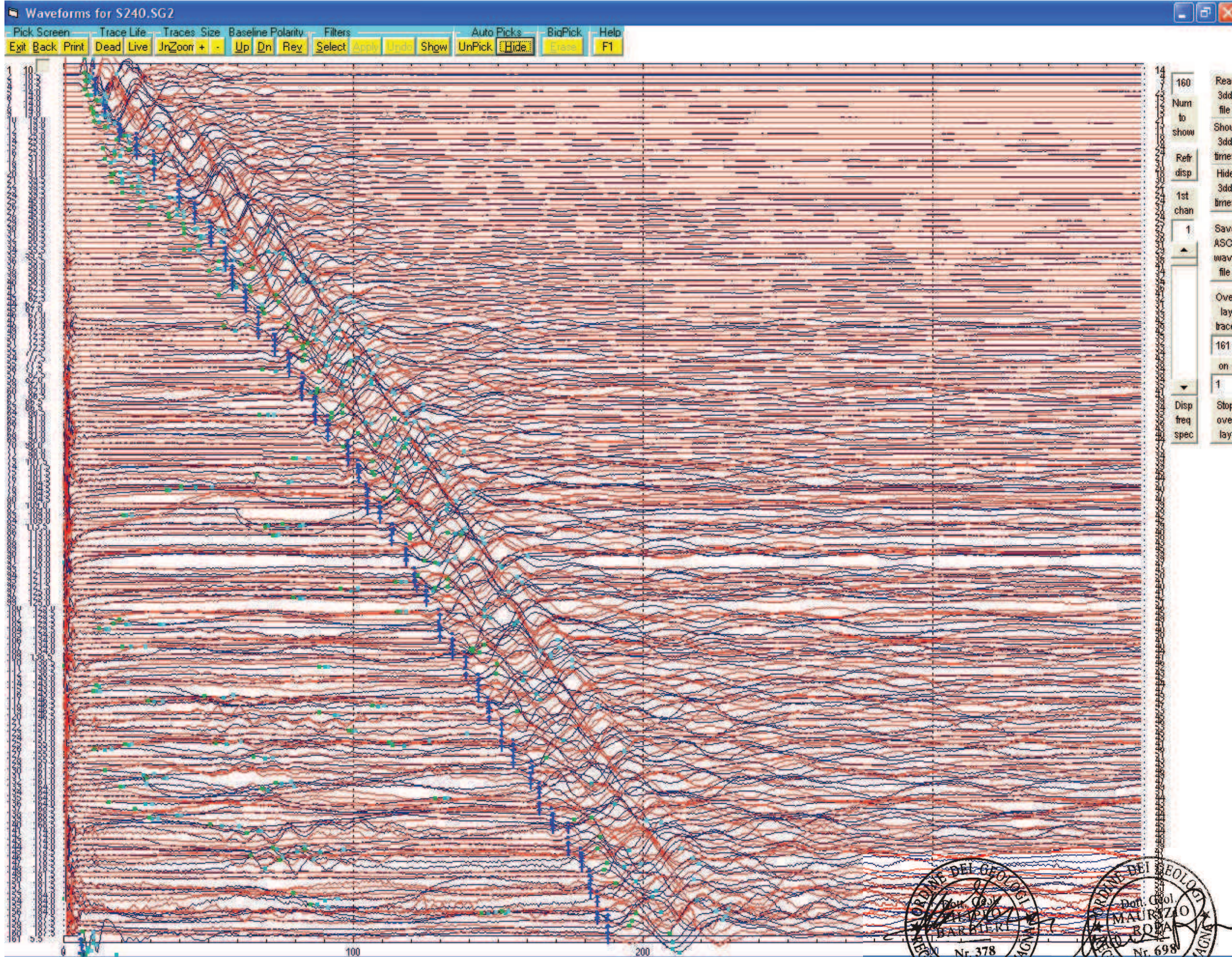


Diagramma di picking in ms



COMUNE DI REGGIO EMILIA - Tangenziale Nord

Committente: Comune di Reggio Emilia 26.01.2009 Prova: DOWN HOLE - Onde S Certificato: A530 GF 110 S1



	Vs
1	10,50
2	14,00
3	19,00
4	25,00
5	31,00
6	39,50
7	45,00
8	50,50
9	55,50
10	58,00
11	62,50
12	67,00
13	72,50
14	77,50
15	82,00
16	86,50
17	91,00
18	98,00
19	101,50
20	104,50
21	109,00
22	113,00
23	118,00
24	121,00
25	125,00
26	129,50
27	134,00
28	138,50
29	143,00
30	146,50
31	151,00
32	155,00
33	161,00
34	164,00
35	168,50
36	174,00
37	178,50
38	181,50
39	184,00
40	187,50

Tempi di picking in ms

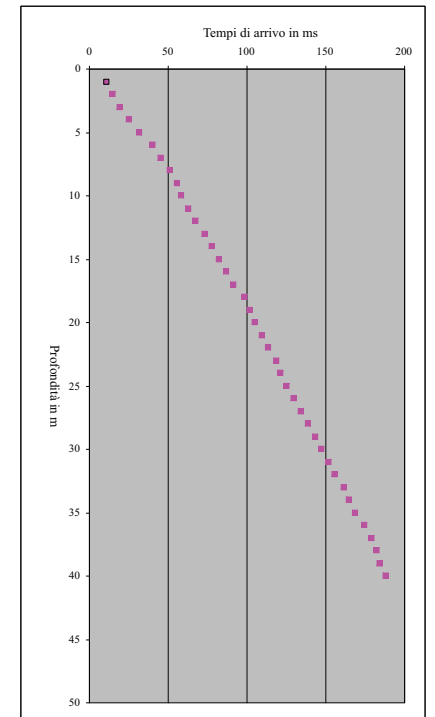
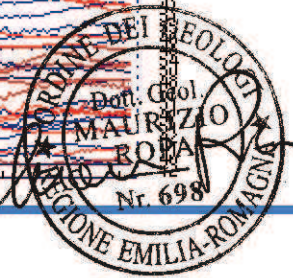
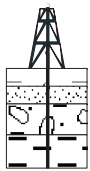


Diagramma di picking in ms



C.G.A.

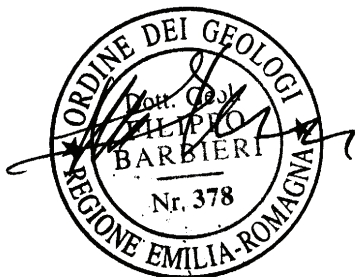
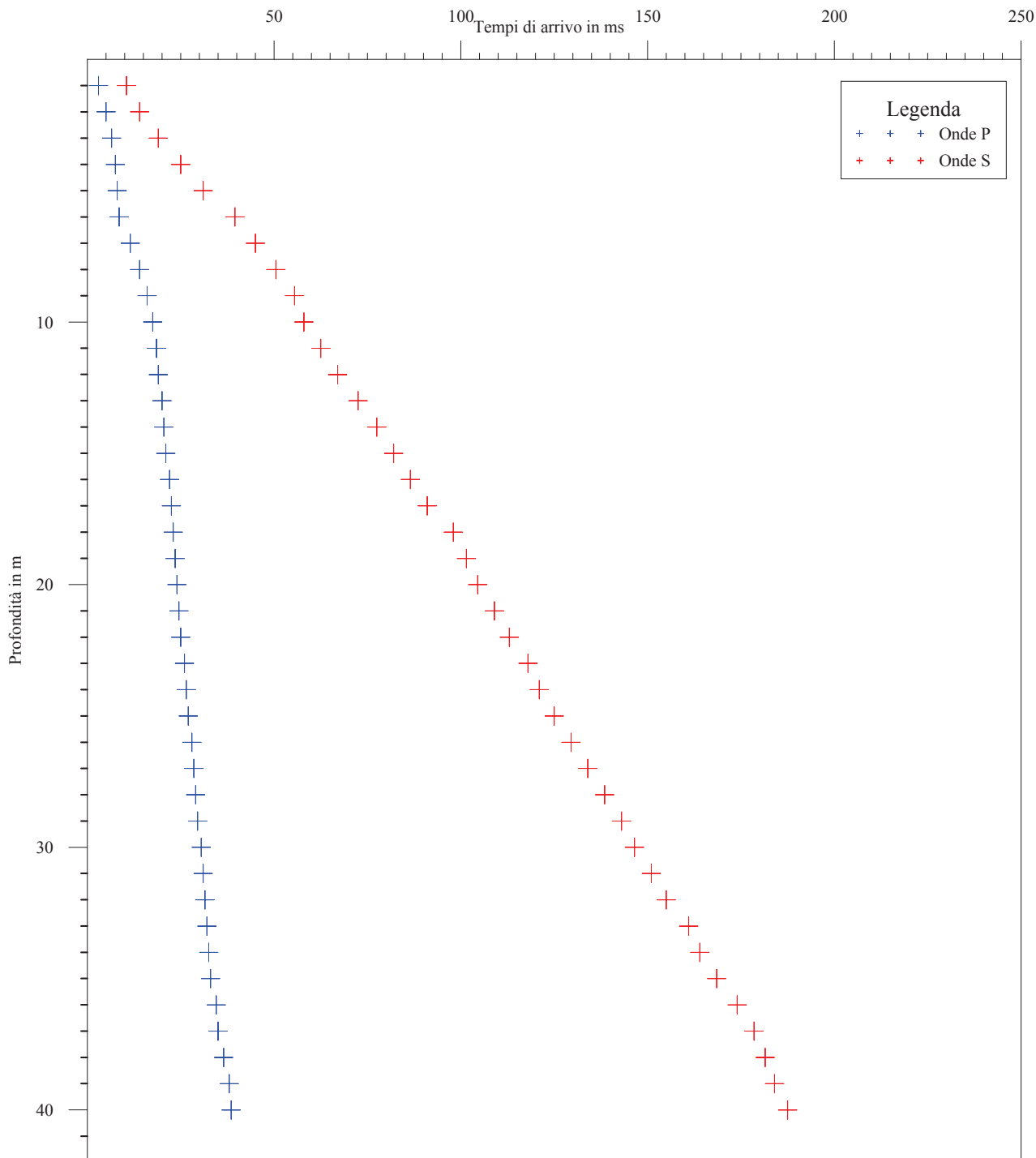


Laboratorio di geofisica

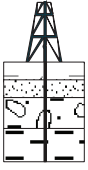
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Rappresentazione grafica dei tempi di primo arrivo

Certificato n° A 530 GF 110 tpa



C.G.A.

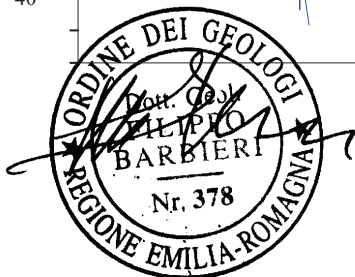
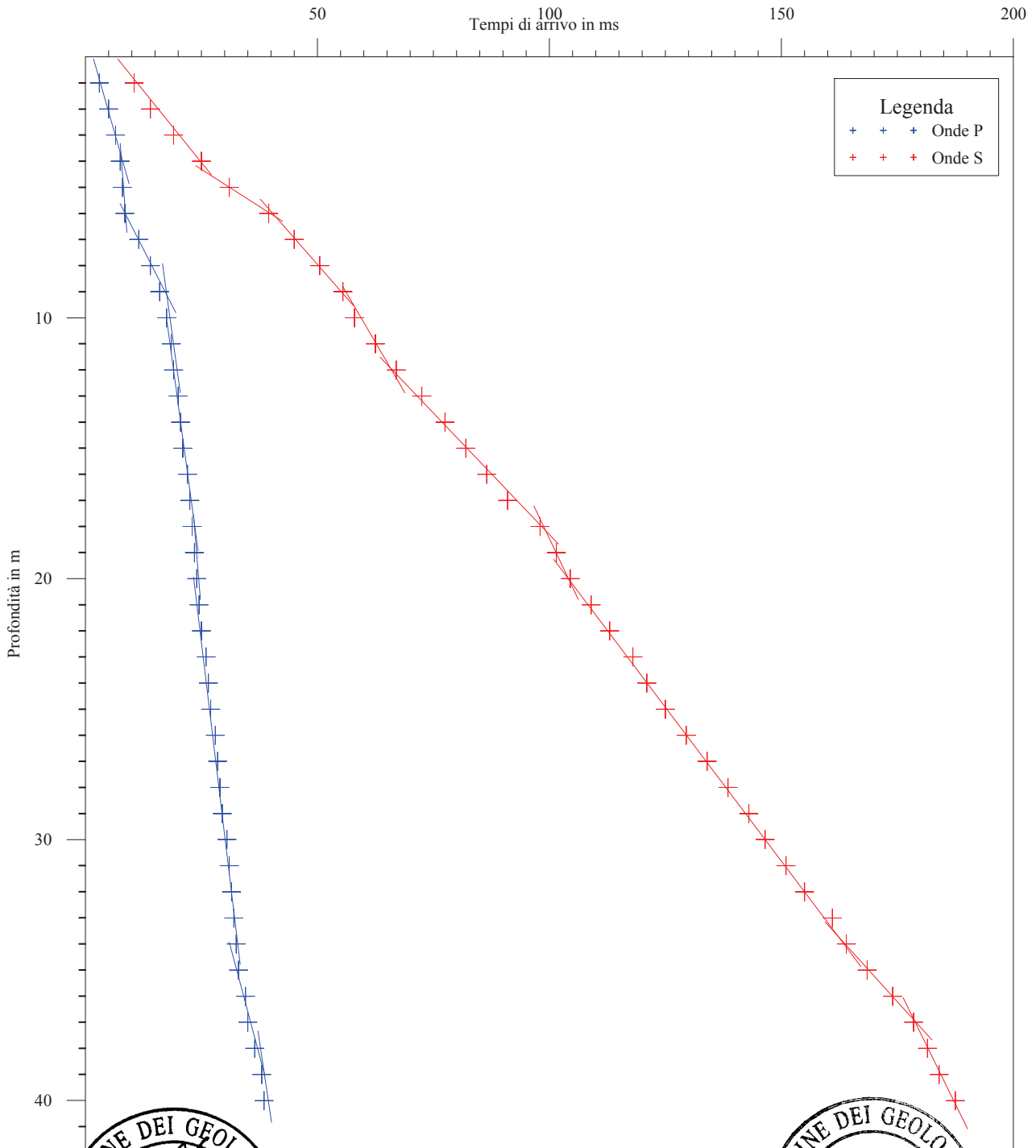


Laboratorio di geofisica

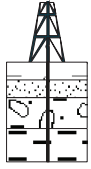
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Interpretazione con il metodo diretto

Certificato n° A 530 GF 110 S1 dro



C.G.A.

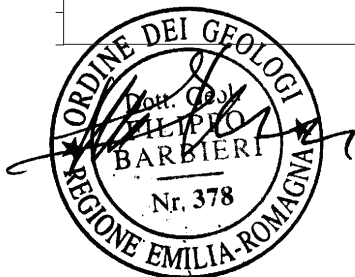
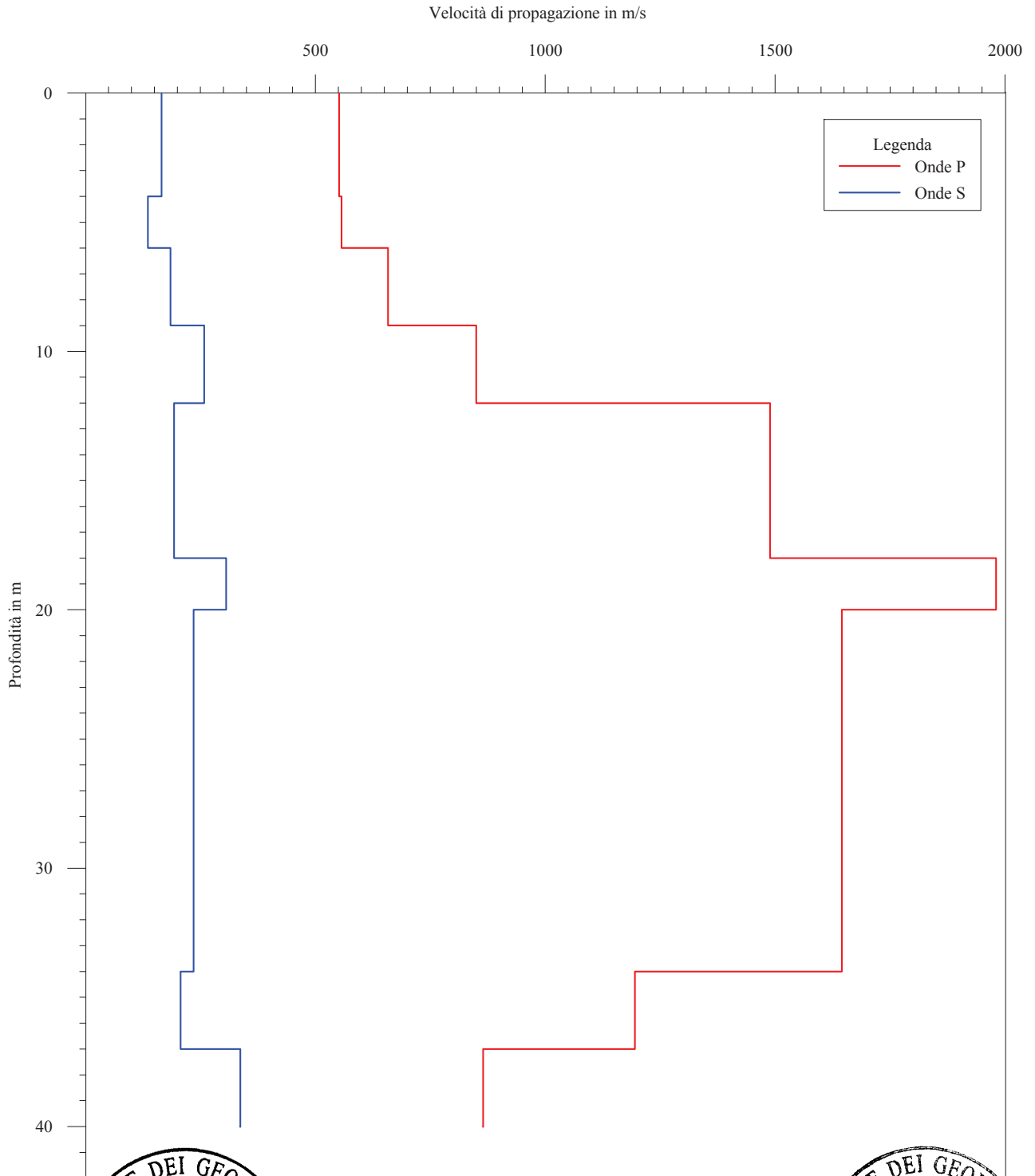


Laboratorio di geofisica

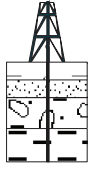
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Rappresentazione grafica delle velocità di strato

Certificato n° A 530 GF 110 S1 vstr



C.G.A.

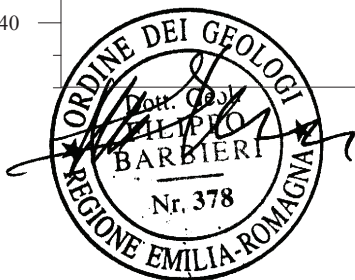
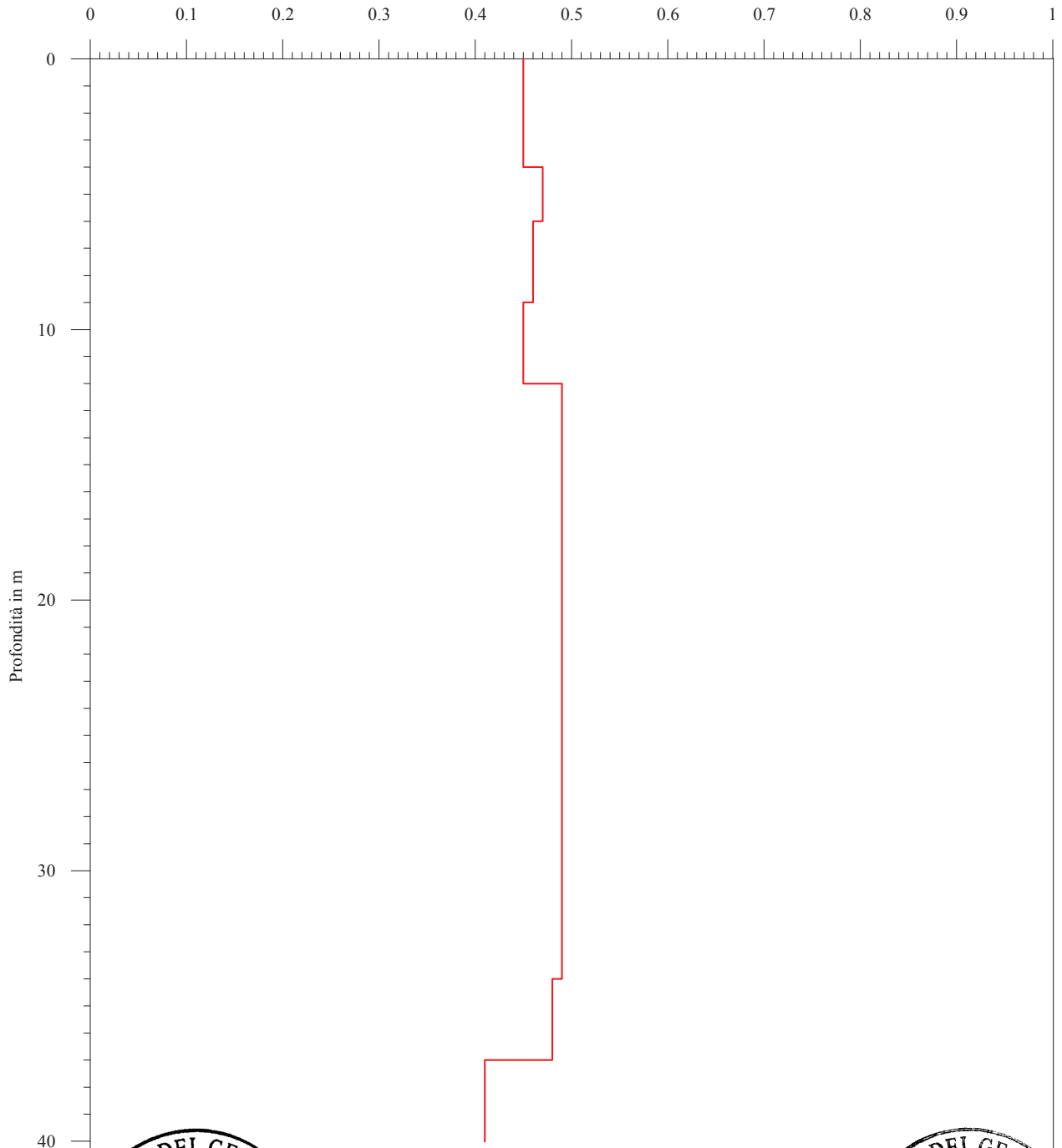


Laboratorio di geofisica

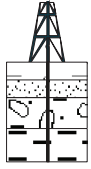
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo diretto - Coefficiente di Poisson

Certificato n° A 530 GF 110 S1 dirpoi



C.G.A.

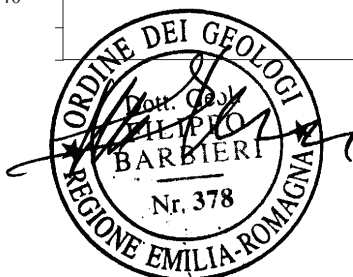
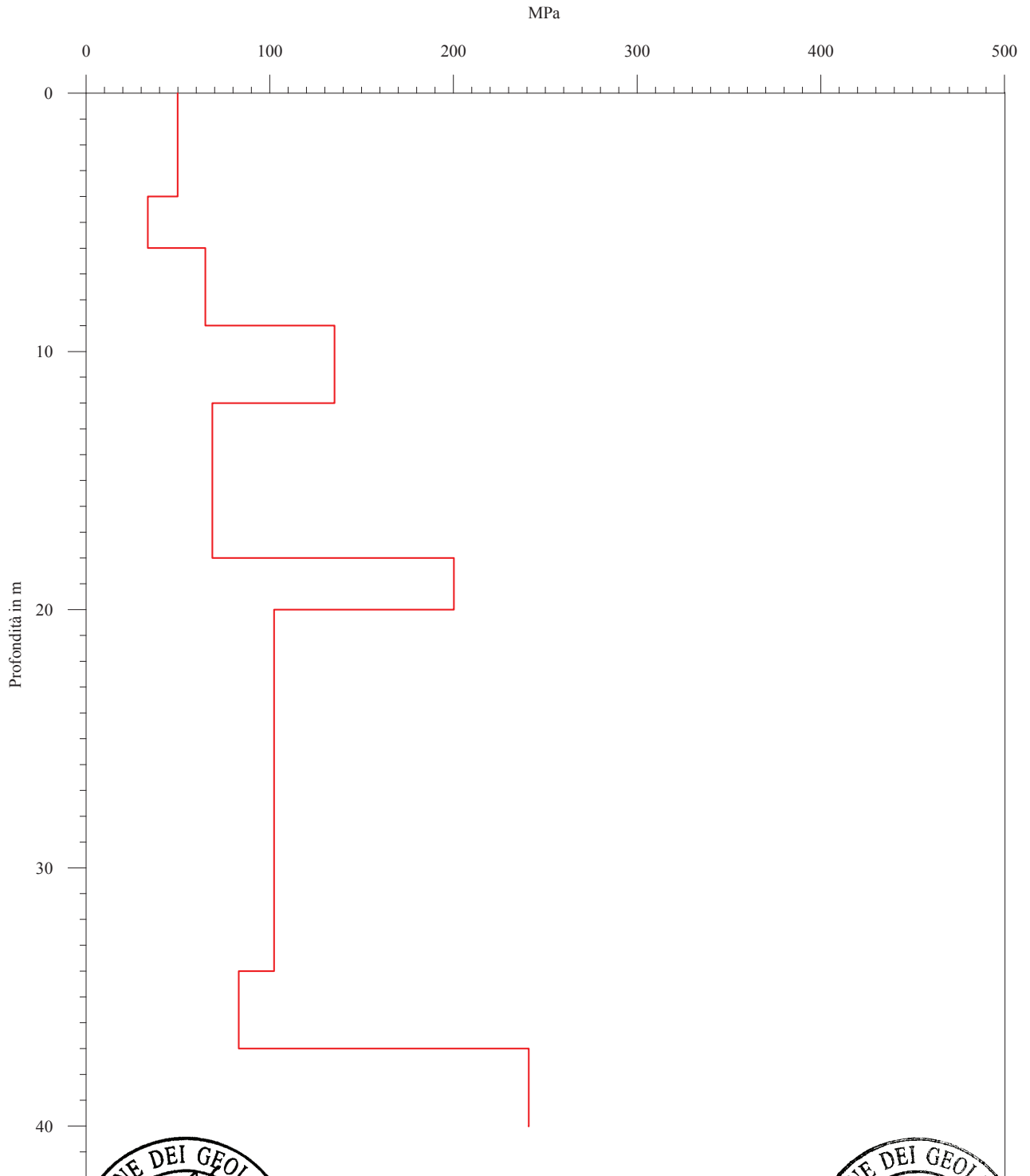


Laboratorio di geofisica

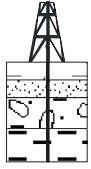
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo diretto - Modulo di deformazione al taglio

Certificato n° A 530 GF 110 S1 dirta



C.G.A.

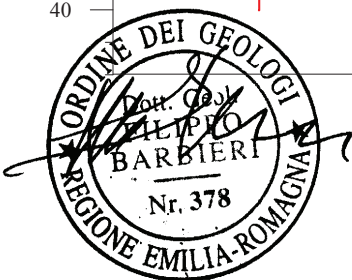
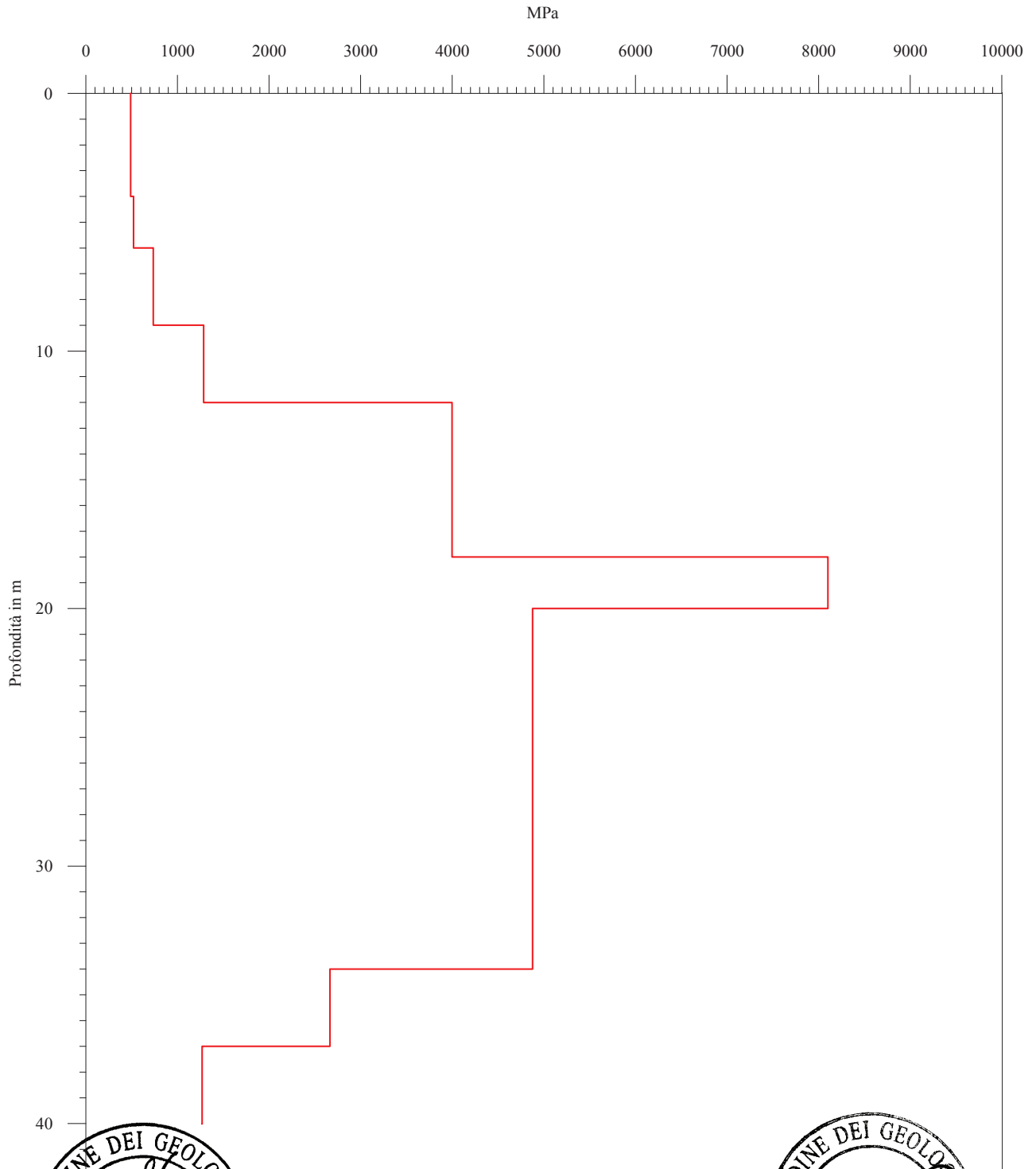


Laboratorio di geofisica

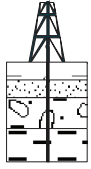
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo diretto - Modulo di compressibilità volumetrica

Certificato n° A 530 GF 110 S1 dircov



C.G.A.

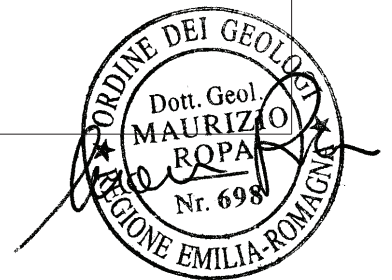
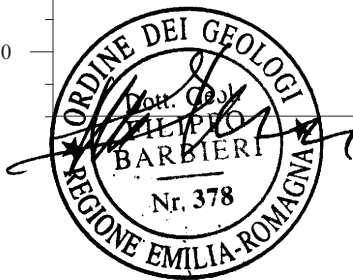
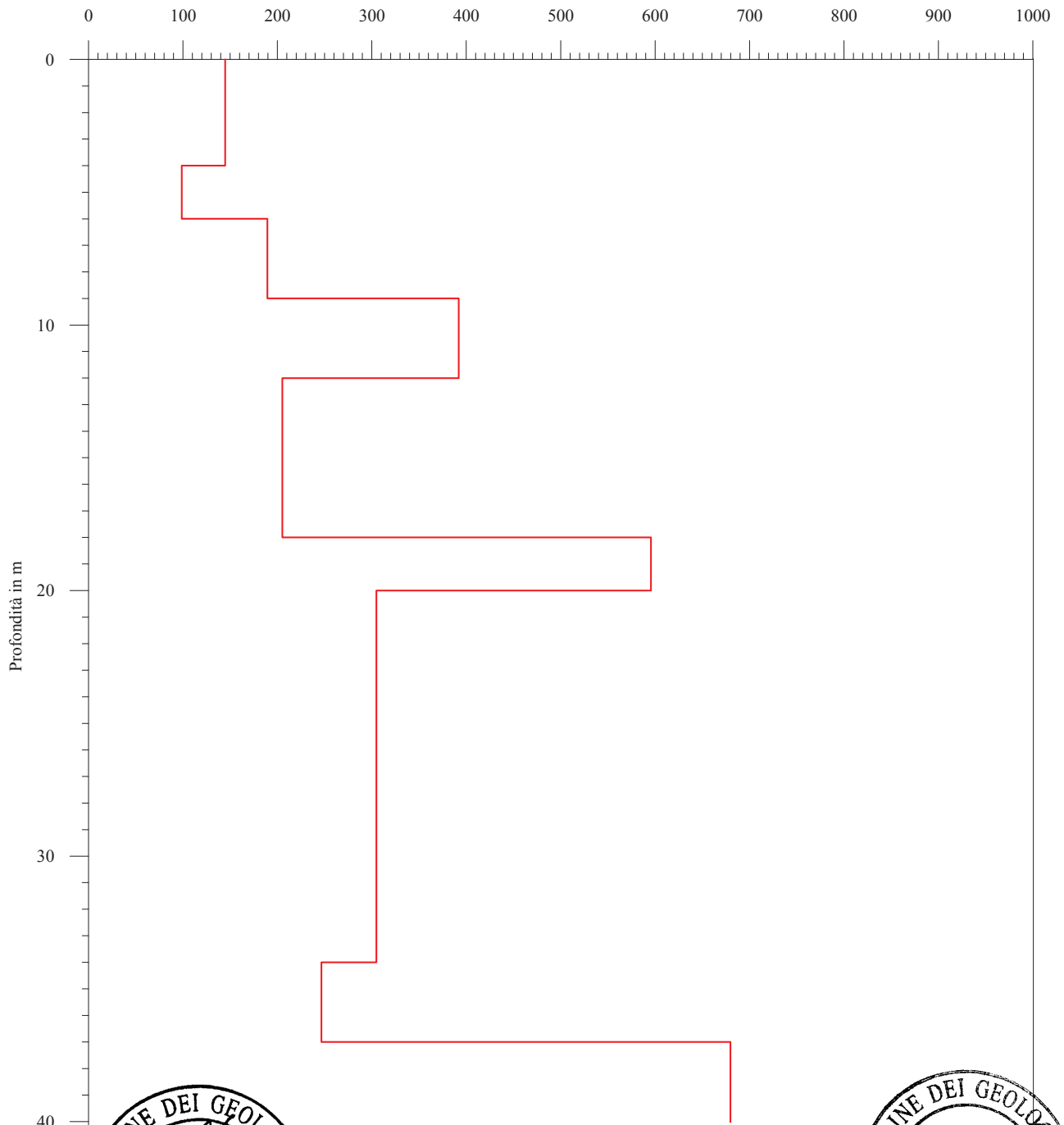


Laboratorio di geofisica

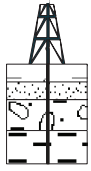
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo diretto - Modulo di Young

Certificato n° A 530 GF 110 S1 diryou



C.G.A.

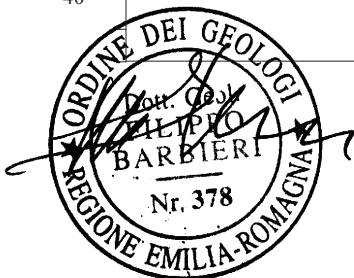
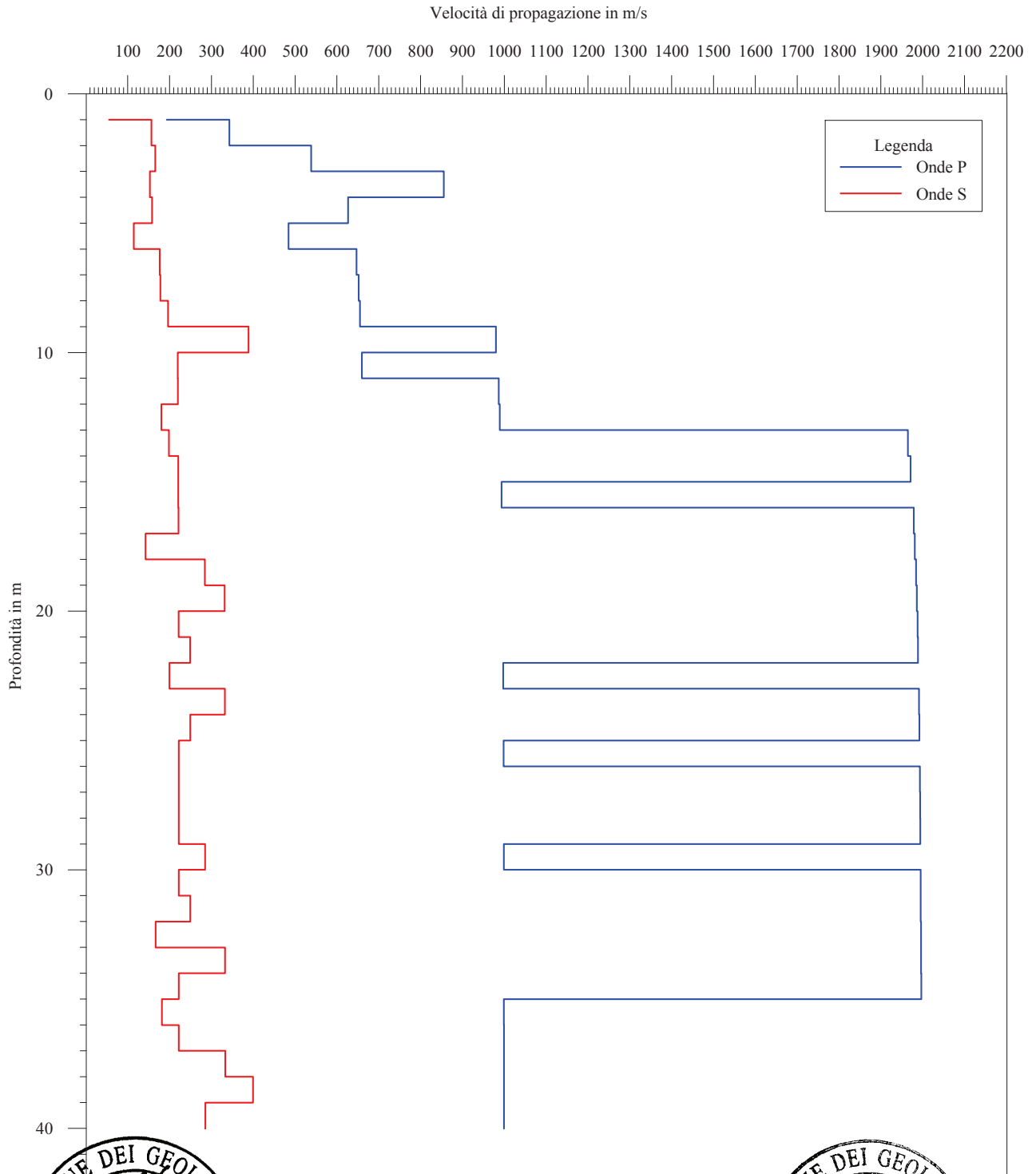


Laboratorio di geofisica

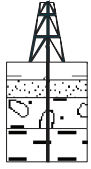
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Velocità di intervallo

Certificato n° A 530 GF 110 S1 vint



C.G.A.

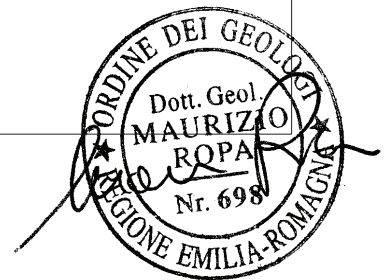
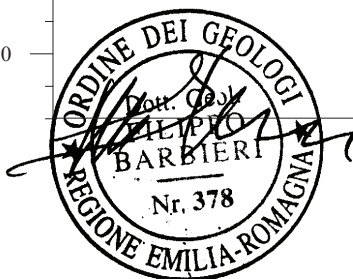
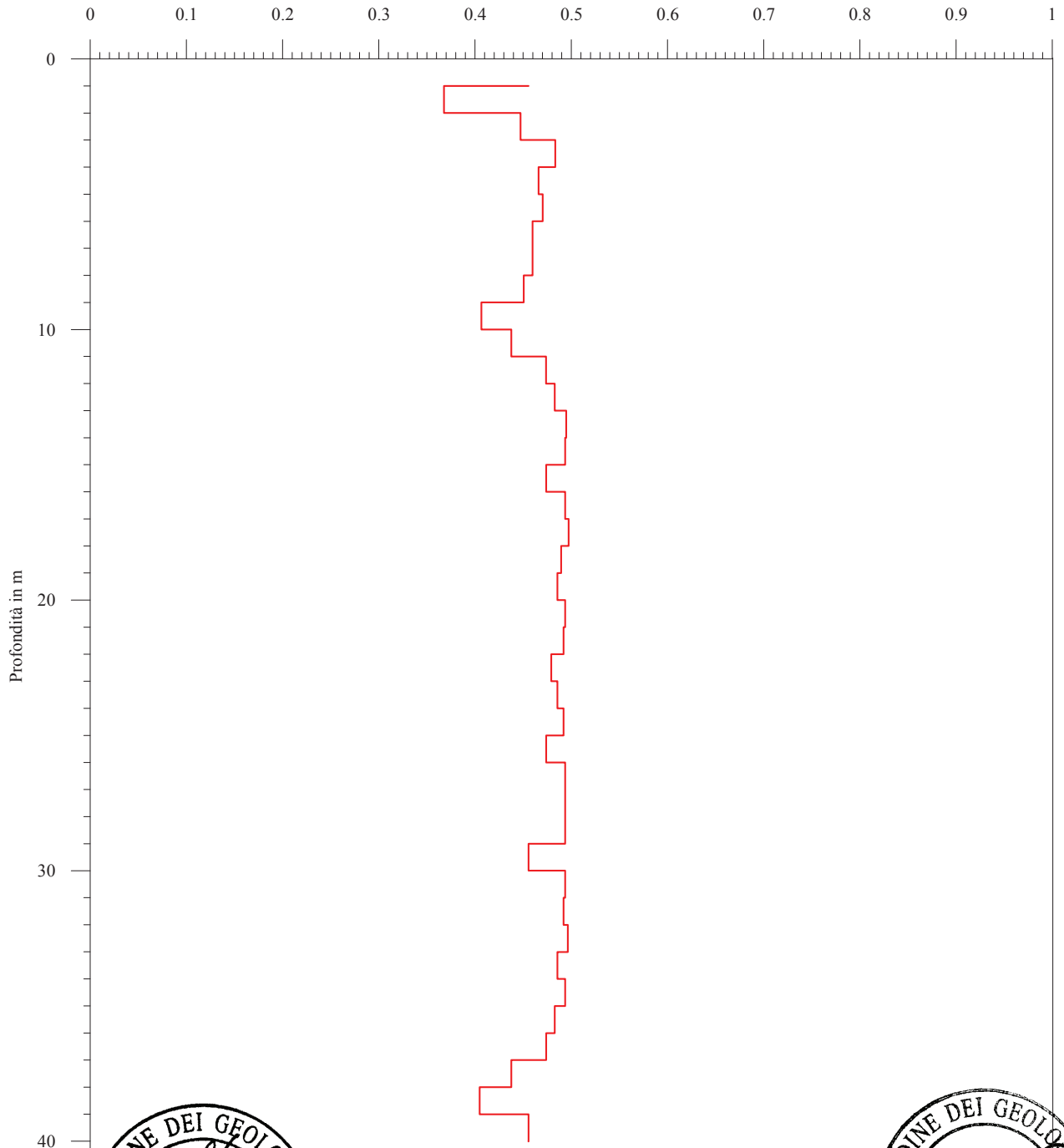


Laboratorio di geofisica

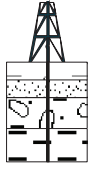
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Coefficiente di Poisson

Certificato n° A 530 GF 110 S1 vintps



C.G.A.

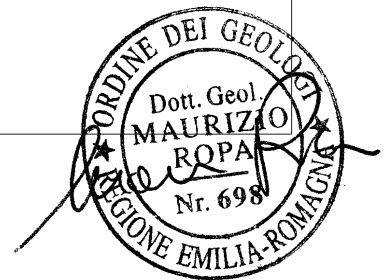
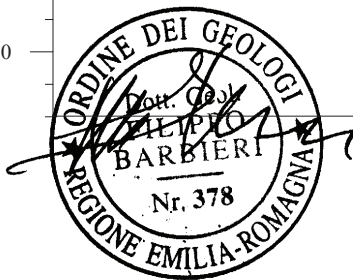
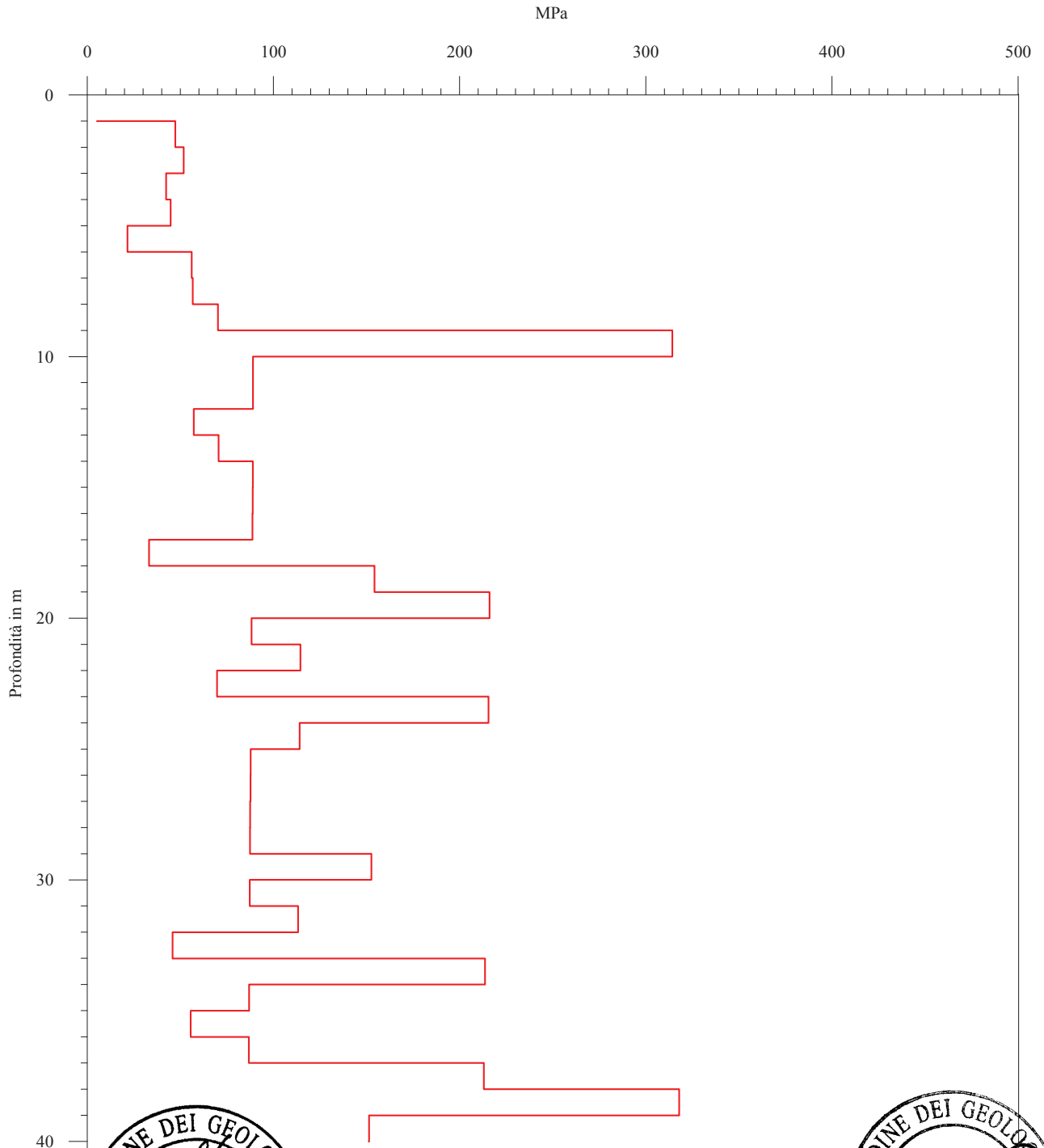


Laboratorio di geofisica

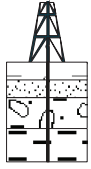
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Modulo di deformazione al taglio

Certificato n° A 530 GF 110 S1 vint defta



C.G.A.

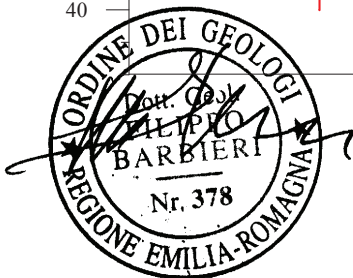
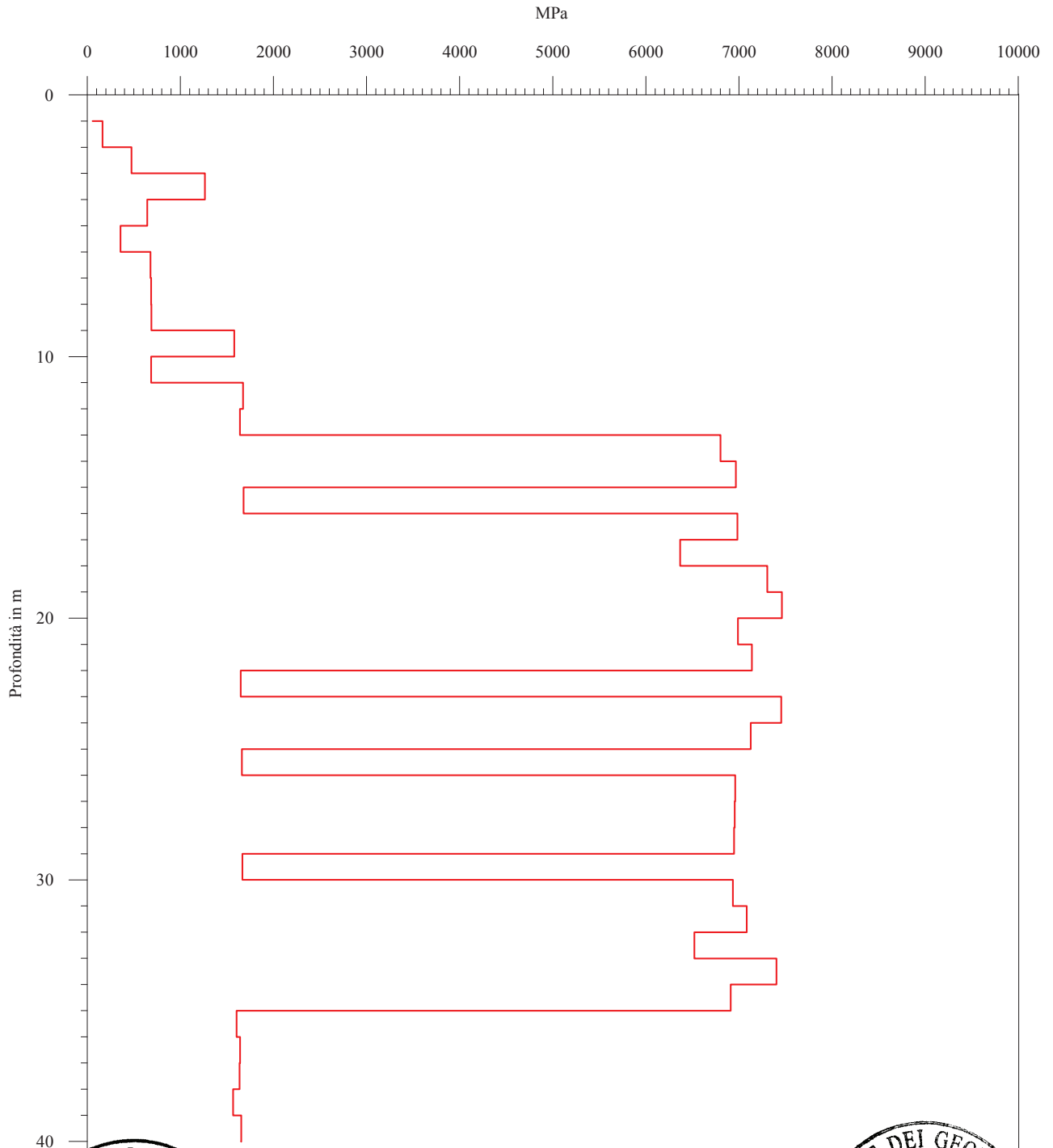


Laboratorio di geofisica

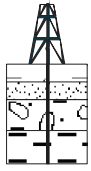
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Modulo di compressibilità volumetrica

Certificato n° A 530 GF 110 S1 vint compvo



C.G.A.

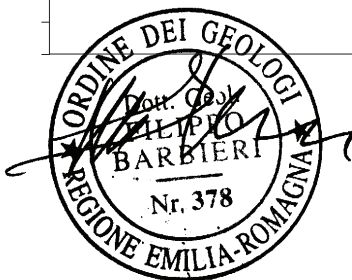
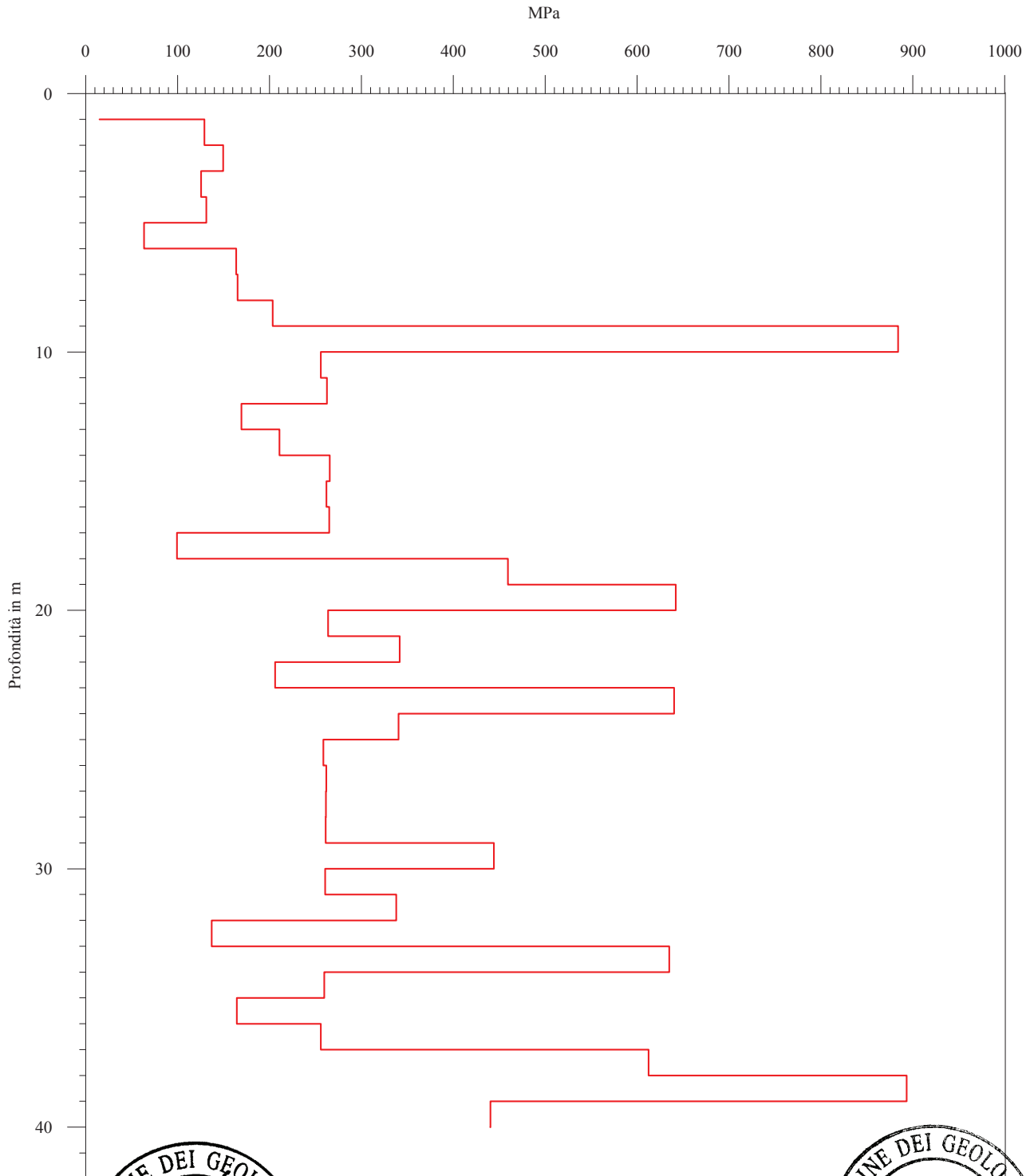


Laboratorio di geofisica

Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S1
Località: Tangenziale Nord **Data:** 26 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Modulo di Young

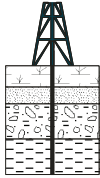
Certificato n° A 530 GF 110 S1 vint you



Metodo diretto - Velocità e parametri calcolati						
Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson	Modulo di Young (MPa)	Modulo di deformazione al taglio (MPa)	Modulo di compressibilità volumetrica (MPa)
4,00	551,72	165,43	0,45	144,68	49,87	488,20
6,00	557,10	135,78	0,47	98,61	33,58	520,51
9,00	657,89	184,96	0,46	189,27	64,95	735,13
12,00	849,86	258,18	0,45	392,05	135,27	1285,39
18,00	1488,83	193,05	0,49	205,09	68,76	3997,79
20,00	1980,20	306,28	0,49	595,74	200,22	8102,25
34,00	1645,12	235,06	0,49	304,85	102,33	4875,95
37,00	1195,22	206,75	0,48	246,62	83,06	2665,05
40,01	864,94	336,69	0,41	679,87	240,97	1268,99

Metodo intervallo - Velocità e parametri calcolati						
Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson	Modulo di Young (MPa)	Modulo di deformazione al taglio (MPa)	Modulo di compressibilità volumetrica (MPa)
2,00	343,04	156,94	0,37	129,21	47,24	162,72
3,00	538,32	166,04	0,45	149,75	51,73	474,75
4,00	855,24	153,20	0,48	125,67	42,36	1263,68
5,00	626,63	158,12	0,47	131,32	44,79	643,79
6,00	484,41	114,59	0,47	63,46	21,58	356,94
7,00	646,69	176,48	0,46	163,76	56,09	678,33
8,00	651,81	177,84	0,46	165,34	56,63	685,25
9,00	655,22	196,30	0,45	203,50	70,14	687,91
10,00	980,08	388,77	0,41	884,05	314,25	1578,18
11,00	659,46	219,44	0,44	255,85	88,98	684,92
12,00	986,92	219,95	0,47	262,47	89,04	1674,03
13,00	989,08	180,52	0,48	169,51	57,16	1639,61
14,00	1964,53	198,68	0,49	210,83	70,52	6800,92
15,00	1970,76	220,82	0,49	265,71	88,95	6966,68
16,00	993,63	221,00	0,47	261,93	88,85	1677,60
17,00	1978,59	221,16	0,49	265,07	88,73	6983,47
18,00	1981,34	142,46	0,50	99,28	33,15	6368,78
19,00	1984,11	284,31	0,49	459,42	154,22	7305,15
20,00	1985,88	331,63	0,49	642,15	216,11	7461,24
21,00	1987,85	221,55	0,49	263,76	88,29	6990,24
22,00	1988,85	249,23	0,49	341,73	114,52	7139,90
23,00	997,60	199,57	0,48	206,17	69,69	1648,52
24,00	1991,23	332,20	0,49	640,34	215,50	7455,34
25,00	1992,03	249,41	0,49	340,50	114,11	7127,36
26,00	998,20	221,82	0,47	258,69	87,75	1660,06
27,00	1993,21	221,83	0,49	261,88	87,66	6960,59
28,00	1994,21	221,87	0,49	261,52	87,54	6955,69
29,00	1994,22	221,88	0,49	261,25	87,45	6947,77
30,00	998,80	285,22	0,46	444,10	152,55	1667,36
31,00	1995,21	221,94	0,49	260,65	87,25	6934,76
32,00	1995,21	249,66	0,49	337,97	113,26	7082,75
33,00	1996,21	166,53	0,50	137,11	45,81	6521,66
34,00	1996,21	332,80	0,49	634,93	213,68	7403,08
35,00	1996,41	222,02	0,49	259,63	86,91	6911,19
36,00	999,10	181,67	0,48	164,48	55,46	1603,52
37,00	999,30	222,02	0,47	255,77	86,76	1641,89
38,00	999,20	332,91	0,44	612,50	213,03	1635,05
39,00	999,30	399,44	0,40	893,26	317,91	1565,85
40,00	999,40	285,46	0,46	440,49	151,31	1652,92

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

CERTIFICATO DONW - HOLE

A 530 - GF 110 - S3

COMMITTENTE:

Comune di Reggio Emilia
Area Ingegneria e Gestione delle Infrastrutture
Unità di Progetto Alta Velocità

LAVORO:

Esecuzione di n° 2 prove Down Hole a 40 m per la determinazione della V_{s30} , per la Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

DATA ESECUZIONE:

Martedì 27 gennaio 2009

LOCALITA' :

Viale Bertani Davolio

STRUMENTAZIONE:

Sismografo M.A.E. A6000S 24 con sensore DH a 5 componenti di produzione AMBROGEO.

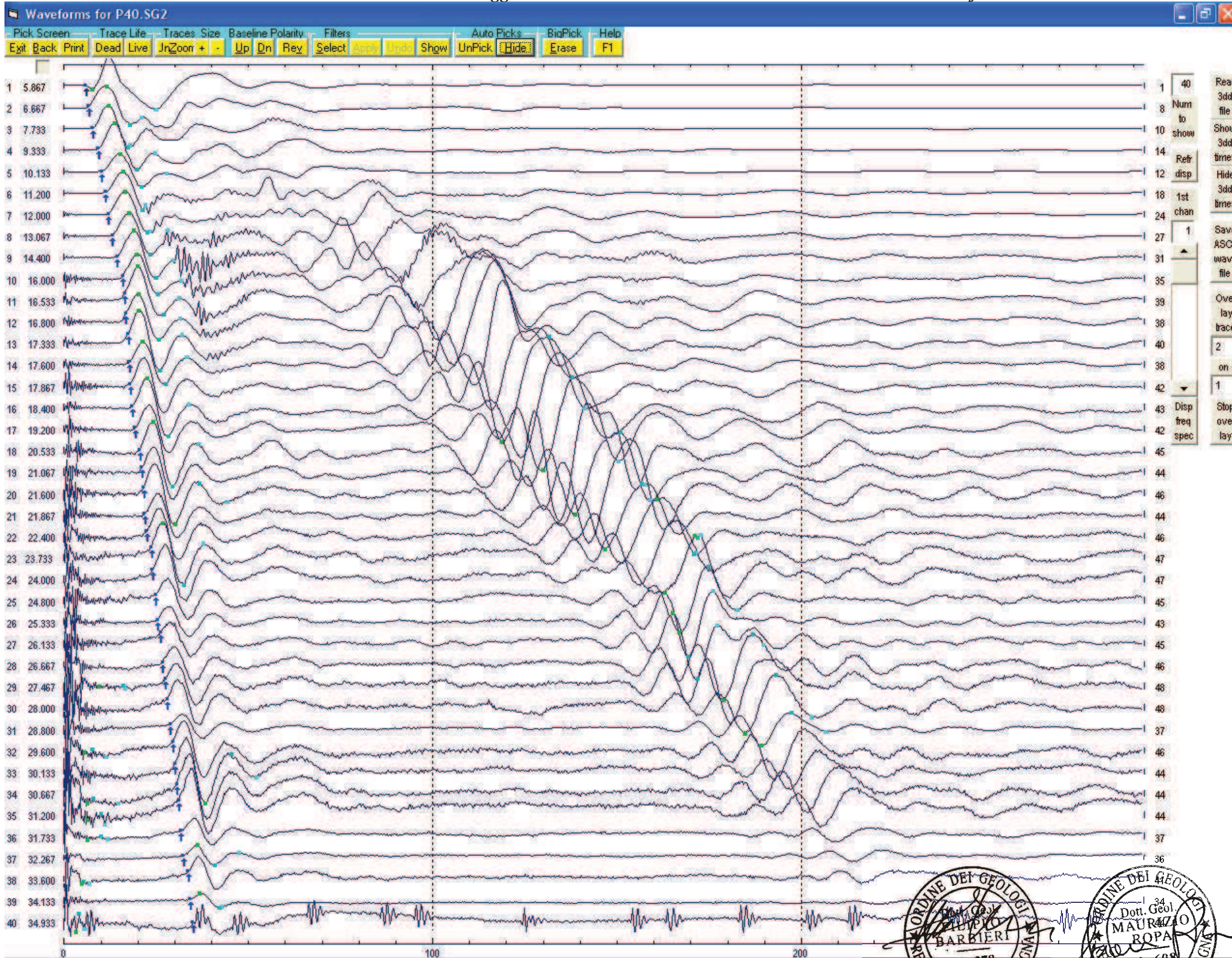
**DISTANZA
ENERGIZZATORI -
SONDAGGIO:**

m 1,05

NOTE:

COMUNE DI REGGIO EMILIA - Tangenziale Nord

Committente: Comune di Reggio Emilia 27.01.2009 Prova: DOWN HOLE - Onde P Certificato: A530 GF 110 S3



	Vp
1	5.87
2	6.67
3	7.73
4	9.33
5	10.13
6	11.20
7	12.00
8	13.07
9	14.40
10	16.00
11	16.53
12	16.80
13	17.33
14	17.60
15	17.87
16	18.40
17	19.20
18	20.53
19	21.07
20	21.60
21	21.87
22	22.40
23	23.73
24	24.40
25	24.80
26	25.33
27	26.13
28	26.67
29	27.47
30	28.00
31	28.80
32	29.60
33	30.13
34	30.67
35	31.20
36	31.73
37	32.27
38	33.60
39	34.13
40	34.93

Tempi di picking in ms

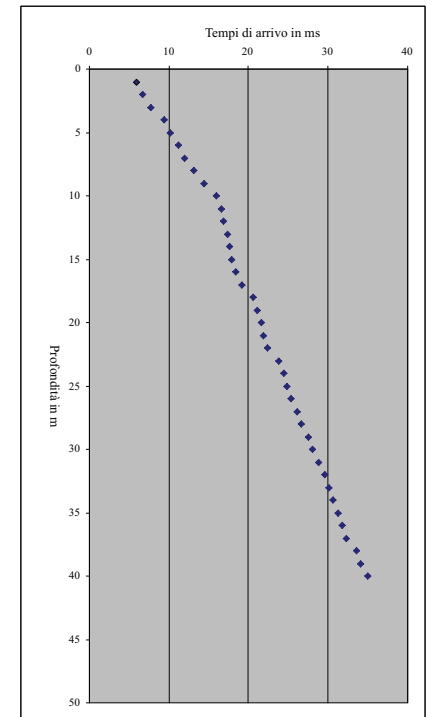
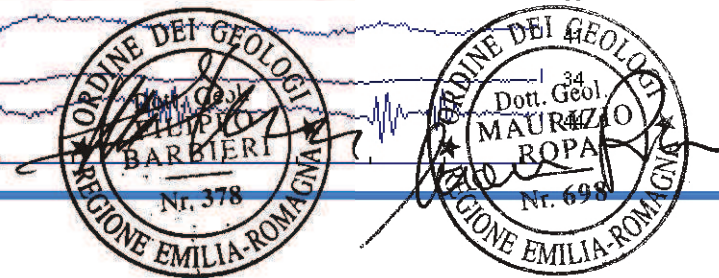
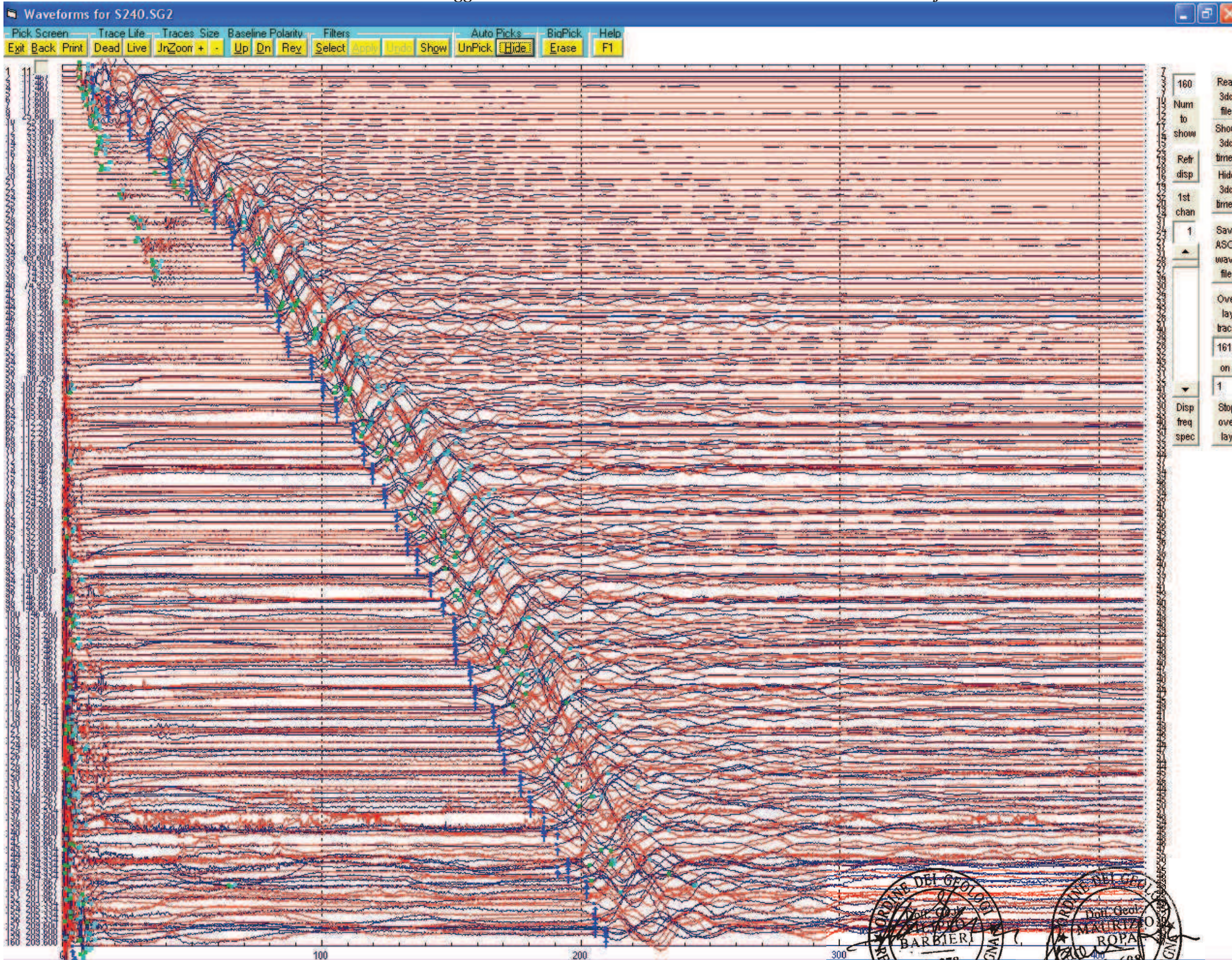


Diagramma di picking in ms



COMUNE DI REGGIO EMILIA - Tangenziale Nord

Committente: Comune di Reggio Emilia 27.01.2009 Prova: DOWN HOLE - Onde S Certificato: A530 GF 110 S3



	Vs
1	11.47
2	17.60
3	25.60
4	33.07
5	41.33
6	49.60
7	58.67
8	65.33
9	69.60
10	74.93
11	78.67
12	83.20
13	86.93
14	96.00
15	100.27
16	105.60
17	112.27
18	116.00
19	119.47
20	124.27
21	128.80
22	132.80
23	136.80
24	141.87
25	146.67
26	149.60
27	151.47
28	156.80
29	159.20
30	166.13
31	168.53
32	170.40
33	176.80
34	180.27
35	185.60
36	190.67
37	194.93
38	201.87
39	205.33
40	209.60

Tempi di picking in ms

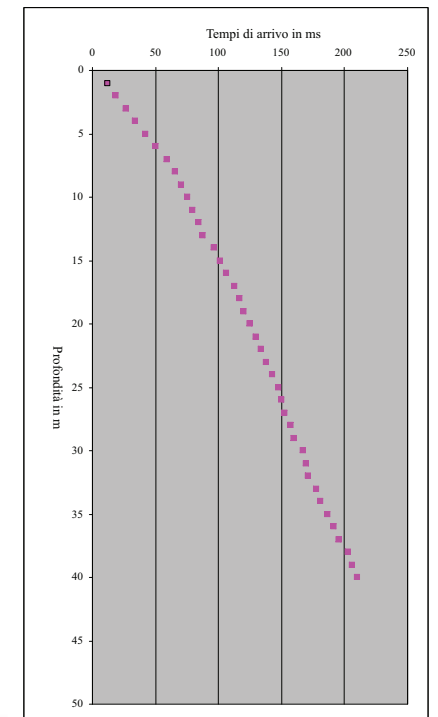
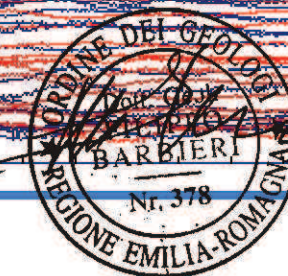
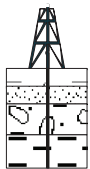


Diagramma di picking in ms



C.G.A.

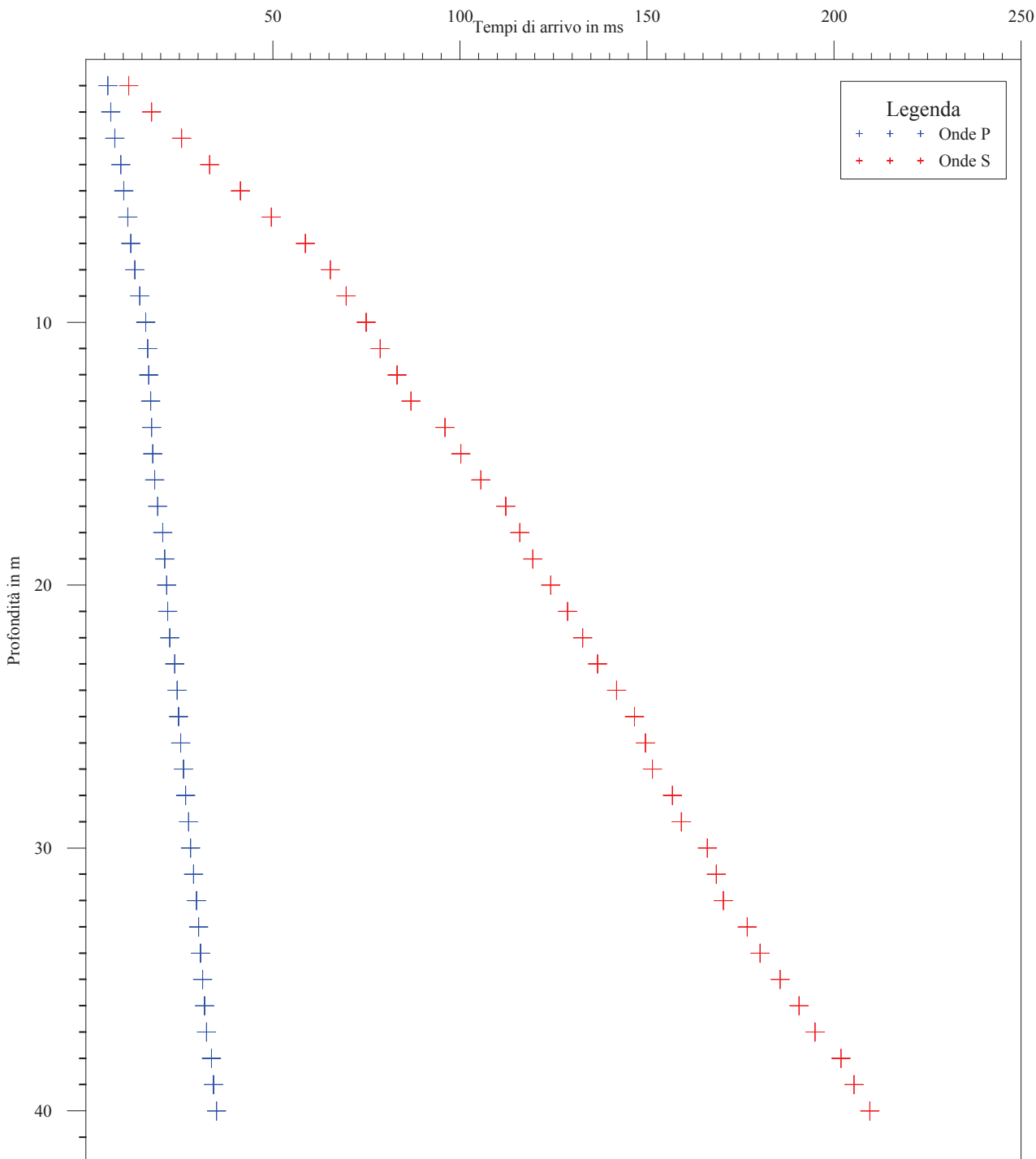


Laboratorio di geofisica

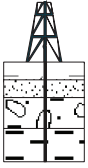
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Rappresentazione grafica dei tempi di primo arrivo

Certificato n° A 530 GF 110 S3 tpa



C.G.A.

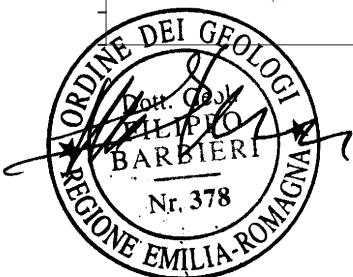
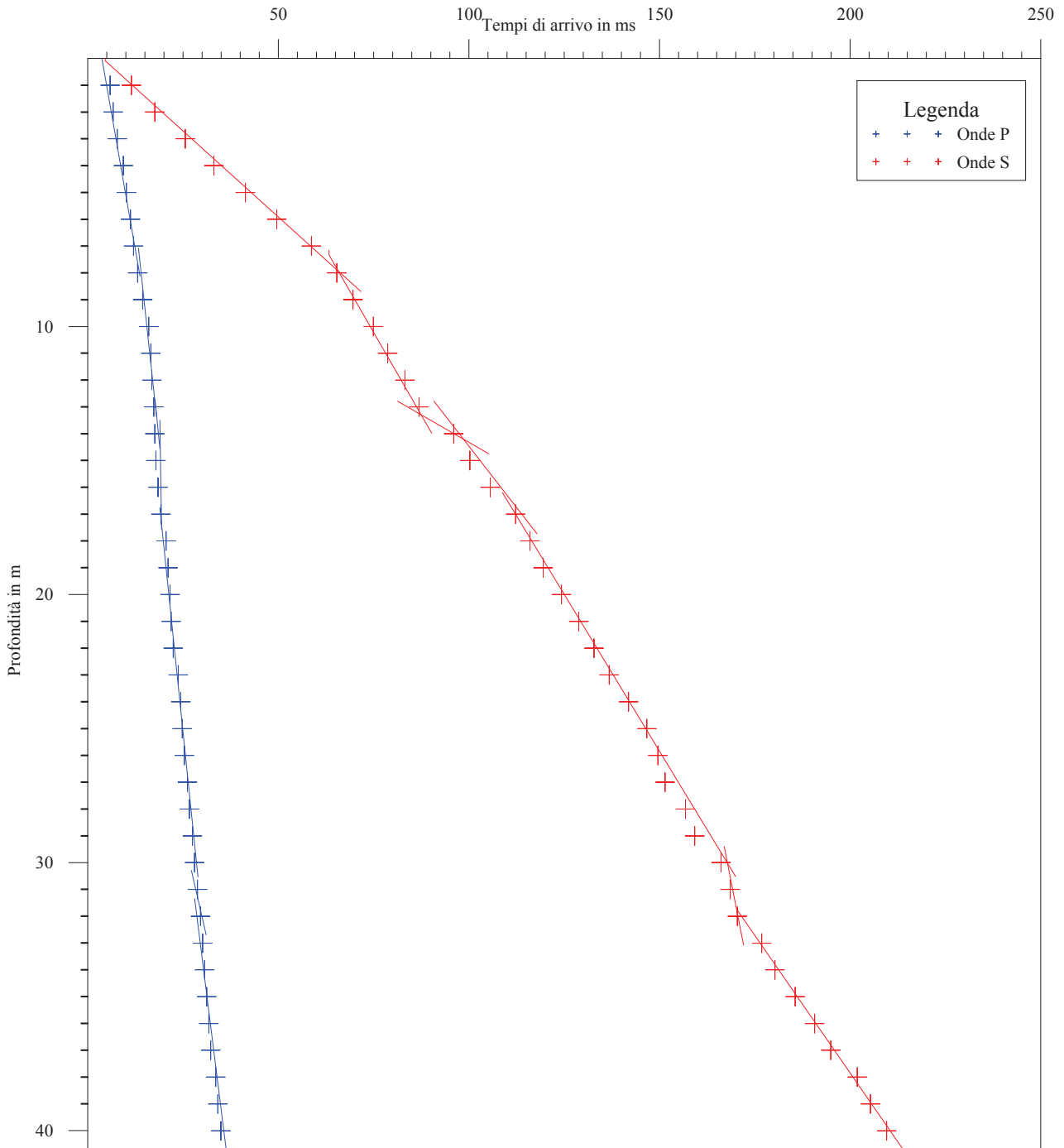


Laboratorio di geofisica

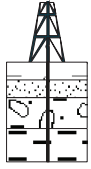
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Interpretazione con il metodo diretto

Certificato n° A 530 GF 110 S3 dro



C.G.A.

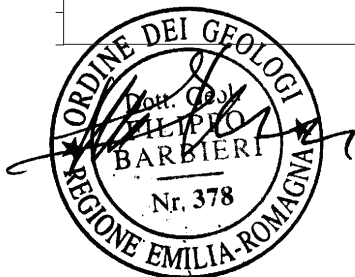
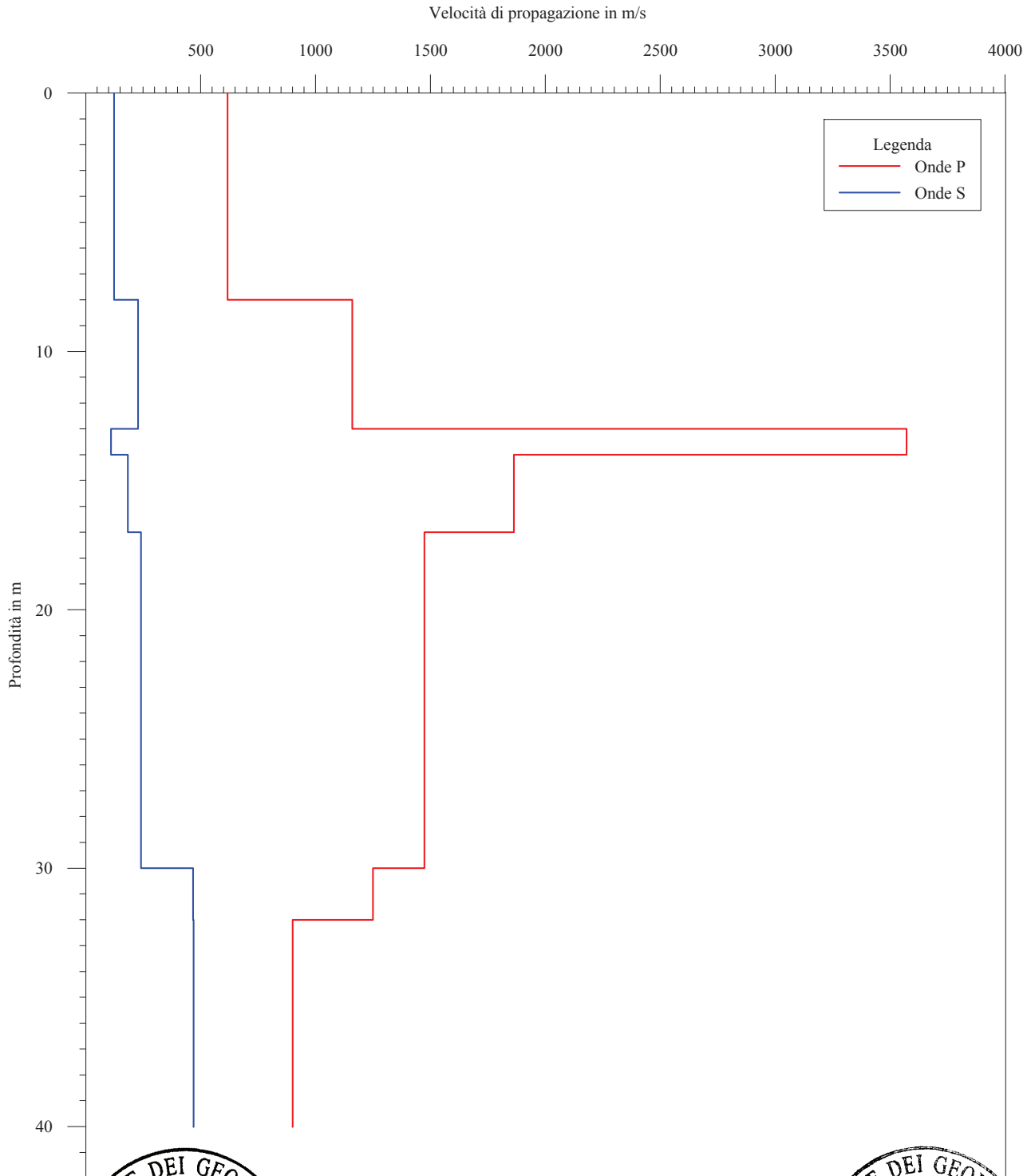


Laboratorio di geofisica

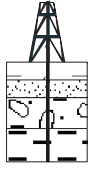
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Rappresentazione grafica delle velocità di strato

Certificato n° A 530 GF 110 S3 vstr



C.G.A.

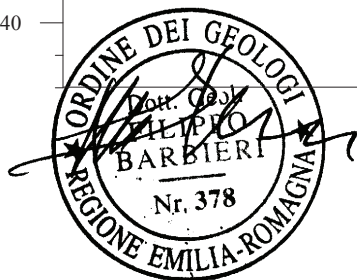
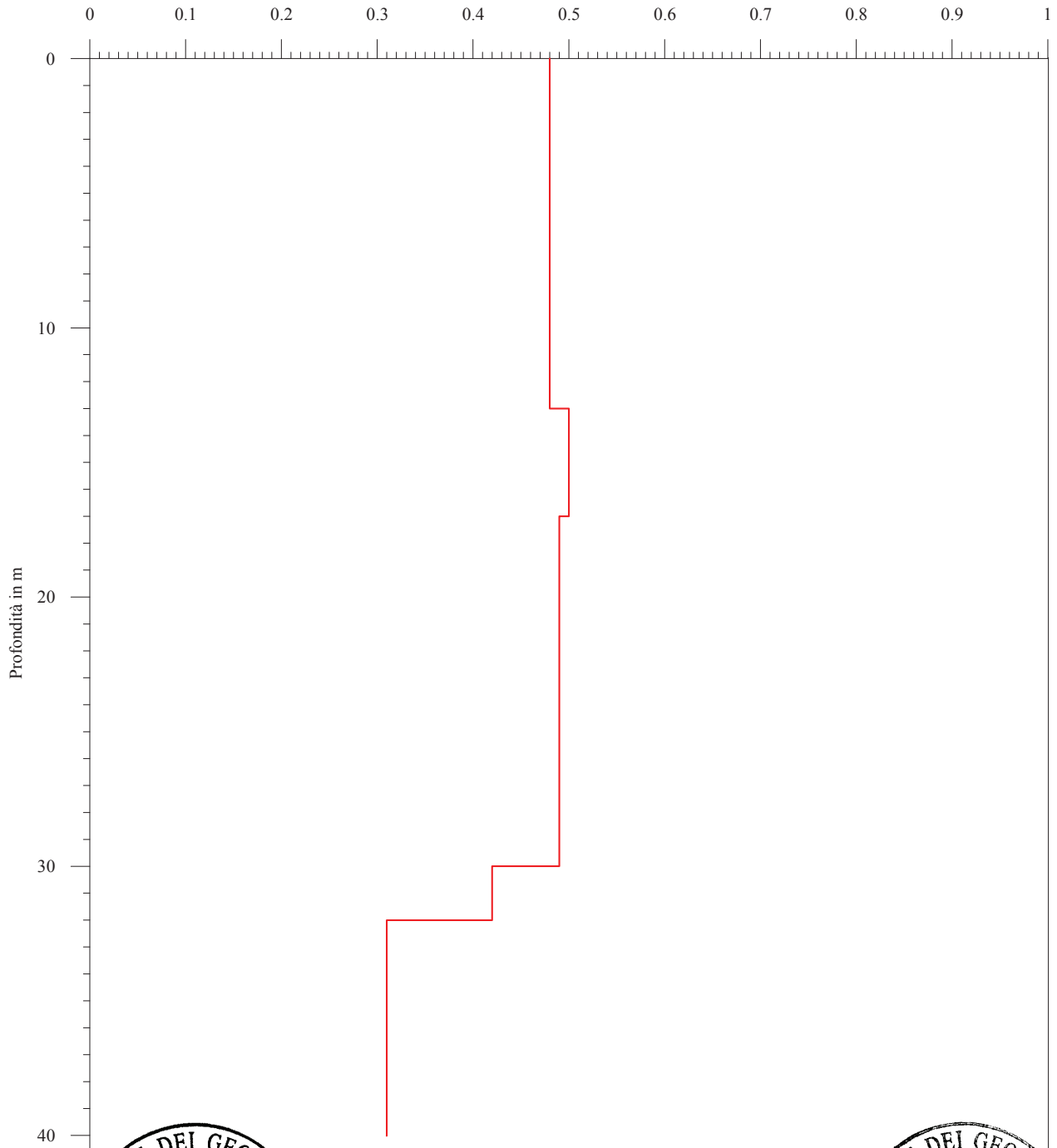


Laboratorio di geofisica

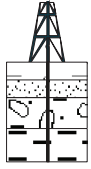
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo diretto - Coefficiente di Poisson

Certificato n° A 530 GF 110 S3 dirpoi



C.G.A.

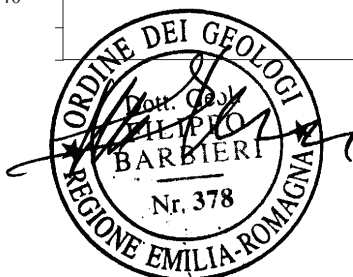
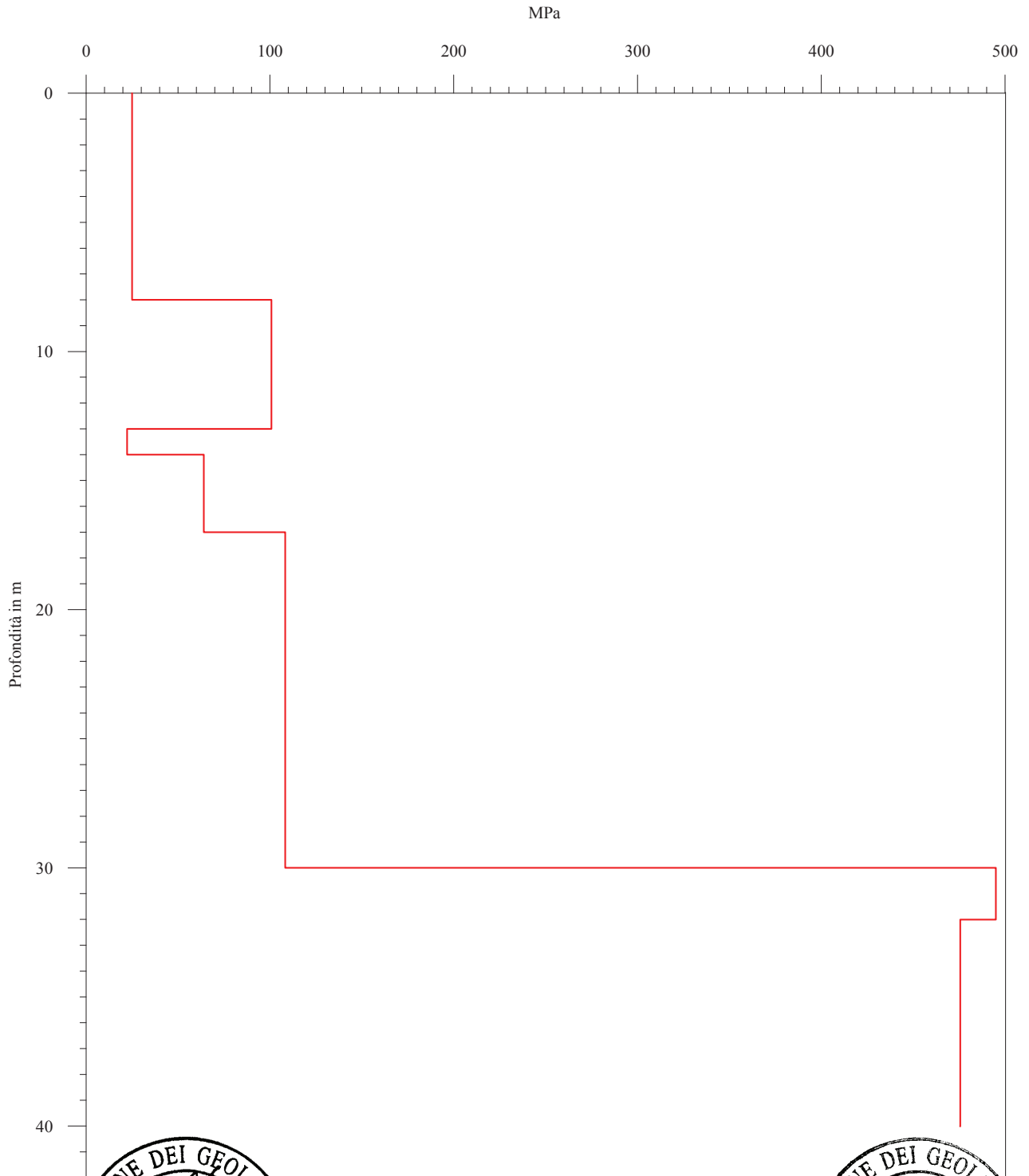


Laboratorio di geofisica

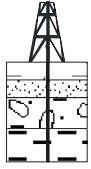
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo diretto - Modulo di deformazione al taglio

Certificato n° A 530 GF 110 S3 dirta



C.G.A.

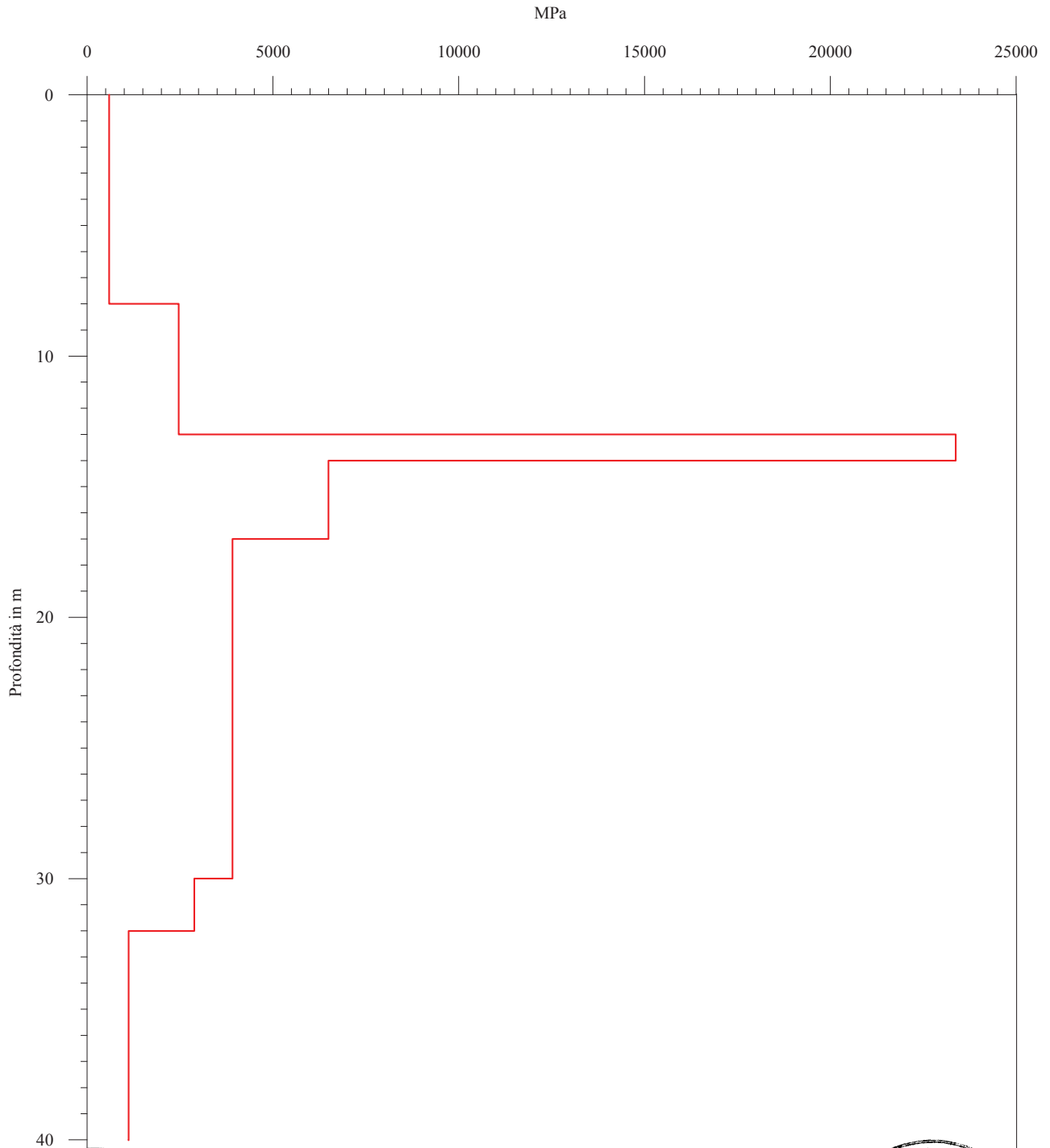


Laboratorio di geofisica

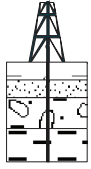
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo diretto - Modulo di compressibilità volumetrica

Certificato n° A 530 GF 110 S3 dircov



C.G.A.

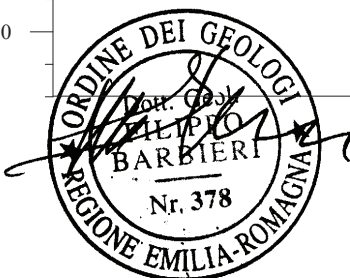
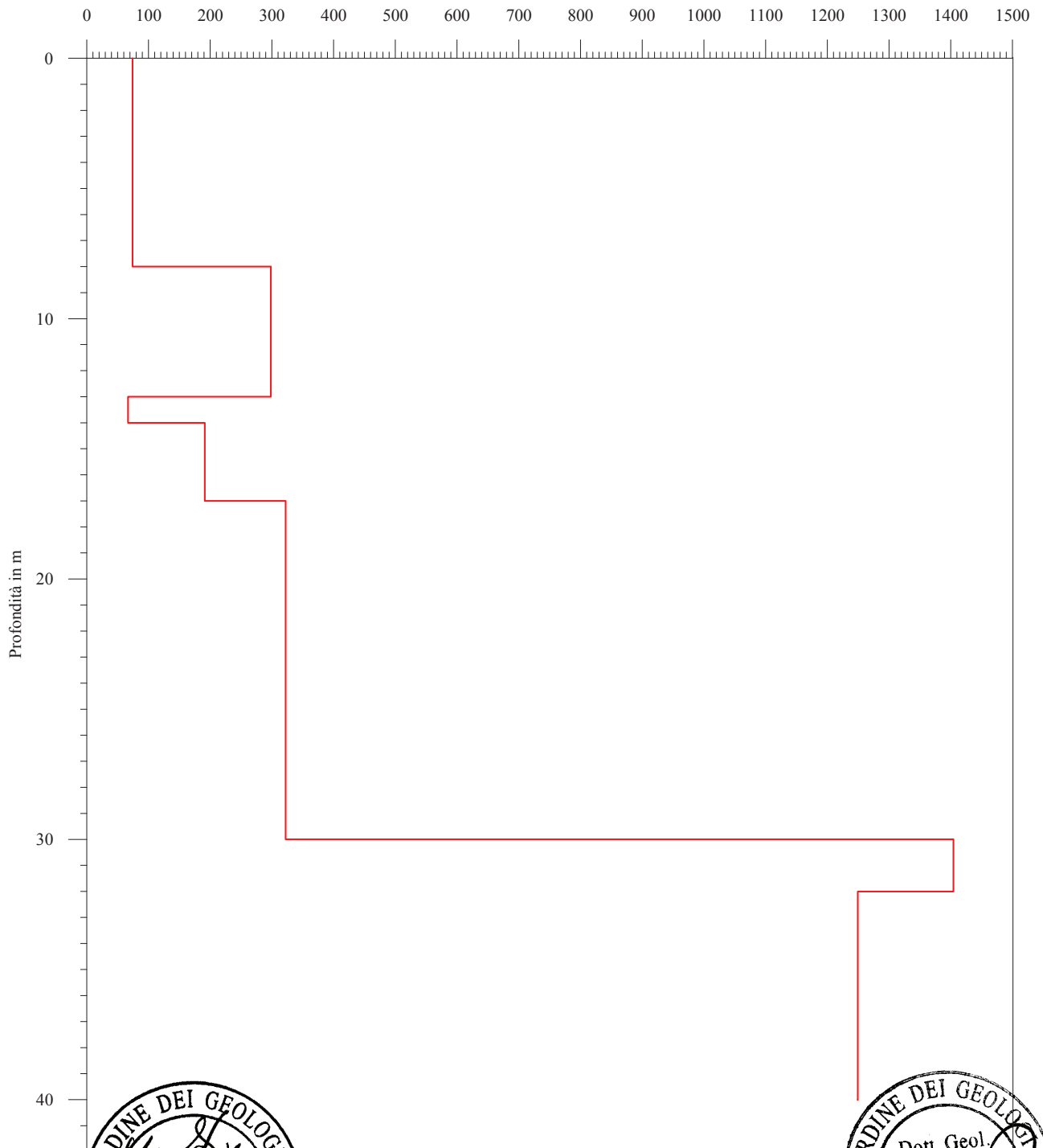


Laboratorio di geofisica

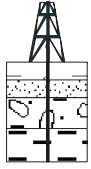
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo diretto - Modulo di Young

Certificato n° A 530 GF 110 S3 diryou



C.G.A.

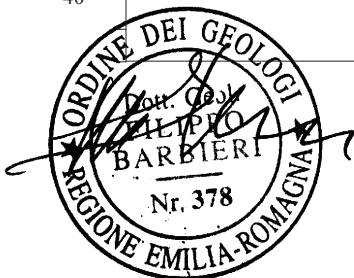
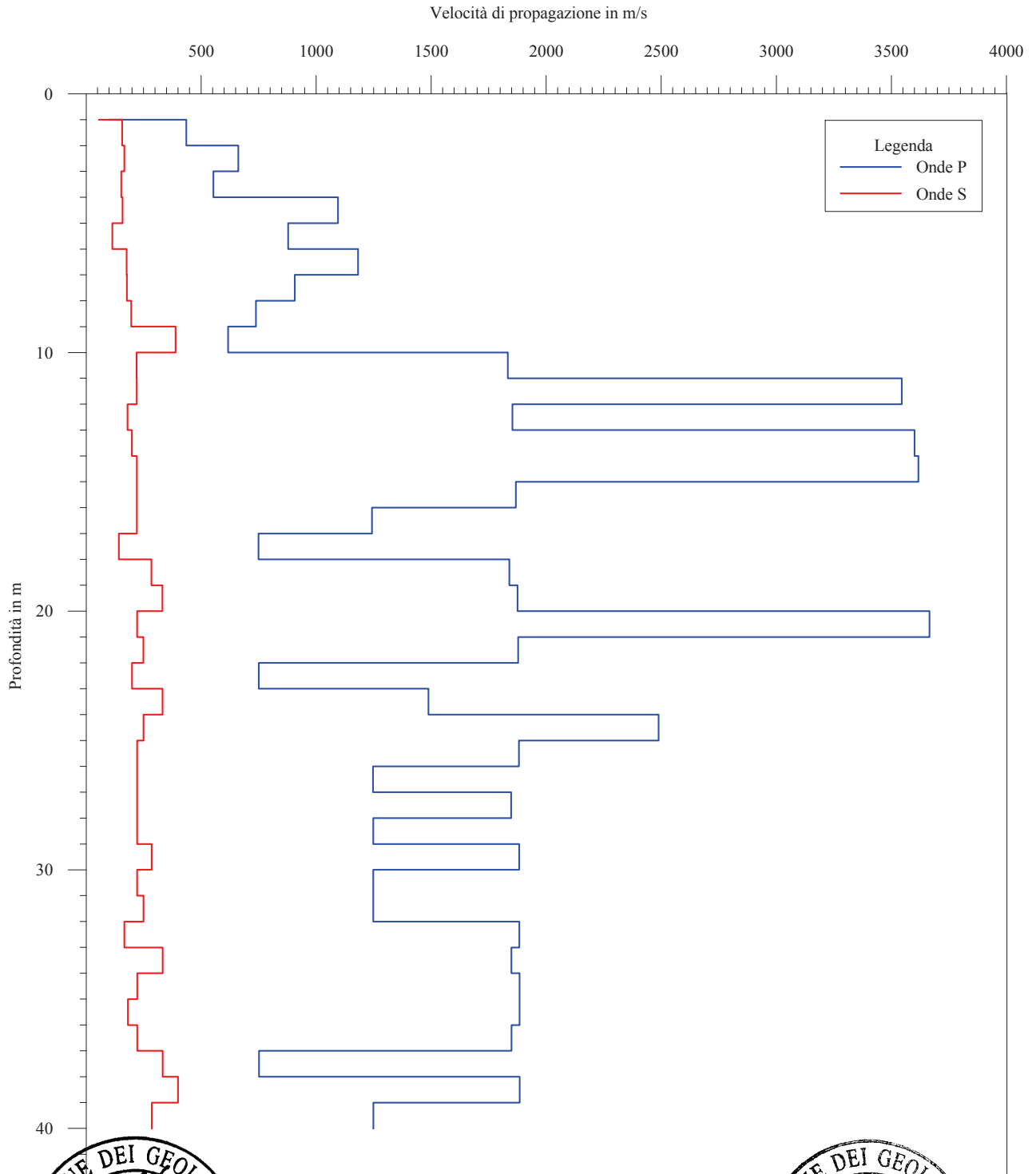


Laboratorio di geofisica

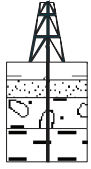
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Velocità di intervallo

Certificato n° A 530 GF 110 S3 vint



C.G.A.

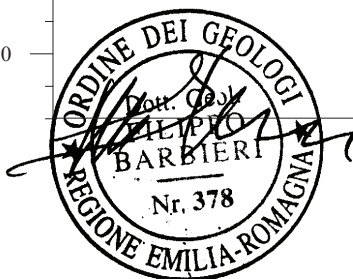
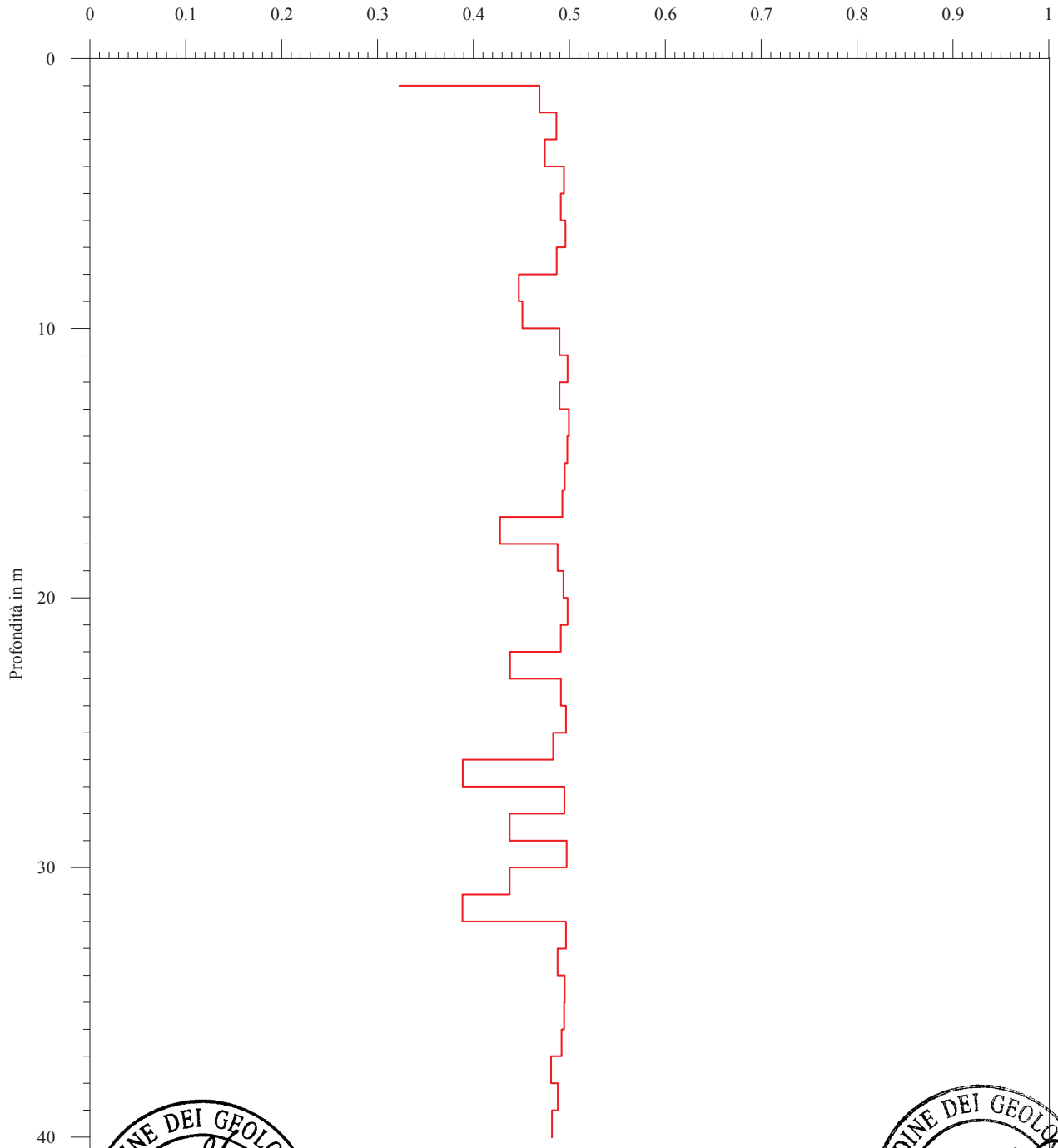


Laboratorio di geofisica

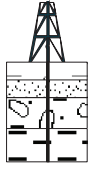
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Coefficiente di Poisson

Certificato n° A 530 GF 110 S3 vintps



C.G.A.

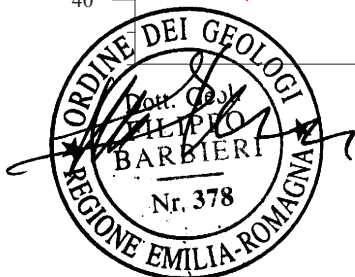
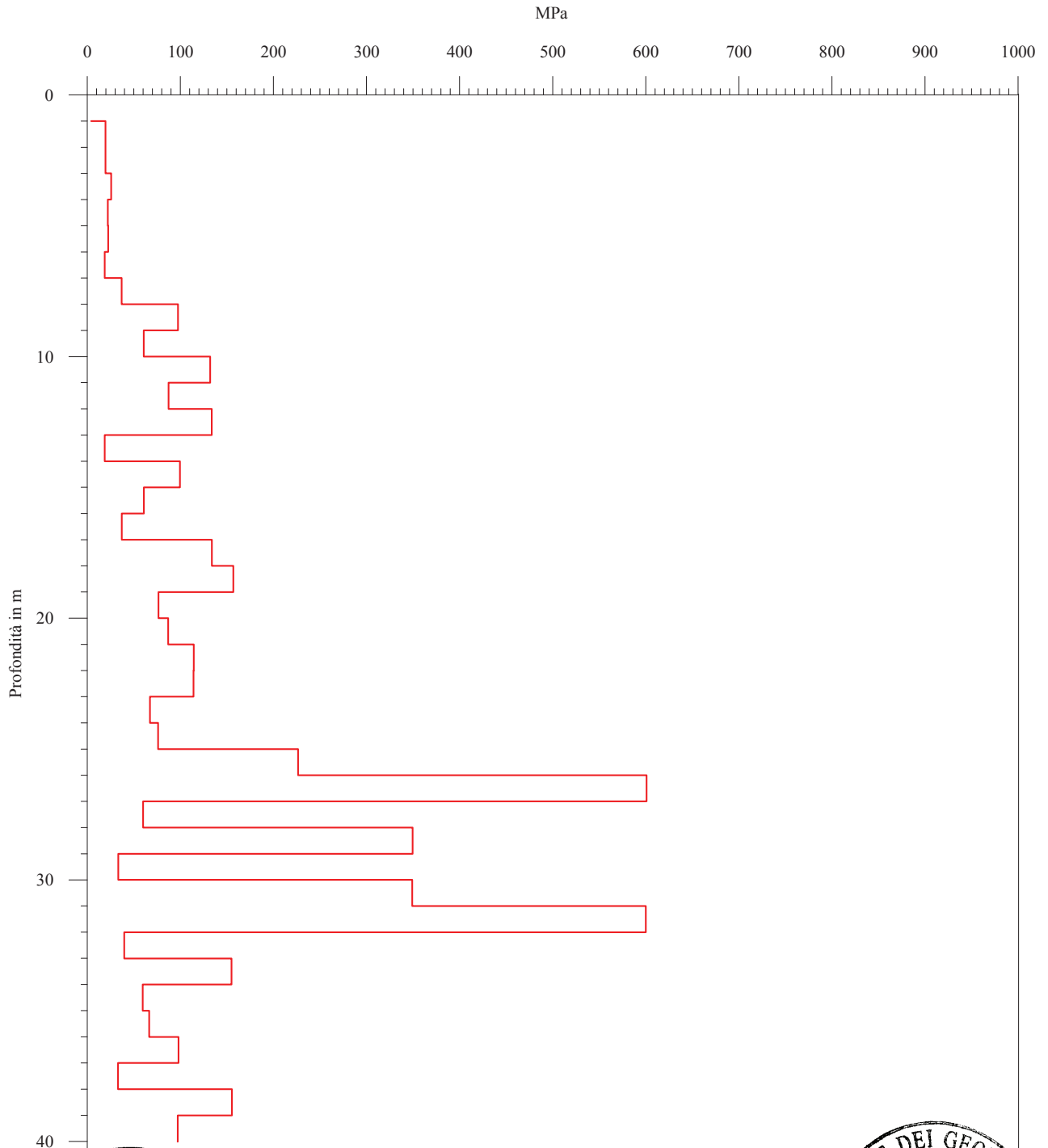


Laboratorio di geofisica

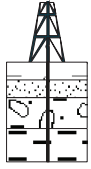
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Modulo di deformazione al taglio

Certificato n° A 530 GF 110 S3 vint defta



C.G.A.

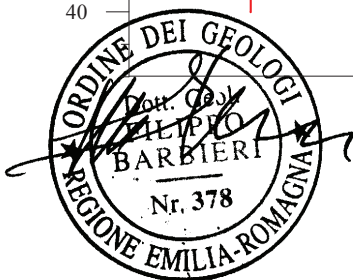
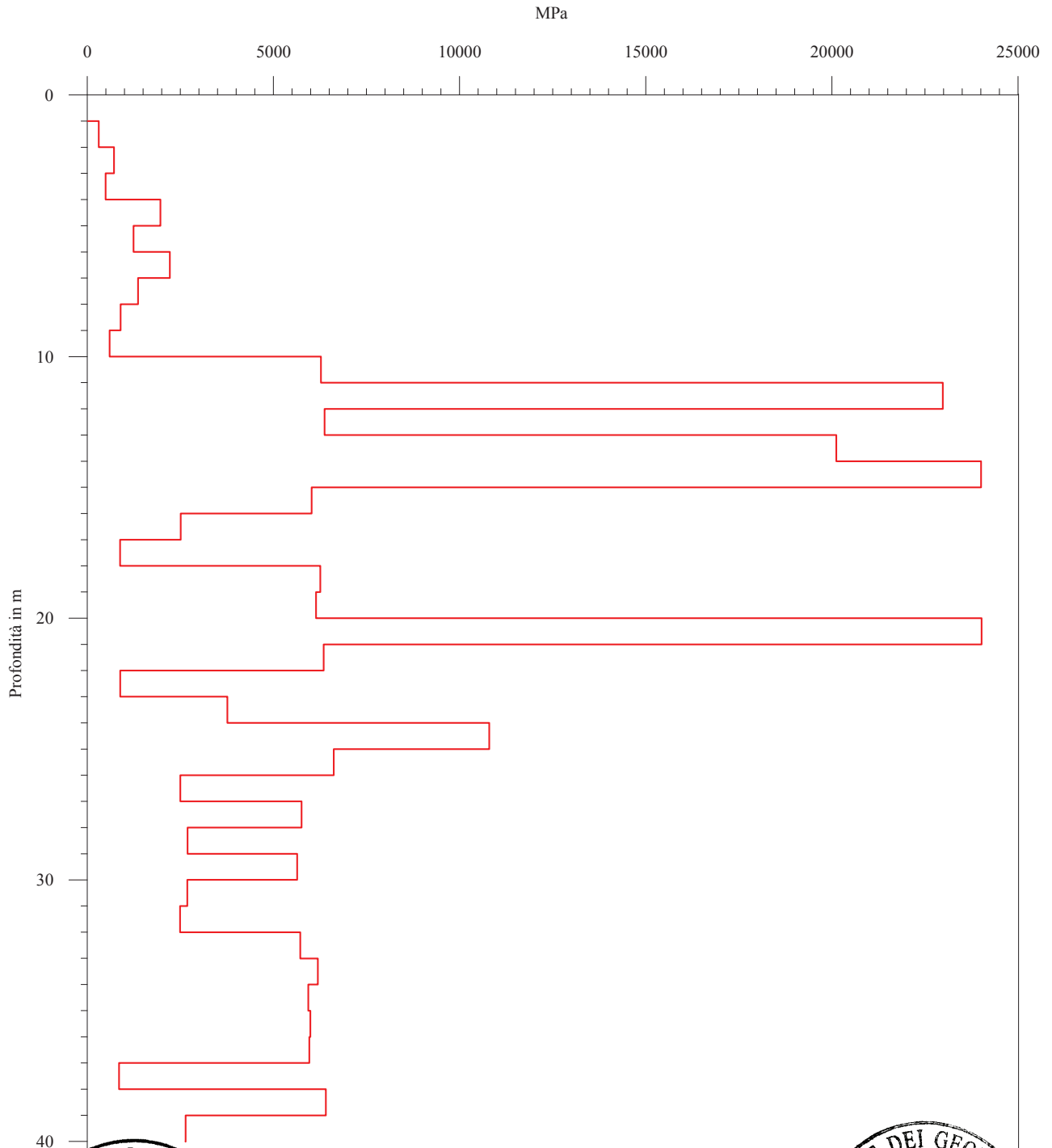


Laboratorio di geofisica

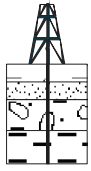
Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo Modulo di compressibilità volumetrica

Certificato n° A 530 GF 110 S3 vint compvo



C.G.A.



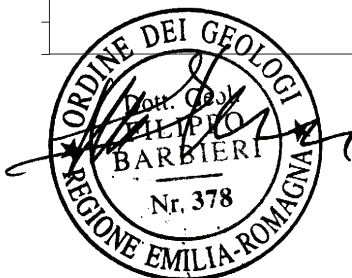
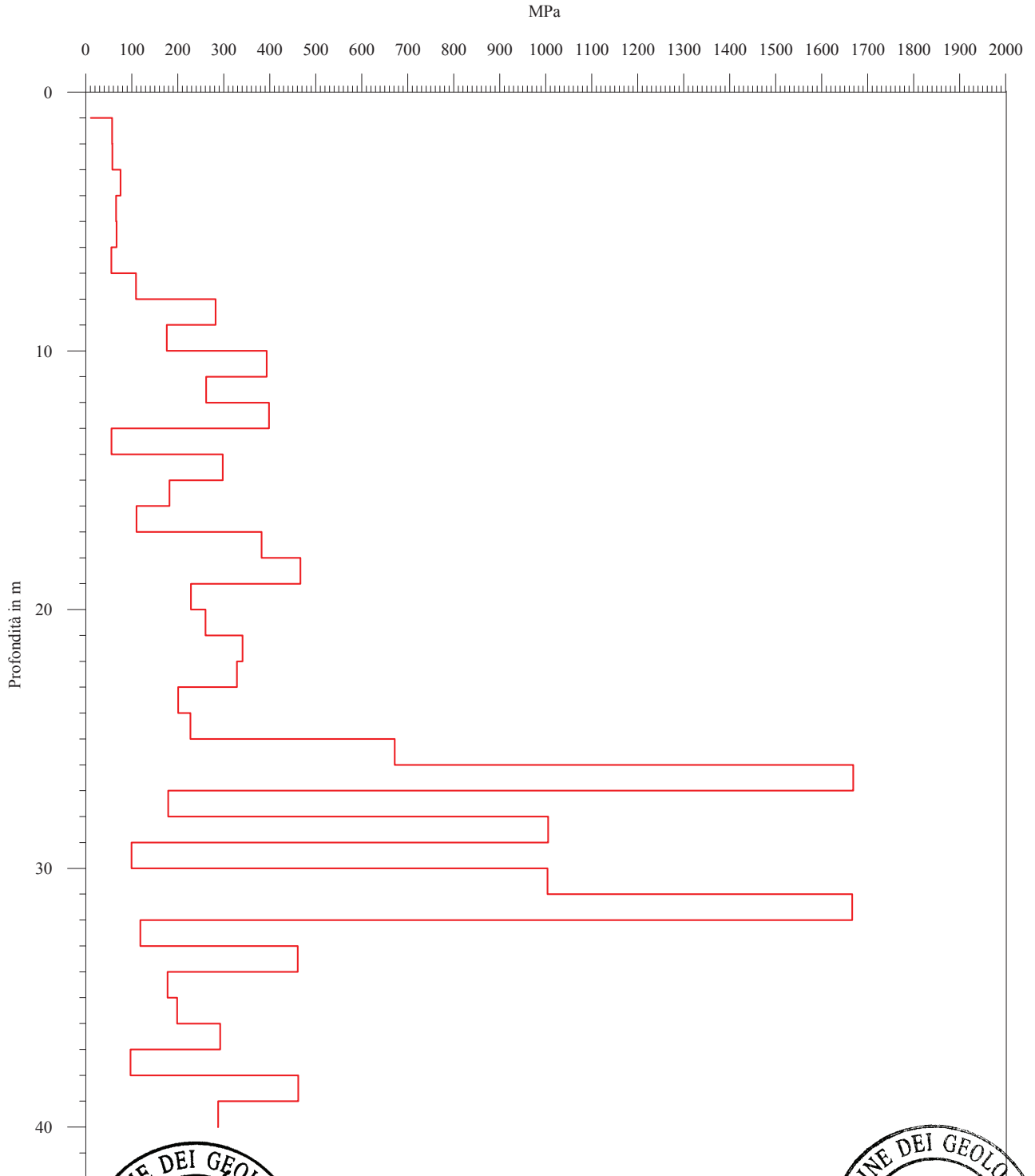
Laboratorio di geofisica

Committente: Comune REGGIO EMILIA **Prova :** Down Hole S3
Località: Tangenziale Nord **Data:** 27 gennaio 2009

Metodo del Pseudointervallo

Modulo di Young

Certificato n° A 530 GF 110 S3 vint you



Metodo diretto - Velocità e parametri calcolati						
Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson	Modulo di Young (MPa)	Modulo di deformazione al taglio (MPa)	Modulo di compressibilità volumetrica (MPa)
8,00	617,28	123,51	0,48	73,99	25,01	591,38
13,00	1160,09	228,52	0,48	298,35	100,81	2463,54
14,00	3571,43	110,13	0,50	66,75	22,26	23375,71
17,00	1863,35	183,71	0,50	191,32	63,98	6497,05
30,00	1473,92	240,87	0,49	322,14	108,37	3913,25
32,00	1250,00	467,29	0,42	1404,55	494,99	2881,95
40,01	901,01	469,52	0,31	1249,60	475,63	1117,39

Metodo intervallo - Velocità e parametri calcolati						
Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson	Modulo di Young (MPa)	Modulo di deformazione al taglio (MPa)	Modulo di compressibilità volumetrica (MPa)
2,00	435,52	105,43	0,47	57,38	19,53	307,22
3,00	661,32	107,17	0,49	58,00	19,51	716,97
4,00	553,78	122,34	0,47	75,66	25,66	491,47
5,00	1094,55	115,06	0,49	65,84	22,03	1964,38
6,00	878,05	116,78	0,49	67,12	22,51	1242,79
7,00	1182,30	107,72	0,50	55,70	18,62	2218,74
8,00	907,12	146,63	0,49	109,50	36,83	1360,56
9,00	738,34	227,79	0,45	282,45	97,57	894,98
10,00	617,58	184,44	0,45	176,27	60,74	600,02
11,00	1833,43	262,28	0,49	393,31	132,02	6274,99
12,00	3545,40	217,95	0,50	261,54	87,29	22981,10
13,00	1853,08	264,68	0,49	398,41	133,73	6376,71
14,00	3600,59	109,76	0,50	56,14	18,72	20122,10
15,00	3617,68	232,27	0,50	298,14	99,52	24009,58
16,00	1868,01	186,55	0,50	182,09	60,90	6024,78
17,00	1242,84	149,33	0,49	110,31	36,95	2510,28
18,00	749,57	266,43	0,43	382,17	133,84	880,90
19,00	1839,68	286,49	0,49	466,63	156,84	6258,33
20,00	1875,48	207,54	0,49	228,58	76,51	6146,15
21,00	3666,30	219,97	0,50	260,36	86,89	24021,78
22,00	1878,15	249,10	0,49	341,14	114,40	6350,83
23,00	750,68	249,21	0,44	328,61	114,25	884,30
24,00	1487,94	196,78	0,49	201,00	67,40	3763,88
25,00	2488,16	207,85	0,50	227,59	76,04	10794,86
26,00	1881,02	340,17	0,48	671,67	226,44	6621,83
27,00	1247,60	532,22	0,39	1668,75	600,79	2500,31
28,00	1847,13	187,34	0,49	179,44	60,02	5754,53
29,00	1248,03	415,37	0,44	1005,18	349,58	2689,82
30,00	1882,46	144,16	0,50	99,74	33,31	5636,04
31,00	1248,31	415,54	0,44	1003,98	349,16	2685,44
32,00	1248,32	533,04	0,39	1666,31	600,04	2490,82
33,00	1883,37	156,12	0,50	118,73	39,67	5719,87
34,00	1848,87	287,75	0,49	460,95	154,93	6189,71
35,00	1883,90	187,46	0,50	178,08	59,56	5935,46
36,00	1884,08	197,04	0,49	198,80	66,51	5992,49
37,00	1849,40	234,51	0,49	292,30	97,97	5962,41
38,00	751,47	144,00	0,48	97,50	32,92	852,69
39,00	1884,62	288,68	0,49	462,05	155,26	6410,06
40,00	1249,00	234,00	0,48	288,09	97,21	2639,90

ALLEGATI

PROVE DOWN HOLE

(Fase III)



Via Morandi, 3 - Quattro Castella (RE)
tel. 0522/887268 - fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it e-mail: info@subsoilsrl.it

Indagini geologiche funzionali alla redazione del progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia

Committente: **Comune di Reggio Emilia**
Area Pianificazione Strategica-Unità di Progetto Area Nord

Località: **Via Gian Maria Ferraroni**
Comune di Reggio Emilia

PROVA SISMICA TIPO DOWN-HOLE

NOME PROVA: **DH SD**

PROFONDITA' PROVA:
38,00 m dal piano campagna

DATA PROVA: **9 GENNAIO 2013**



$V_{s30} = 226 \text{ m/s}$

Categoria di suolo C

NOTE:
La strumentazione utilizzata è costituita dal geofono tridimensionale da foro DHTG 50 PASI e dalla centralina cominata geofisica 16SG24-N PASI.

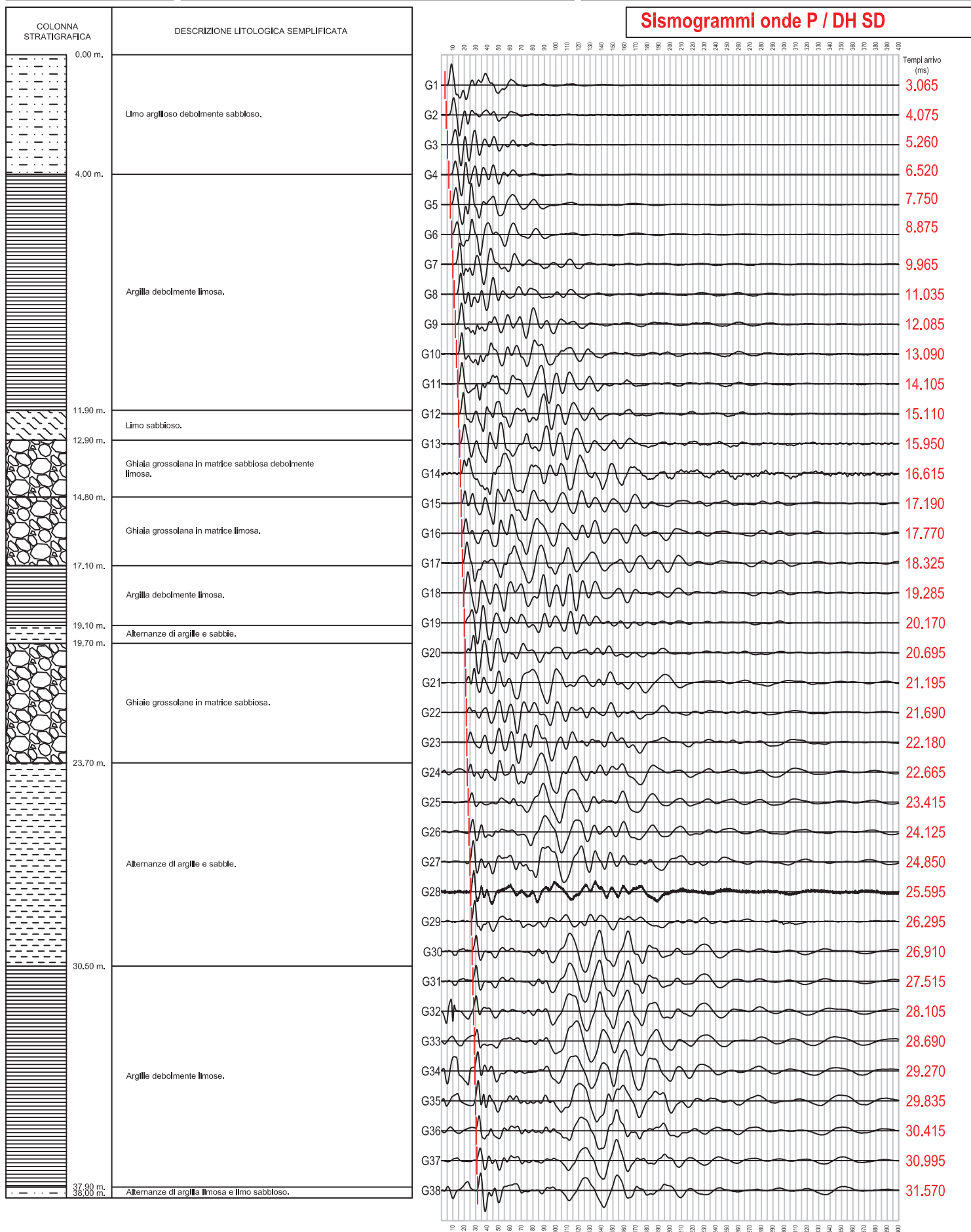
La V_{s30} è stata calcolata nei primi 30 metri dal piano campagna.

Indagini geologiche funzionali alla redazione del progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia

Committente: Comune di Reggio Emilia
Area Pianificazione Strategica-Unità di Progetto Area Nord

Località: Via Gian Maria Ferraroni
Comune di Reggio Emilia

Sismogrammi onde P / DH SD

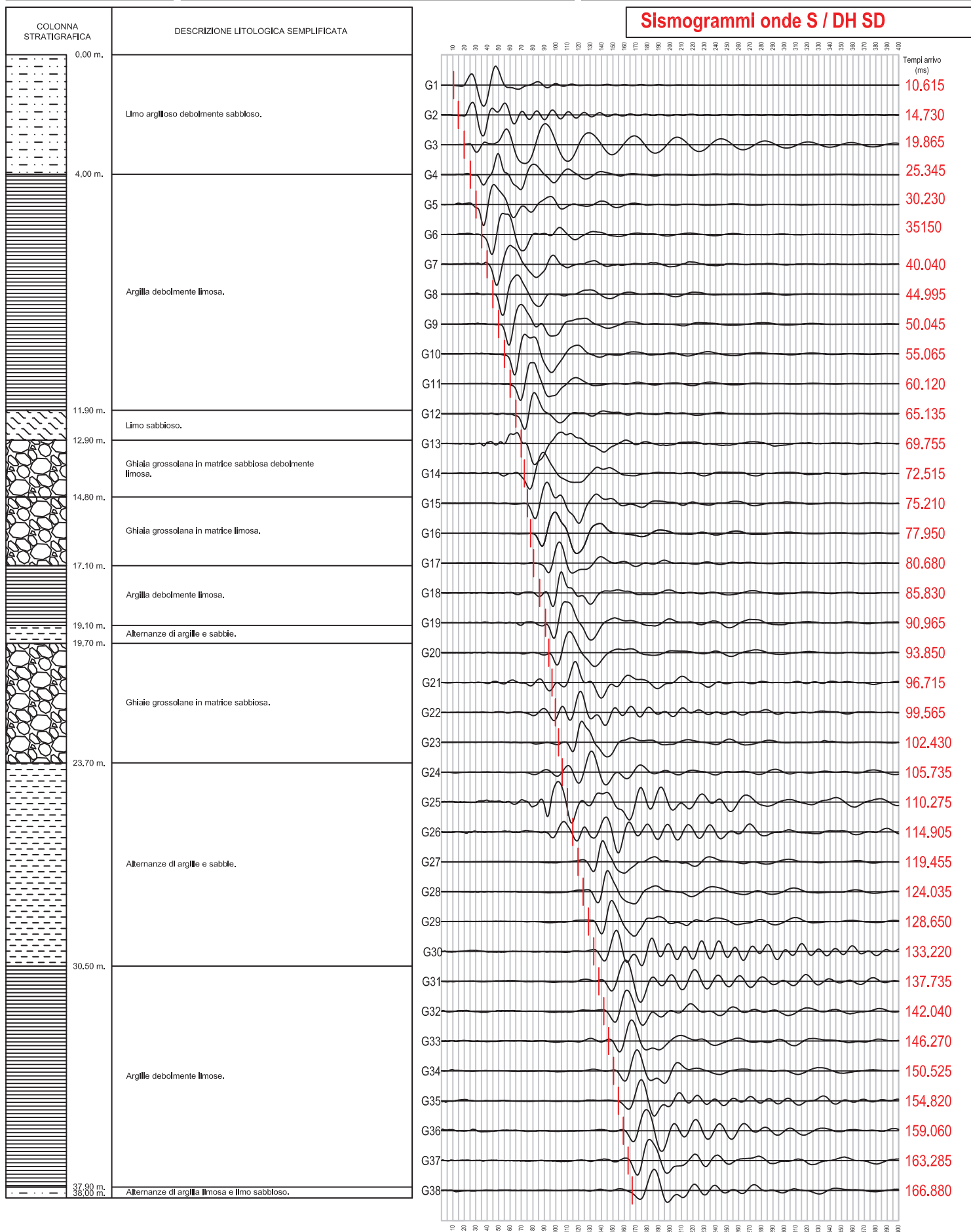


Indagini geologiche funzionali alla redazione del progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia

Committente: Comune di Reggio Emilia
Area Pianificazione Strategica-Unità di Progetto Area Nord

Località: Via Gian Maria Ferraroni
Comune di Reggio Emilia

Sismogrammi onde S / DH SD



Indagini geologiche funzionali alla redazione del progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia

Committente: Comune di Reggio Emilia
Area Pianificazione Strategica-Unità di Progetto Area Nord

Località: Via Gian Maria Ferraroni
Comune di Reggio Emilia

Tabella onde P / DH SD

Sismic data acquisition depth	Distance source P-wave triaxial geofone	Arrival time P-wave	Arrival time P-wave	Vp to travel L Vp = L/t	L2 - L1	t2 - t1	Vp for each level of one meter Vp = (L2-L1)/(t2-t1)
(m)	L (m)	t (s)	t (ms)	(m/s)	(m)	(s)	(m/s)
1,00	1,80	0,003	3,1	588	1,80	0,0031	588
2,00	2,50	0,004	4,1	613	0,70	0,0010	690
3,00	3,35	0,005	5,3	638	0,85	0,0012	721
4,00	4,27	0,007	6,5	655	0,92	0,0013	728
5,00	5,22	0,008	7,8	674	0,95	0,0012	771
6,00	6,18	0,009	8,9	697	0,96	0,0011	857
7,00	7,16	0,010	10,0	718	0,97	0,0011	894
8,00	8,14	0,011	11,0	738	0,98	0,0011	916
9,00	9,12	0,012	12,1	755	0,98	0,0011	938
10,00	10,11	0,013	13,1	772	0,99	0,0010	983
11,00	11,10	0,014	14,1	787	0,99	0,0010	975
12,00	12,09	0,015	15,1	800	0,99	0,0010	987
13,00	13,09	0,016	16,0	820	0,99	0,0008	1182
14,00	14,08	0,017	16,6	847	0,99	0,0007	1495
15,00	15,07	0,017	17,2	877	0,99	0,0006	1730
16,00	16,07	0,018	17,8	904	1,00	0,0006	1716
17,00	17,07	0,018	18,3	931	1,00	0,0006	1794
18,00	18,06	0,019	19,3	937	1,00	0,0010	1038
19,00	19,06	0,020	20,2	945	1,00	0,0009	1126
20,00	20,06	0,021	20,7	969	1,00	0,0005	1899
21,00	21,05	0,021	21,2	993	1,00	0,0005	1995
22,00	22,05	0,022	21,7	1017	1,00	0,0005	2015
23,00	23,05	0,022	22,2	1039	1,00	0,0005	2036
24,00	24,05	0,023	22,7	1061	1,00	0,0005	2058
25,00	25,04	0,023	23,4	1070	1,00	0,0008	1331
26,00	26,04	0,024	24,1	1080	1,00	0,0007	1406
27,00	27,04	0,025	24,9	1088	1,00	0,0007	1377
28,00	28,04	0,026	25,6	1096	1,00	0,0007	1340
29,00	29,04	0,026	26,3	1104	1,00	0,0007	1427
30,00	30,04	0,027	26,9	1116	1,00	0,0006	1624
31,00	31,04	0,028	27,5	1128	1,00	0,0006	1651
32,00	32,04	0,028	28,1	1140	1,00	0,0006	1693
33,00	33,03	0,029	28,7	1151	1,00	0,0006	1708
34,00	34,03	0,029	29,3	1163	1,00	0,0006	1722
35,00	35,03	0,030	29,8	1174	1,00	0,0006	1768
36,00	36,03	0,030	30,4	1185	1,00	0,0006	1723
37,00	37,03	0,031	31,0	1195	1,00	0,0006	1723
38,00	38,03	0,032	31,6	1205	1,00	0,0006	1738

Indagini geologiche funzionali alla redazione del progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia

Committente: Comune di Reggio Emilia
Area Pianificazione Strategica-Unità di Progetto Area Nord

Località: Via Gian Maria Ferraroni
Comune di Reggio Emilia

Tabella onde S / DH SD

Sismic data acquisition depth	Distance source S-wave triaxial geofone	Arrival time S-wave	Arrival time S-wave	Vs to travel L Vs = L/t	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level of one meter Vs = (L2-L1)/(t2-t1)
(m)	L (m)	t (s)	t (ms)	(m/s)	(m)	(s)	(m/s)
1,00	1,80	0,011	10,6	170	1,80	0,0106	170
2,00	2,50	0,015	14,7	170	0,70	0,0041	169
3,00	3,35	0,020	19,9	169	0,85	0,0051	166
4,00	4,27	0,025	25,3	169	0,92	0,0055	167
5,00	5,22	0,030	30,2	173	0,95	0,0049	194
6,00	6,18	0,035	35,2	176	0,96	0,0049	196
7,00	7,16	0,040	40,0	179	0,97	0,0049	199
8,00	8,14	0,045	45,0	181	0,98	0,0050	198
9,00	9,12	0,050	50,0	182	0,98	0,0050	195
10,00	10,11	0,055	55,1	184	0,99	0,0050	197
11,00	11,10	0,060	60,1	185	0,99	0,0051	196
12,00	12,09	0,065	65,1	186	0,99	0,0050	198
13,00	13,09	0,070	69,8	188	0,99	0,0046	215
14,00	14,08	0,073	72,5	194	0,99	0,0028	360
15,00	15,07	0,075	75,2	200	0,99	0,0027	369
16,00	16,07	0,078	78,0	206	1,00	0,0027	363
17,00	17,07	0,081	80,7	212	1,00	0,0027	365
18,00	18,06	0,086	85,8	210	1,00	0,0052	193
19,00	19,06	0,091	91,0	210	1,00	0,0051	194
20,00	20,06	0,094	93,9	214	1,00	0,0029	346
21,00	21,05	0,097	96,7	218	1,00	0,0029	348
22,00	22,05	0,100	99,6	221	1,00	0,0028	350
23,00	23,05	0,102	102,4	225	1,00	0,0029	348
24,00	24,05	0,106	105,7	227	1,00	0,0033	302
25,00	25,04	0,110	110,3	227	1,00	0,0045	220
26,00	26,04	0,115	114,9	227	1,00	0,0046	216
27,00	27,04	0,119	119,5	226	1,00	0,0046	219
28,00	28,04	0,124	124,0	226	1,00	0,0046	218
29,00	29,04	0,129	128,7	226	1,00	0,0046	216
30,00	30,04	0,133	133,2	225	1,00	0,0046	219
31,00	31,04	0,138	137,7	225	1,00	0,0045	221
32,00	32,04	0,142	142,0	226	1,00	0,0043	232
33,00	33,03	0,146	146,3	226	1,00	0,0042	236
34,00	34,03	0,151	150,5	226	1,00	0,0043	235
35,00	35,03	0,155	154,8	226	1,00	0,0043	233
36,00	36,03	0,159	159,1	227	1,00	0,0042	236
37,00	37,03	0,163	163,3	227	1,00	0,0042	236
38,00	38,03	0,167	166,9	228	1,00	0,0036	278

Indagini geologiche funzionali alla redazione del progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia

Committente: Comune di Reggio Emilia
Area Pianificazione Strategica-Unità di Progetto Area Nord

Località: Via Gian Maria Ferraroni
Comune di Reggio Emilia

Tabella parametri / DH SD

PROFONDITA'	VELOCITA' ONDE P	VELOCITA' ONDE S		Densità	Coefficiente di Poisson	Modulo di Young E	Modulo di taglio G0
(m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)		(g/cm3)		(kg/cm2)	(kg/cm2)
1,00	588	170	3,46	1,9	0,45	1,625E+03	5,59E+02
2,00	690	169	4,07	1,9	0,47	1,632E+03	5,56E+02
3,00	721	166	4,33	1,9	0,47	1,577E+03	5,36E+02
4,00	728	167	4,35	1,9	0,47	1,600E+03	5,43E+02
5,00	771	194	3,97	1,9	0,47	2,140E+03	7,30E+02
6,00	857	196	4,37	1,9	0,47	2,192E+03	7,44E+02
7,00	894	199	4,49	1,9	0,47	2,266E+03	7,69E+02
8,00	916	198	4,63	1,9	0,48	2,238E+03	7,58E+02
9,00	938	195	4,81	1,9	0,48	2,176E+03	7,36E+02
10,00	983	197	5,00	1,9	0,48	2,218E+03	7,50E+02
11,00	975	196	4,98	1,9	0,48	2,197E+03	7,43E+02
12,00	987	198	4,99	1,9	0,48	2,240E+03	7,57E+02
13,00	1182	215	5,50	1,9	0,48	2,653E+03	8,95E+02
14,00	1495	360	4,15	1,9	0,47	7,380E+03	2,51E+03
15,00	1730	369	4,69	1,9	0,48	7,789E+03	2,64E+03
16,00	1716	363	4,72	1,9	0,48	7,548E+03	2,56E+03
17,00	1794	365	4,92	1,9	0,48	7,621E+03	2,58E+03
18,00	1038	193	5,36	1,9	0,48	2,149E+03	7,25E+02
19,00	1126	194	5,80	1,9	0,48	2,167E+03	7,30E+02
20,00	1899	346	5,50	1,9	0,48	6,861E+03	2,31E+03
21,00	1995	348	5,73	1,9	0,48	6,967E+03	2,35E+03
22,00	2015	350	5,76	1,9	0,48	7,045E+03	2,37E+03
23,00	2036	348	5,85	1,9	0,48	6,977E+03	2,35E+03
24,00	2058	302	6,81	1,9	0,49	5,259E+03	1,77E+03
25,00	1331	220	6,05	1,9	0,49	2,782E+03	9,36E+02
26,00	1406	216	6,52	1,9	0,49	2,679E+03	9,00E+02
27,00	1377	219	6,28	1,9	0,49	2,773E+03	9,33E+02
28,00	1340	218	6,15	1,9	0,49	2,737E+03	9,21E+02
29,00	1427	216	6,59	1,9	0,49	2,699E+03	9,07E+02
30,00	1624	219	7,43	1,9	0,49	2,758E+03	9,25E+02
31,00	1651	221	7,46	2,9	0,49	4,314E+03	1,45E+03
32,00	1693	232	7,30	3,9	0,49	6,380E+03	2,14E+03
33,00	1708	236	7,23	4,9	0,49	8,303E+03	2,79E+03
34,00	1722	235	7,34	5,9	0,49	9,883E+03	3,32E+03
35,00	1768	233	7,60	6,9	0,49	1,135E+04	3,81E+03
36,00	1723	236	7,31	7,9	0,49	1,333E+04	4,47E+03
37,00	1723	236	7,28	8,9	0,49	1,512E+04	5,07E+03
38,00	1738	278	6,25	9,9	0,49	2,318E+04	7,80E+03