

Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica
FONDAZIONE CNAO

Indagini geofisiche con metodi sonici
Misure CROSS-HOLE

Redatta:	Ing. D. Patelli	29/04/2004
Verificata:	Signori M.	29/04/2004

SOMMARIO

Nell'ambito dell'incarico [1] sono state eseguite prove cross-hole presso il nuovo Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica – Fondazione CNAO in quattro coppie di fori denominati S11-S11BIS, S1-S1BIS, S4-S4BIS e S7-S7BIS. Le prove sono finalizzate alla determinazione della velocità delle onde di taglio (onde S_V) e di compressione (onde P) nei terreni, in conformità con lo standard ASTM D 4428-M.

L'esecuzione delle prove in sito è avvenuta nei giorni 16-21-22 Aprile 2004.

Il presente rapporto contiene la descrizione delle attività ed i relativi risultati.

LISTA DI DISTRIBUZIONE

Nominativo	Riferimento
Studio Calvi	Ing. Moratti
Fondazione CNAO	Ing. Gerardi

Documenti in ingresso

[1] Ordine Prot. n. 082/04 del 16/03/2004

INDICE

pag.

1. MODALITA' OPERATIVE DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI	5
1.1. Rilievi di cross-hole	5
1.2. Rilievi di carotaggio sonico	6
1.3. Misure della deviazione clinometrica dei fori	6
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	8
2.1. ATTREZZATURE DI PROVA	8
2.1.1. Sorgenti	8
2.1.2. Ricevitori	9
2.1.3. Sistema di Acquisizione Dati	10
2.2. MODALITÀ ESECUTIVE	11
2.2.1. Fori di Prova	11
2.2.2. Rilievo Inclino metrico	11
2.2.3. Misure di Velocità	11
2.2.4. Carotaggio sonico	11
3. RISULTATI	12
3.1. Rilievi Inclino metrici	12
3.2. Carotaggio Sonico	12
3.3. Misure di Velocità	12
ALLEGATI	13

Elenco figure:

Fig. 1 Planimetria

Fig. 2 Misure clinometriche – Pianta fori S11, S11BIS

Fig. 3 Misure clinometriche – Pianta foro S11

Fig. 4 Misure clinometriche – Pianta foro S11 BIS

Fig. 5 Carotaggio sonico – Coppia S11-S11BIS – Diagrafia foro S11 e S11 BIS

Fig. 6 Misure cross-hole – Coppia S11-S11BIS – Diagramma di velocità e di Poisson

Fig. 7 Misure cross-hole – Coppia S11-S11BIS – Oscillogrammi onde P e S

Fig. 8 Misure cross-hole – Coppia S11-S11BIS – Tabella valori

Fig. 9 Misure clinometriche – Pianta fori S1, S1 BIS

Fig. 10 Misure clinometriche – Pianta foro S1

Fig. 11 Misure clinometriche – Pianta foro S1 BIS

Fig. 12 Carotaggio sonico – Coppia S1-S1 BIS – Diagrafia foro S1 e S1 BIS

Fig. 13 Misure cross-hole – Coppia S1-S1 BIS – Diagramma di velocità e di Poisson

Fig. 14 Misure cross-hole – Coppia S1-S1 BIS – Oscillogrammi onde P e S

Fig. 15 Misure cross-hole – Coppia S1-S1 BIS – Tabella valori

Fig. 16 Misure clinometriche – Pianta fori S4, S4 BIS

Fig. 17 Misure clinometriche – Pianta foro S4

Fig. 18 Misure clinometriche – Pianta foro S4 BIS

Fig. 19 Carotaggio sonico – Coppia S4-S4 BIS – Diagrafia foro S4 e S4 BIS

Fig. 20 Misure cross-hole – Coppia S4-S4 BIS – Diagramma di velocità e di Poisson

Fig. 21 Misure cross-hole – Coppia S4-S4 BIS – Oscillogrammi onde P e S

Fig. 22 Misure cross-hole – Coppia S4-S4 BIS – Tabella valori

Fig. 23 Misure clinometriche – Pianta fori S7, S7 BIS

Fig. 24 Misure clinometriche – Pianta foro S7

Fig. 25 Misure clinometriche – Pianta foro S7 BIS

Fig. 26 Carotaggio sonico – Coppia S7-S7 BIS – Diagrafia foro S7 e S7 BIS

Fig. 27 Misure cross-hole – Coppia S7-S7 BIS – Diagramma di velocità e di Poisson

Fig. 28 Misure cross-hole – Coppia S7-S7 BIS – Oscillogrammi onde P e S

Fig. 29 Misure cross-hole – Coppia S7-S7 BIS – Tabella valori

1. MODALITA' OPERATIVE DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI

Le differenze tra le tecniche di misura utilizzate, carotaggio sonico e cross-hole, riguardano le modalità esecutive, la lunghezza dei percorsi di misura e il loro potere di risoluzione.

Le misure di carotaggio sonico permettono lo studio delle onde soniche che si propagano nell'intorno di una perforazione e danno informazioni di dettaglio sulle caratteristiche del materiale, con una profondità di indagine di qualche decina di centimetri intorno al foro.

Le misure di cross-hole danno informazioni sulle caratteristiche medie del materiale interposto fra trasmettitori e ricevitori con lunghezze di misura dell'ordine di qualche metro.

Per la determinazione delle distanze tra i punti di trasmissione e ricezione è stato effettuato un rilievo clinometrico dei fori.

1.1. Rilievi di cross-hole

I rilievi geofisici di cross-hole consistono in una serie di misure a varie profondità, dei tempi di propagazione delle onde elastiche longitudinali (onde P) e trasversali (onde S) tra due perforazioni lungo percorsi orizzontali.

Essendo nota la distanza fra il trasmettitore ed il ricevitore si calcolano le velocità delle onde longitudinali (V_p) e trasversali (V_s) e si rappresentano i risultati sotto forma di diagrammi di velocità in funzione della profondità. Si dispone così dell'andamento di grandezze (velocità delle onde P ed S) che sono in relazione con le caratteristiche elastiche del materiale investigato.

Infatti, indicando con V_p e V_s rispettivamente la velocità delle onde longitudinali e trasversali, con E_d il modulo elastico longitudinale dinamico del materiale, con G_d il modulo elastico trasversale dinamico, con ρ la massa volumica del materiale e con ν_d il coefficiente di Poisson dinamico, si ha:

$$\nu_d = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$
$$E_d = V_p^2 \rho \frac{(1 + \nu_d)(1 - 2\nu_d)}{(1 - \nu_d)}$$
$$G_d = V_s^2 \rho$$

I due rilievi per le onde S e le onde P, vengono effettuati separatamente, impiegando in tempi successivi un generatore elettrodinamico di onde S (GEOS) ed un generatore di onde P del tipo a scintilla. Essi vengono calati in una delle due perforazioni mentre nell'altro foro viene calato un ricevitore. Per ricevere le onde S si impiega un geofono, per le onde P un idrofono.

1.2. Rilievi di carotaggio sonico

La tecnica di indagine del carotaggio sonico consiste nel rilievo delle velocità e delle modalità di propagazione delle onde elastiche nel materiale circostante una perforazione.

Per i rilievi di carotaggio sonico viene utilizzata una sonda di progetto e costruzione ISMES, costituita da un trasmettitore e da un ricevitore di impulsi sonici.

La sonda, del diametro di 45 mm contiene dei trasduttori di tipo piezoelettrico distanziati di un metro ed isolati acusticamente tra loro tramite l'interposizione di un materiale ad alto assorbimento di onde acustiche.

La sonda viene mossa all'interno del foro, il quale è usualmente riempito d'acqua in modo da garantire un ottimale accoppiamento acustico fra i trasduttori ed il materiale da investigare.

La tecnica del carotaggio sonico permette la determinazione, a diverse profondità, del tempo di percorso delle onde P fra trasmettitore e ricevitore.

Essendo nota la distanza fra il trasmettitore ed il ricevitore si calcola la velocità delle onde longitudinali (V_p) e si rappresentano i risultati sotto forma di diagrammi di velocità in funzione della profondità relativa al centro della sonda. Si dispone così dell'andamento di una grandezza (velocità delle onde P) che è in relazione con le caratteristiche elastiche del materiale investigato.

Poiché le caratteristiche del materiale ed il suo stato di integrità influenzano, oltre che la velocità, anche l'ampiezza, la frequenza e la forma dei segnali sonici ricevuti, per seguire con maggior dettaglio le variazioni delle caratteristiche del materiale, viene adottato in aggiunta al rilievo di velocità sopra descritto, il metodo del "carotaggio continuo".

Il nome "carotaggio continuo" deriva dal fatto che esso permette di ottenere l'andamento del segnale in funzione della profondità in modo quasi continuo, comandando l'emissione di un impulso sonico dal trasmettitore con una frequenza di 2 cm di risalita della sonda lungo il foro.

I segnali vengono registrati in modo digitale con l'impiego di un personal computer dotato di scheda di acquisizione A/D; successivamente tali segnali vengono riprodotti sotto forma di diagrafie soniche, che rappresentano la sequenza dei segnali sonici in funzione del tempo (asse orizzontale) e della profondità (asse verticale).

Quando le perforazioni sono dotate di tubazioni di rivestimento come quelle in esame, anche altri fattori possono condizionare i risultati delle misure. In questo caso infatti, divengono importanti il tipo di materiale usato per il rivestimento e la buona riuscita delle operazioni di cementazione della tubazione.

1.3. Misure della deviazione clinometrica dei fori

Le misure inclinometriche sono state eseguite impiegando la sonda "INCLIS 79" di progetto e costruzione ISMES.

La sonda permette di realizzare un rilevamento tridimensionale della deviazione delle perforazioni rispetto alla verticale, effettuando simultaneamente un rilievo di inclinazione e di orientamento.

La misura di inclinazione viene effettuata mediante 2 inclinometri montati tra di loro in modo coassiale e con gli assi sensibili disposti ortogonalmente mentre quella di orientamento avviene tramite un sistema di tipo "fluxe-gate".

L'asse della bussola è orientato verso il Nord magnetico ed è allineato con l'asse sensibile di uno degli inclinometri.

Per ciascun foro sono state eseguite due serie di misure, una in fase di discesa e una in fase di salita, ad intervalli di misura pari a 3 m.

Il calcolo delle distanze, corrispondenti ad ogni intervallo di misura, è stato effettuato impiegando il valore medio derivante dalle due misure.

I valori delle distanze così ottenute sono stati poi interpolati al fine di ottenere valori ad intervalli di 1.0 m.

Il calcolo delle distanze, corrispondenti ad ogni profondità di misura dei tempi di percorso delle onde P ed S, è stato effettuato utilizzando le coordinate fornite dal committente.

Per l'acquisizione dei dati clinometrici è stato utilizzato il programma "Clino" nella versione 1.0 (MS-DOS), per l'elaborazione e la restituzione dei risultati è stato invece impiegato il programma "Clino" versione 1.0 (VMS): entrambi i programmi sono stati sviluppati dall'ISMES.



Rilievi cross-hole sulla coppia S7-S7 bis.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

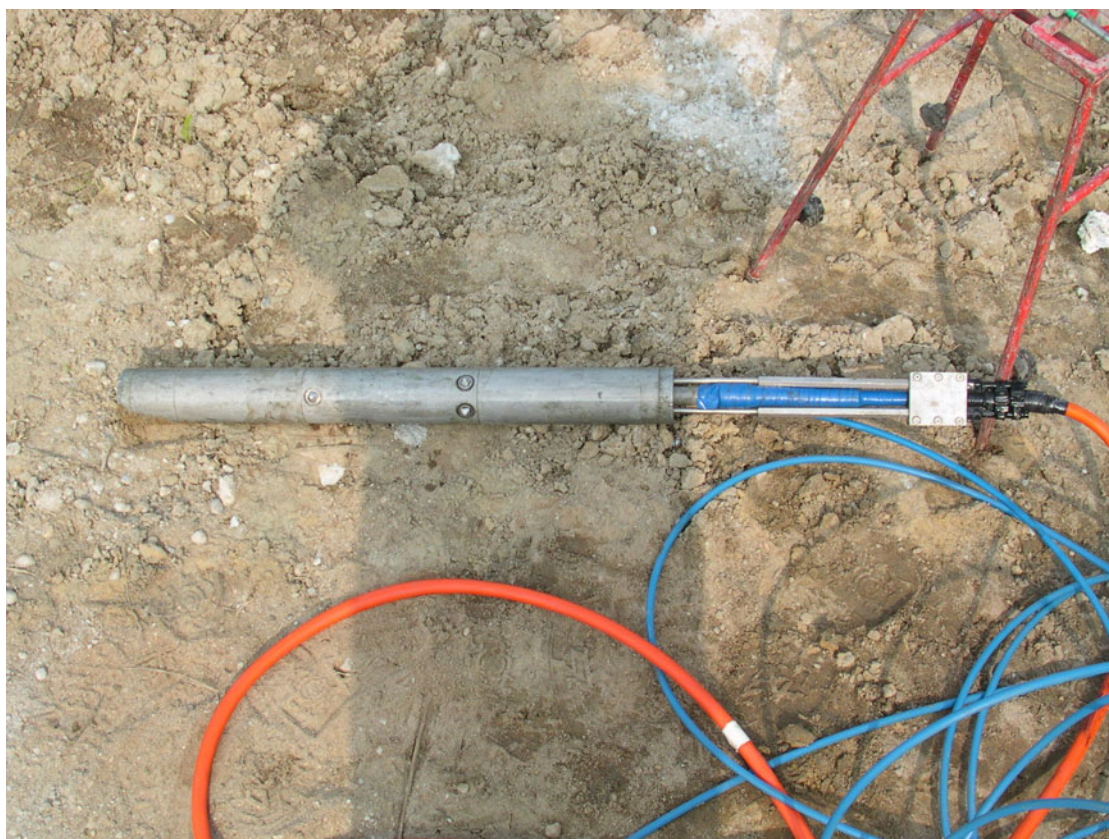
2.1. ATTREZZATURE DI PROVA

2.1.1. Sorgenti

Per l'esecuzione delle prove, al fine di generare impulsi ricchi del tipo di onde per le quali si voleva determinare la velocità di propagazione, sono state impiegate tre differenti sorgenti d'energia tutte di produzione ISMES, ampiamente sperimentate nel corso di oltre venti anni di attività nell'esecuzione di prove Cross-Hole.

La generazione delle onde P è avvenuta mediante l'impiego di un generatore a scintilla; tale strumento sfrutta l'energia esplosiva generata da una scintilla che scocca tra due elettrodi in una soluzione satura di cloruro di sodio in acqua. Essa origina un'onda di pressione che, attraverso l'acqua contenuta nel foro viene trasmessa al terreno.

Per la generazione di onde S_v è stato utilizzato un trasduttore GEOS (#1), che viene vincolato tramite un sistema di aggancio pneumatico alle pareti del foro. Per il suo funzionamento utilizza la forza elettrodinamica originata dal passaggio di una scarica di corrente in un sistema di bobine. Esso permette la generazione di sollecitazioni verticali che si propagano come onde S_v nel materiale indagato, ed è di tipo reversibile in quanto può generare impulsi sia verso l'alto che verso il basso.



#1: Generatore di onde S_v (GEOS).

2.1.2. Ricevitori

Anche per la ricezione sono stati impiegati differenti tipi di trasduttori, idonei a ricevere in forma predominante i vari tipi di onde generati con le sorgenti polarizzate sopra descritte.

Per la ricezione delle onde longitudinali sono stati utilizzati ricevitori ISMES di tipo idrofonico con preamplificatore a guadagno variabile incorporato; l'accoppiamento tra i trasduttori e le pareti dei fori è avvenuta riempiendo questi ultimi con acqua.

La ricezione delle onde S è avvenuta con l'impiego di un geofono (#2) con frequenza propria di 14 Hz, dotati di un sistema pneumatico d'aggancio.



2: Ricevitore di onde Sv (Geofono).

2.1.3. Sistema di Acquisizione Dati

I segnali trasdotti dai ricevitori sono stati amplificati attraverso un condizionatore di segnale e successivamente acquisiti e visualizzati in forma digitale tramite personal computer dotato di scheda di acquisizione analogico/digitale (#3). Il sistema d'acquisizione permette inoltre delle operazioni di "averaging" del segnale, per migliorare quando necessario il rapporto segnale/rumore.

I tempi di percorso delle onde P o S sono stati preliminarmente letti in campagna direttamente sullo schermo del PC, al fine di verificarne l'attendibilità, e successivamente controllati in fase di elaborazione dei dati.



3: Sistema di acquisizione dati.

2.2. MODALITÀ ESECUTIVE

2.2.1. Fori di Prova

Le misure sono state effettuate all'interno di quattro coppie di fori di sondaggio predisposti dalla committente.

I fori sono dotati di rivestimento in PVC cementato al terreno, con diametro 4" e raggiungono dal piano campagna la profondità di circa 50 m per la coppia S11-S11BIS e di circa 35 m per le restanti coppie.

2.2.2. Rilievo Inclino metrico

Prima dell'inizio delle misure Cross-Hole per ciascuno dei fori di prova è stato eseguito il controllo della verticalità mediante rilievo inclinometrico.

Il rilievo è stato effettuato mediante una sonda inclinometrica ISMES mod. INCLIS-79, eseguendo le misure fino al fondo di ogni foro con passo di tre metri, sia in fase di discesa della sonda che in fase di risalita.

Il calcolo delle distanze tra i fori alle profondità di indagine è avvenuto utilizzando coordinate riferite ad un sistema locale orientato al nord magnetico.

2.2.3. Misure di Velocità

Le misure di velocità delle onde P e S_v è avvenuta in due sessioni separate adottando le seguenti modalità.

I generatori sono stati calati nel foro Sx mentre il foro SxBIS è stato impiegato per la ricezione delle onde. In fase di discesa dei trasduttori, ad intervalli di profondità di 5 m, sono state eseguite misure di controllo al fine di effettuare una prima verifica dei tempi di percorso, delle ampiezze e delle frequenze dei segnali.

Una volta raggiunta la massima profondità utile per effettuare misure a pari quota, sono state eseguite le misure in fase di risalita con passo di un metro fino al raggiungimento del piano campagna registrando le forme d'onda ed i tempi relativi di tutti i percorsi.

Il ritardo del sistema di misura è di 0.07ms per le onde di compressione, e di 0.60ms per le onde di taglio.

L'elaborazione e il trattamento digitale dei dati è stato eseguito con i programmi Misure (V2.5 - Ismes) e Reflexw 3.5 (Sandmeier).

2.2.4. Carotaggio sonico

Il carotaggio sonico continuo nei fori è stato effettuato mediante una sonda con diametro 45mm da fondo foro sino ad 1m dal piano campagna, con misure ogni 2 cm. Lo scopo non è stato quello di misurare la velocità delle onde di compressione V_p nell'intorno del foro, valore non significativo in quanto alterato dalla cementazione del tubo di rivestimento, ma la verifica della cementazione stessa per valutare l'attendibilità delle misure cross-hole.

3. RISULTATI

3.1. Rilievi Inclinoetrici

I risultati dei rilievi inclinoetrici sono mostrati nelle figure allegate.

Dai risultati si riscontra che la deviazione massima rilevata a fondo foro rispetto alla verticale è stata di circa 0.60 m per il foro S11.

3.2. Carotaggio Sonico

Le diagrafie soniche relative ad ogni coppia di fori sono riportate nelle figure 5-12-19-26.

Le diagrafie evidenziano una discreta continuità del contatto tra rivestimento e terreno per tutti i fori investigati. Solo in alcuni tratti la cementazione è irregolare, ma in ogni caso sufficiente per l'esecuzione delle misure cross-hole.

Le onde di compressione sono quasi sempre chiaramente distinguibili sulla diagrafia sonica (primo arrivo nero), mentre le onde di taglio non sono discriminabili con sufficiente attendibilità, in quanto mascherate dal ringing delle onde primarie nel rivestimento in PVC.

3.3. Misure di Velocità

I diagrammi delle velocità di propagazione delle onde P e S_v in funzione della profondità per ogni coppia sono mostrati nelle figure 6, 13, 20 e 27.

Nelle figure 7, 14, 21 e 28 sono mostrate le forme d'onda P ed S_v registrate ad ogni profondità; da esse si può rilevare la buona qualità dei segnali ottenuti e la conseguente buona affidabilità dei risultati.

Tutti i valori dei tempi di propagazione relativi ai vari tipi di onde misurati, con i dati di distanza corrispondenti e le conseguenti velocità per ogni coppia sono riportati nelle tabelle di fig. 8, 15, 22 e 29.

I valori espressi tra parentesi sono dovuti all'incertezza dell'identificazione univoca del tempo di primo arrivo delle onde.

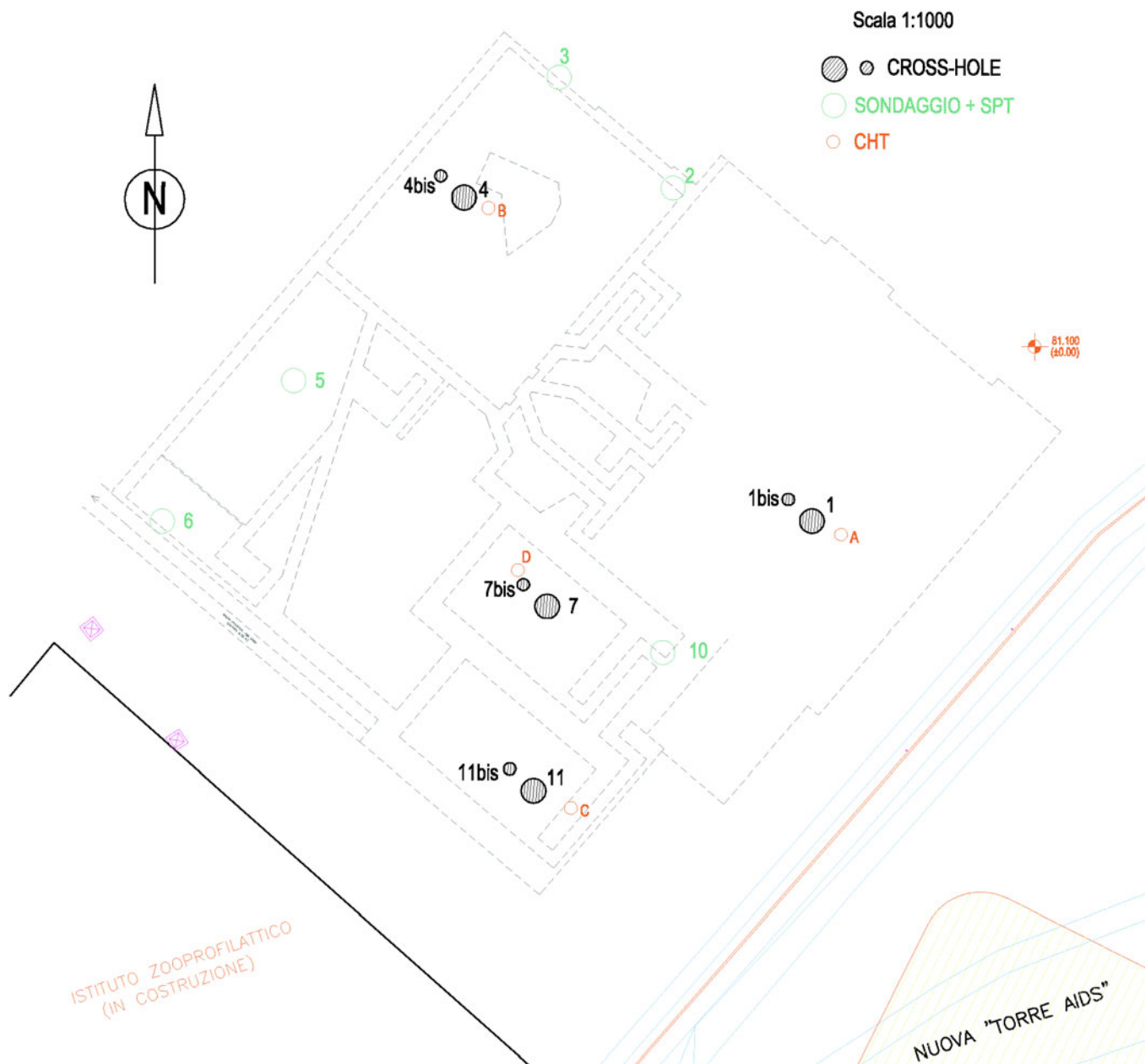
Le velocità medie delle onde di taglio si attestano intorno a valori compresi tra 175 e 250 m/s tra 0 e 15m, mentre si nota un aumento di velocità, con valori dell'ordine da 250 a 340 m/s oltre i 15 m di profondità.

I valori ottenuti sulle quattro coppie sono coerenti e paragonabili tra loro.

ALLEGATI

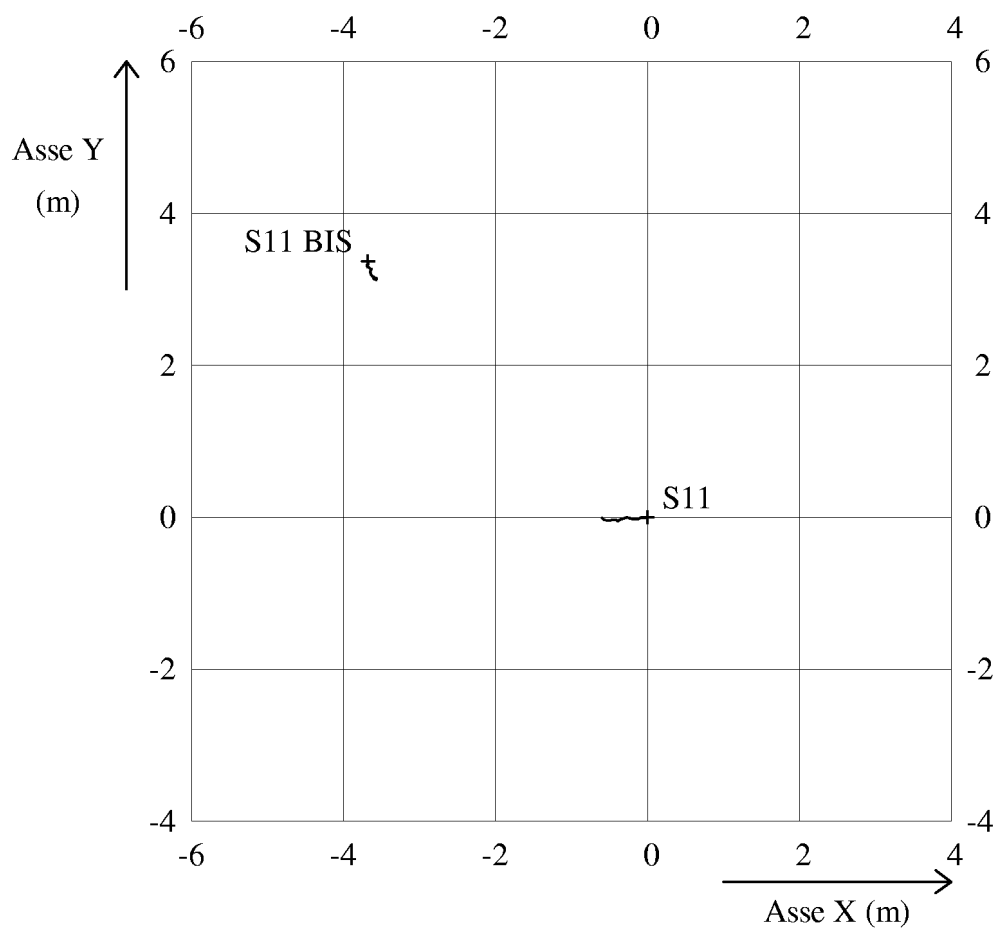
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente: Fondazione CNAO
Cantiere: Pavia (PV)



rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)

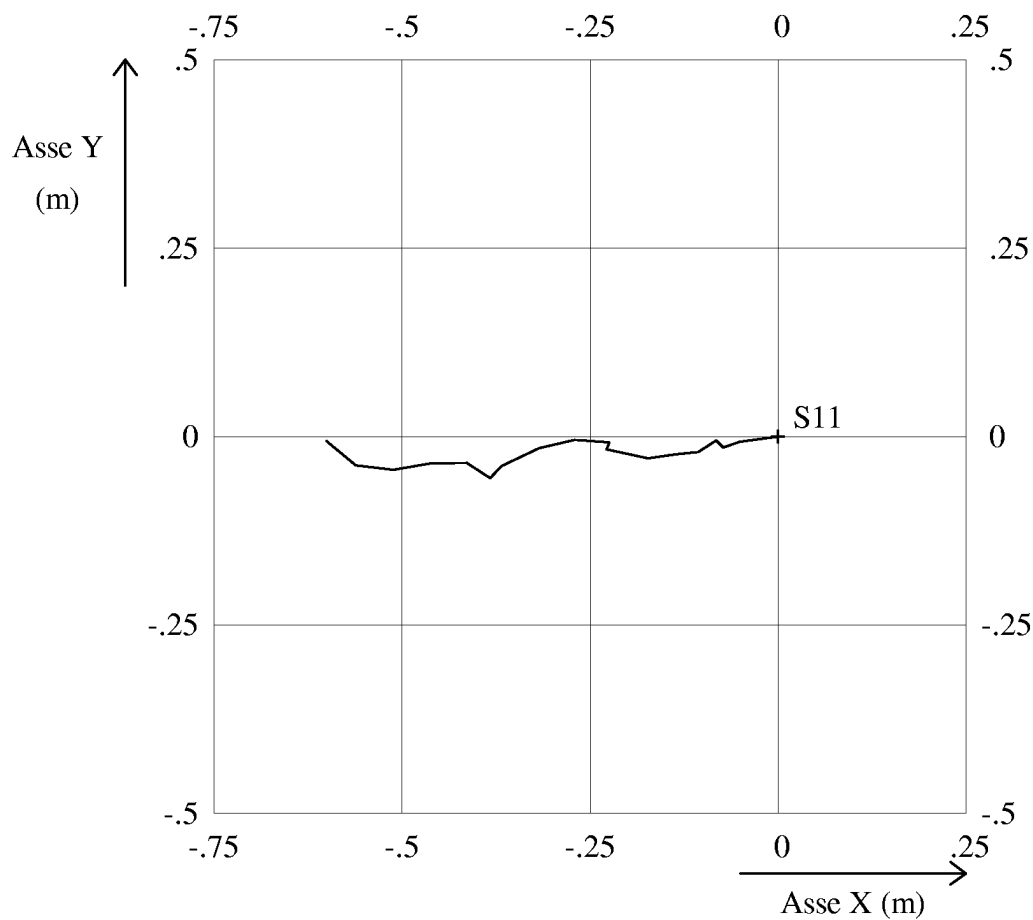


Legenda :
 Scala 1: 100
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S11
Data prova:	16-21-22 /04 / 2004

Pianta

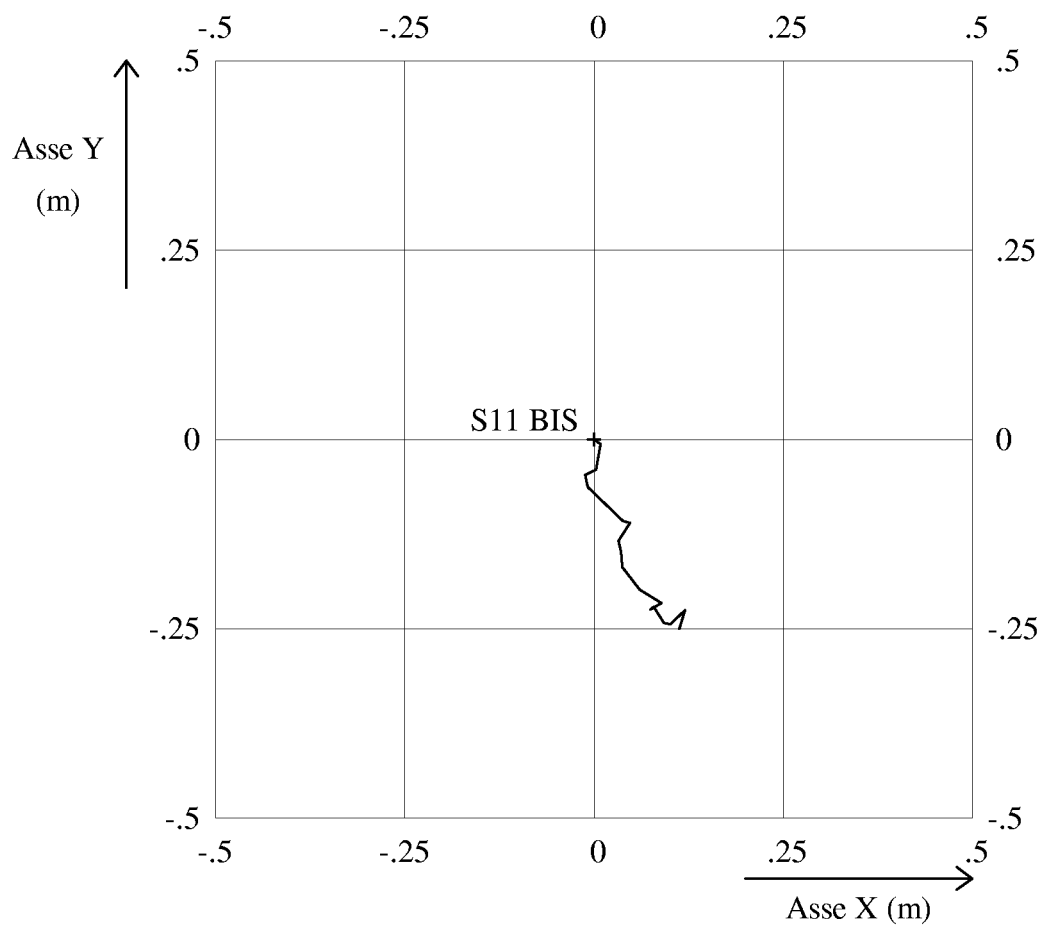


Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S11 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

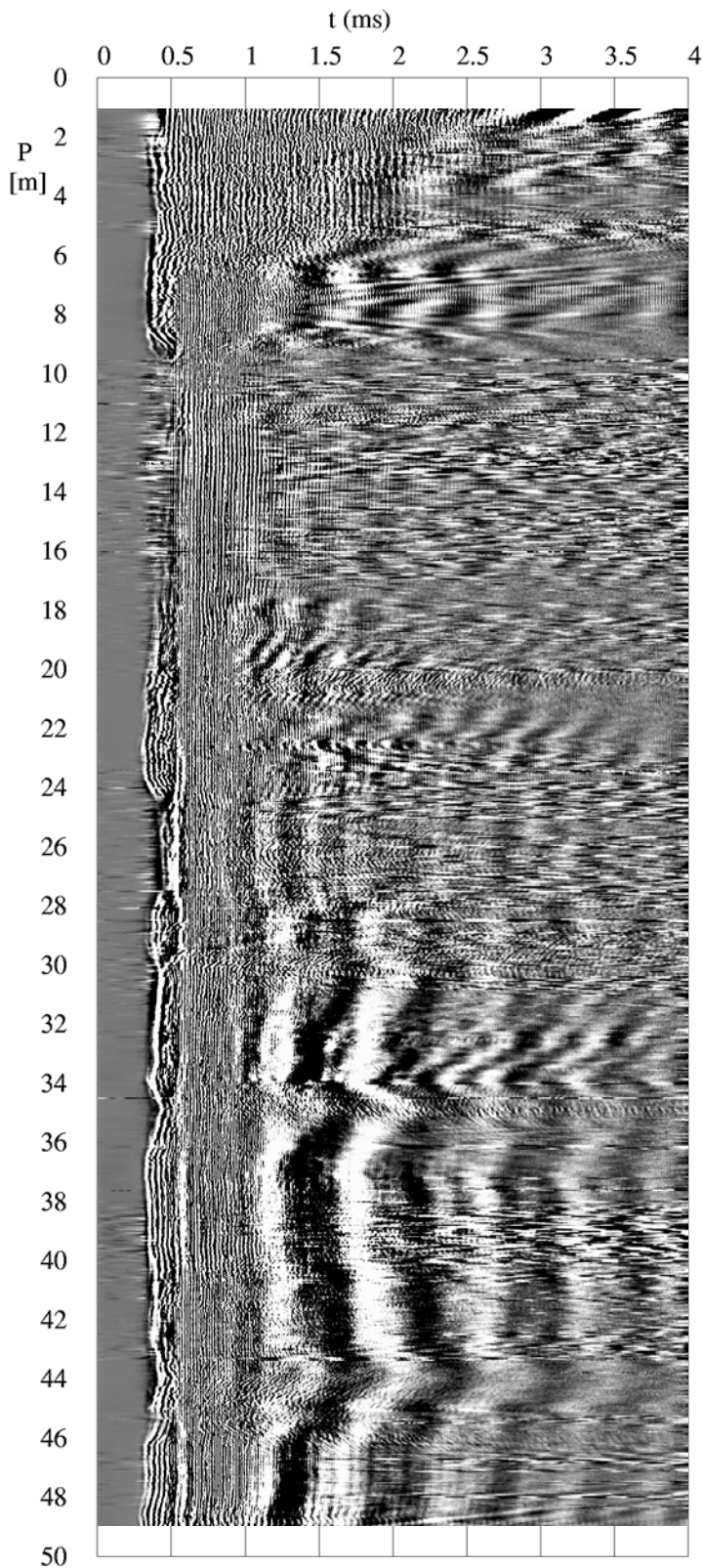
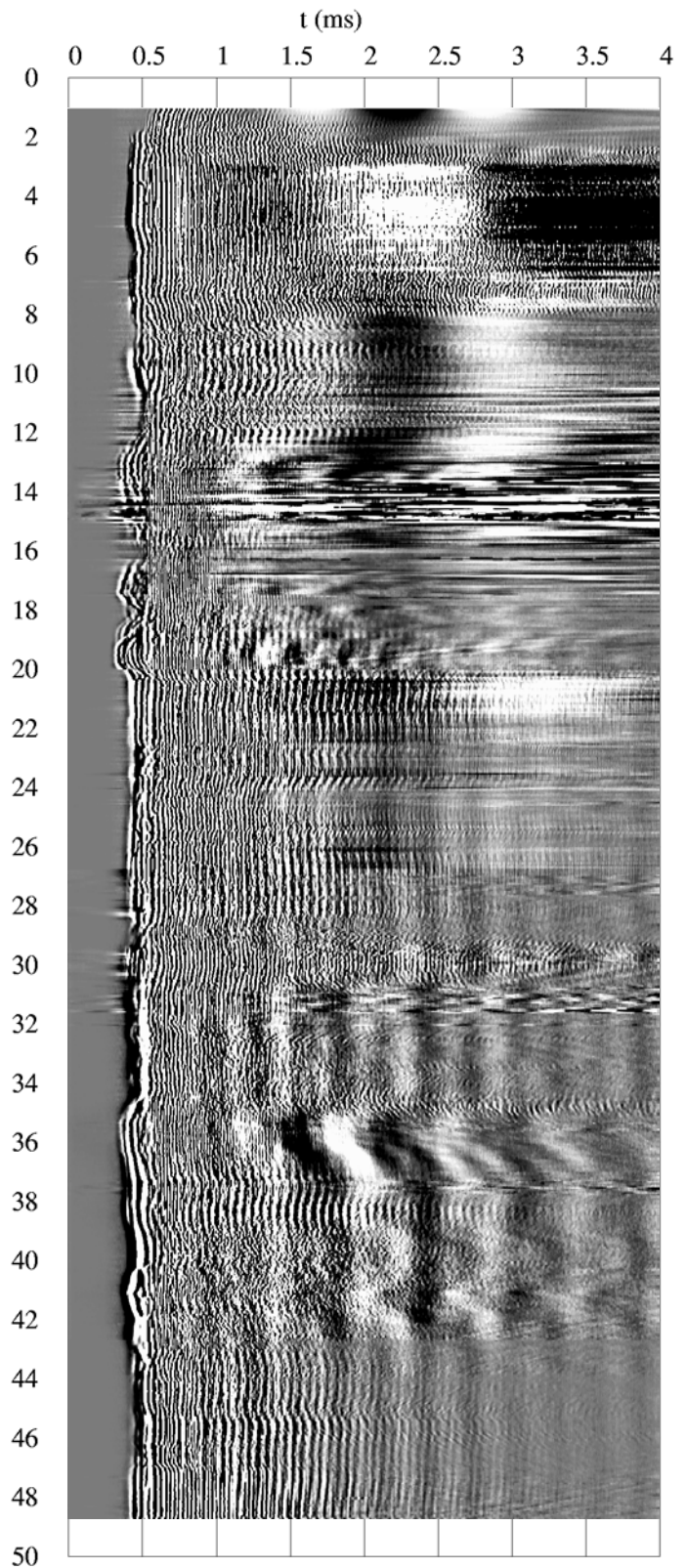
Pianta



Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

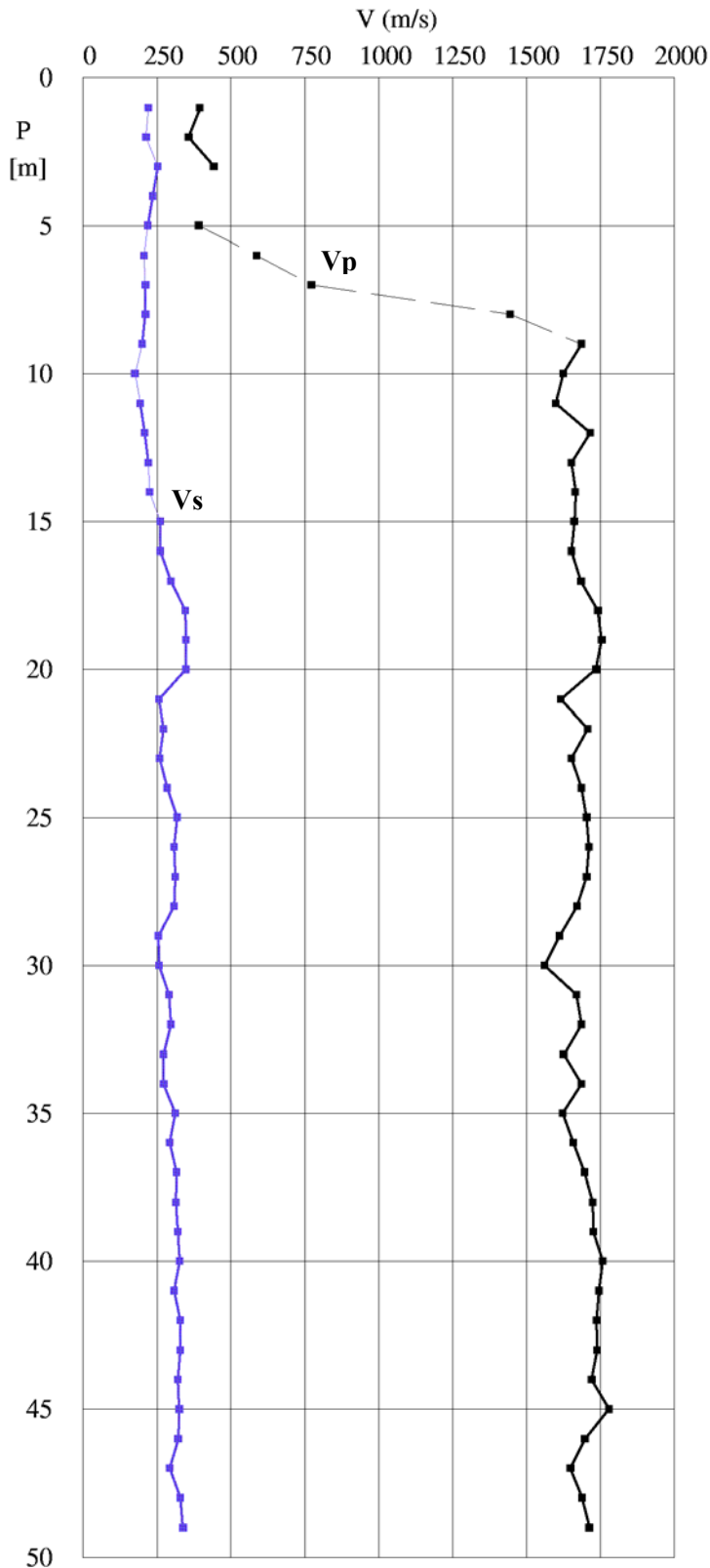
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S11 – S11 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Diagrafia sonica foro S11

Diagrafia sonica foro S11 BIS


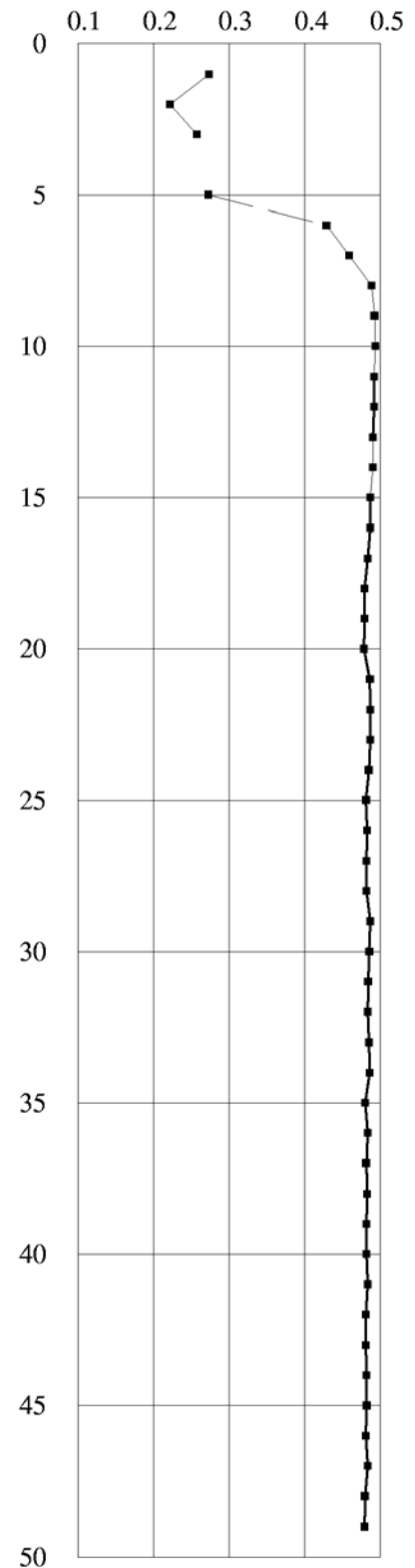
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente: Fondazione CNAO
Cantiere: Pavia (PV)
Percorso: S11 – S11 BIS
Data prova: 16-21-22 / 04 / 2004

Diagramma di velocità

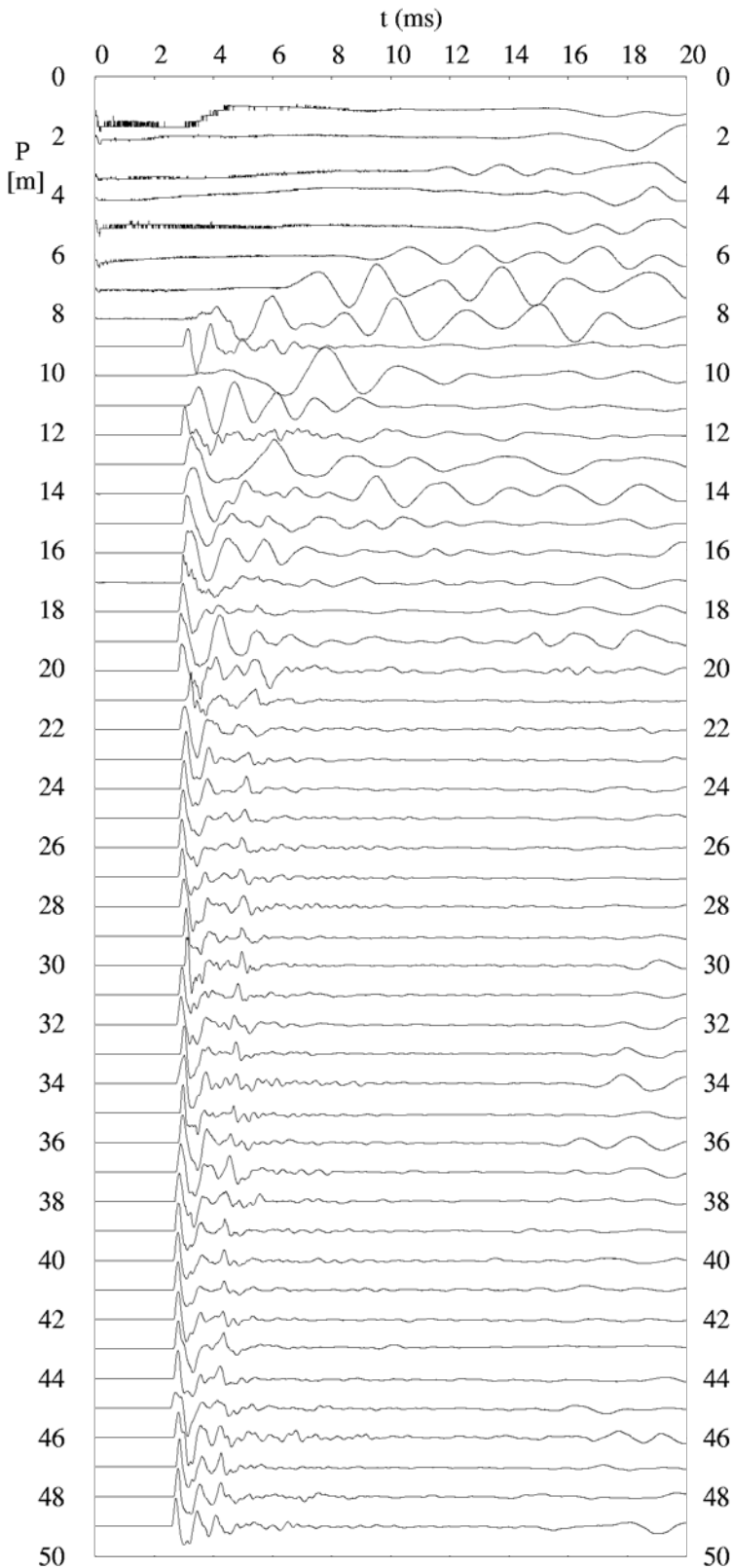
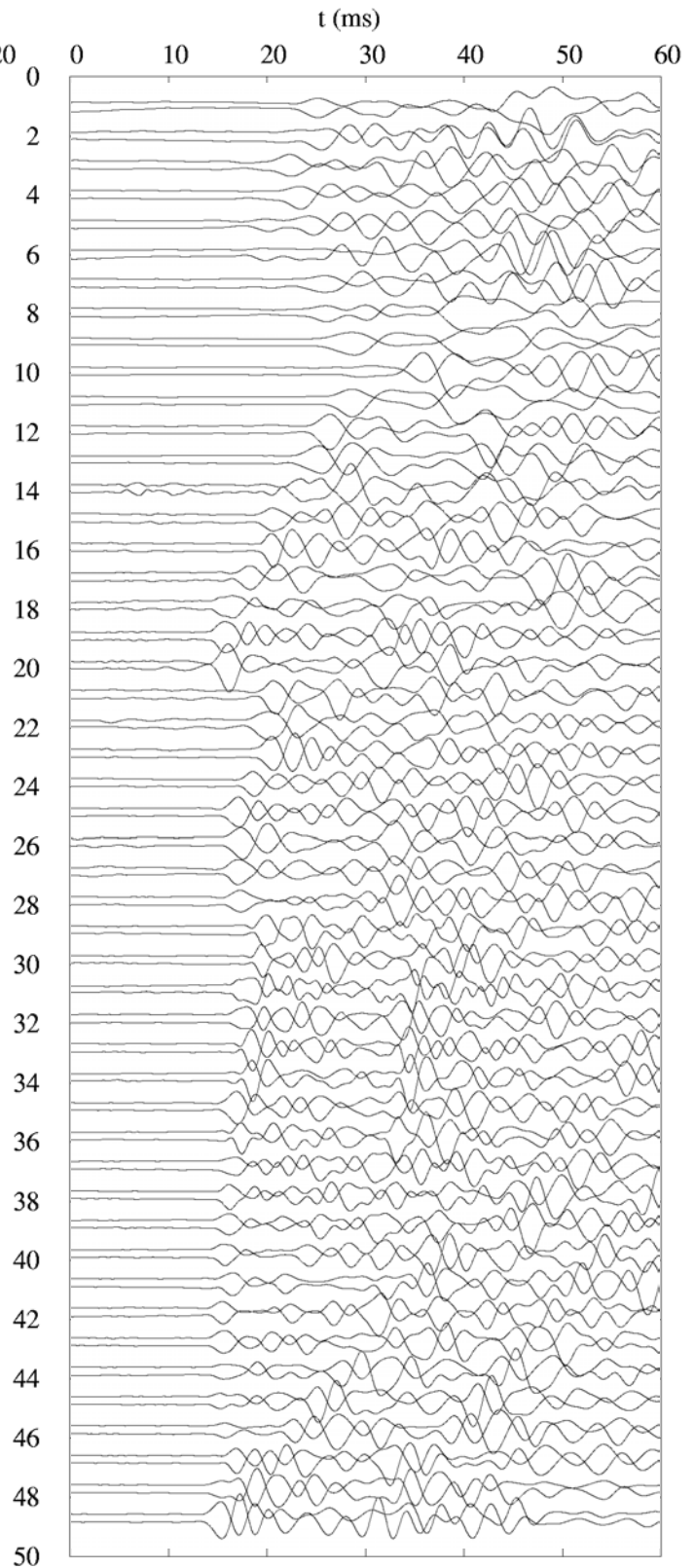


Poisson



rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S11 – S11 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Oscillogrammi onde P

Oscillogrammi onde S


rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

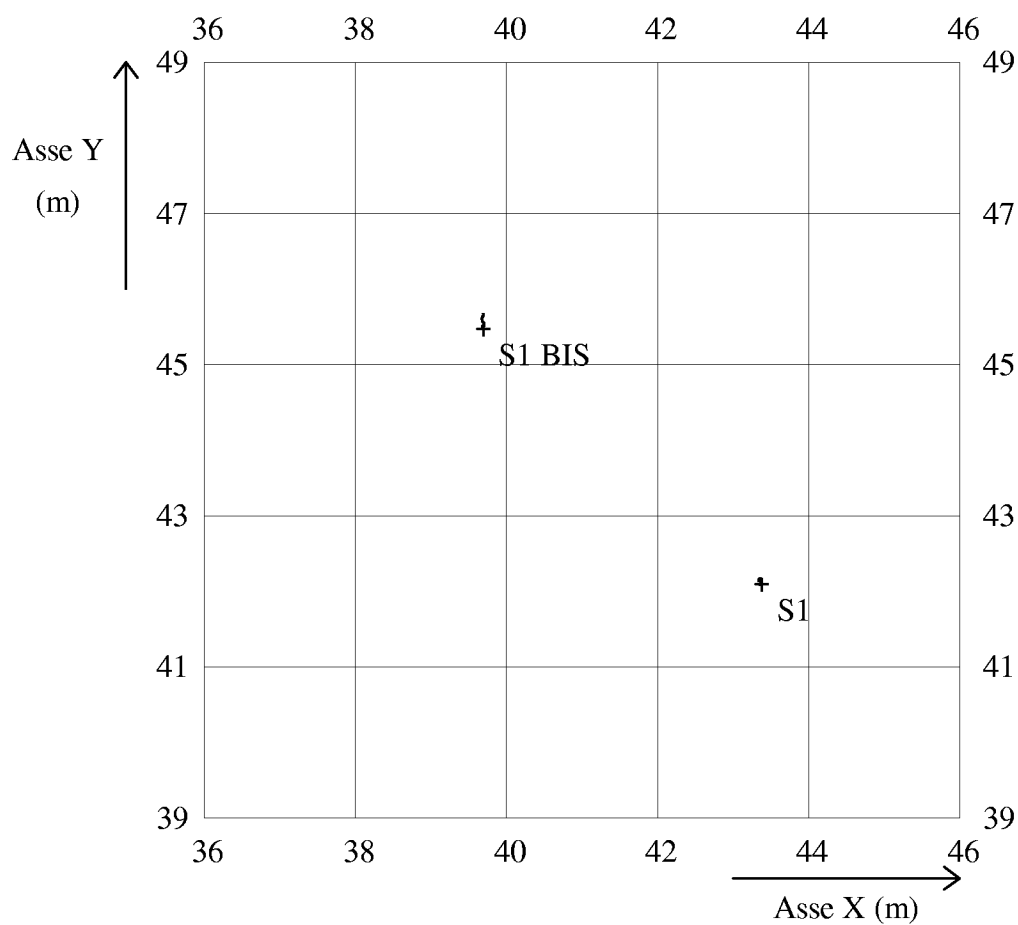
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S11-S11BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Profondità [m]	Distanze [m]	TP [ms]	TS [ms]	VP [m/s]	VS [m/s]
1	4.975	12.63	23.12	396	221
2	4.961	13.93	(23.80)	358	(214)
3	4.946	11.23	20.12	443	253
4	4.936	-	21.40	-	237
5	4.927	(12.63)	23.10	(392)	219
6	4.917	(8.43)	(24.40)	(588)	(207)
7	4.915	6.43	23.74	773	212
8	4.913	(3.47)	23.74	(1445)	212
9	4.910	2.98	25.04	1687	201
10	4.903	3.09	(28.44)	1624	(176)
11	4.896	3.13	25.84	1600	194
12	4.890	2.92	24.04	1716	209
13	4.861	3.01	22.64	1653	221
14	4.832	2.97	(22.04)	1666	(225)
15	4.804	2.96	18.98	1662	261
16	4.794	2.97	18.98	1653	261
17	4.784	2.91	16.68	1685	298
18	4.773	2.81	14.40	1742	346
19	4.755	2.78	14.22	1755	349
20	4.738	2.80	14.22	1736	348
21	4.720	2.99	18.92	1616	258
22	4.714	2.83	17.92	1708	272
23	4.709	2.92	18.72	1652	260
24	4.704	2.86	17.12	1686	285
25	4.687	2.82	15.30	1704	319
26	4.670	2.80	15.76	1711	308
27	4.653	2.80	15.48	1704	313
28	4.632	2.84	15.60	1672	309
29	4.610	2.93	18.64	1612	256
30	4.589	3.01	18.42	1561	258
31	4.572	2.81	16.32	1669	291
32	4.554	2.77	15.90	1687	298
33	4.537	2.86	17.30	1626	272
34	4.539	2.76	17.20	1687	273
35	4.541	2.87	15.10	1622	313
36	4.543	2.81	16.10	1658	293
37	4.530	2.74	14.88	1697	317
38	4.517	2.69	14.98	1724	314
39	4.505	2.68	14.62	1726	321
40	4.486	2.62	14.30	1759	327
41	4.466	2.63	15.06	1745	309
42	4.447	2.63	14.10	1737	329
43	4.435	2.62	14.04	1739	330
44	4.423	2.64	14.36	1721	321
45	4.412	2.55	14.14	1779	326
46	4.399	2.66	14.26	1698	322
47	4.386	2.73	15.56	1649	293
48	4.373	2.66	13.84	1688	330
49	4.352	2.61	13.44	1713	339

() Valori incerti.

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)

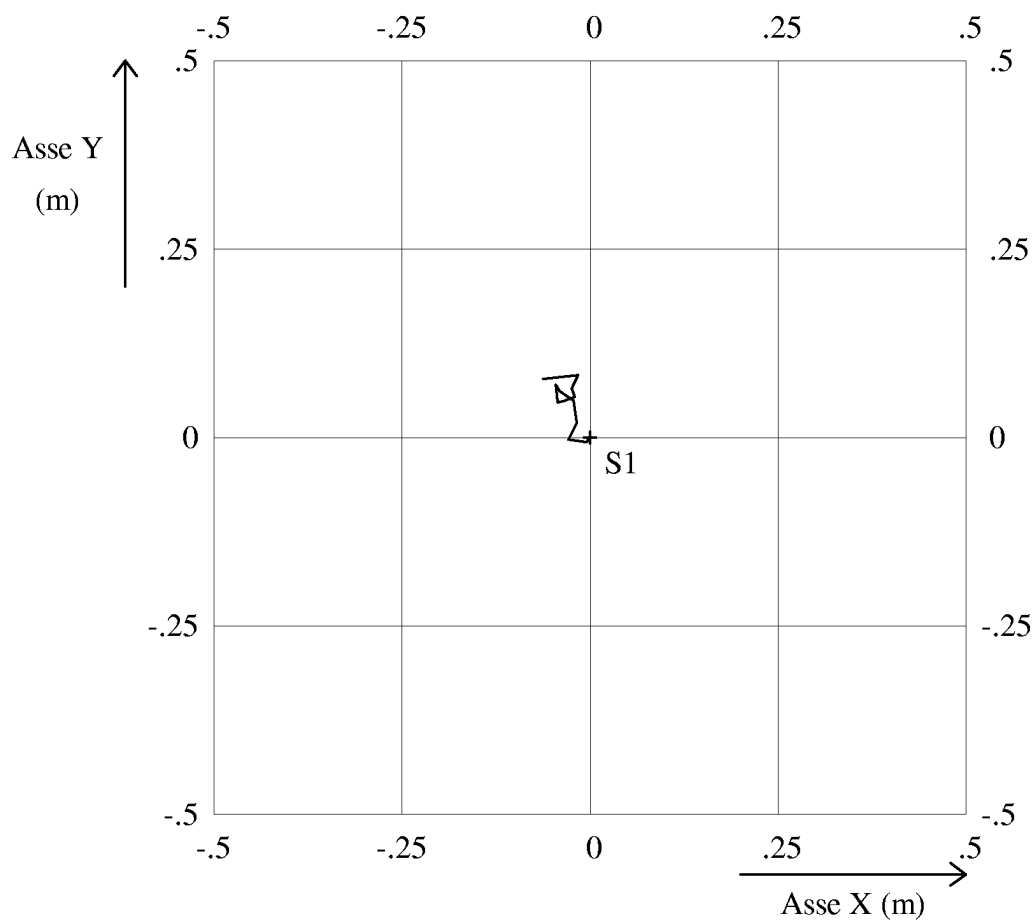


Legenda :
 Scala 1: 100
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S1
Data prova:	16-21-22 /04 / 2004

Pianta

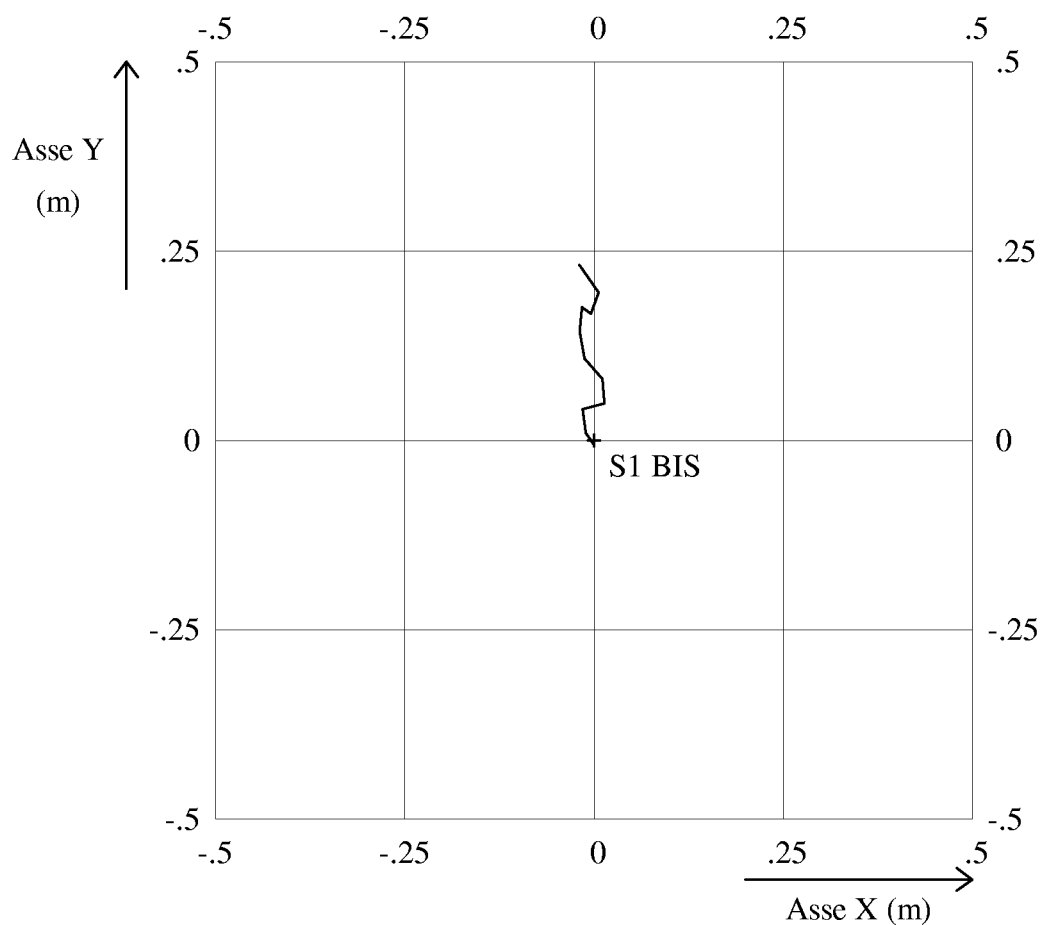


Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S1 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

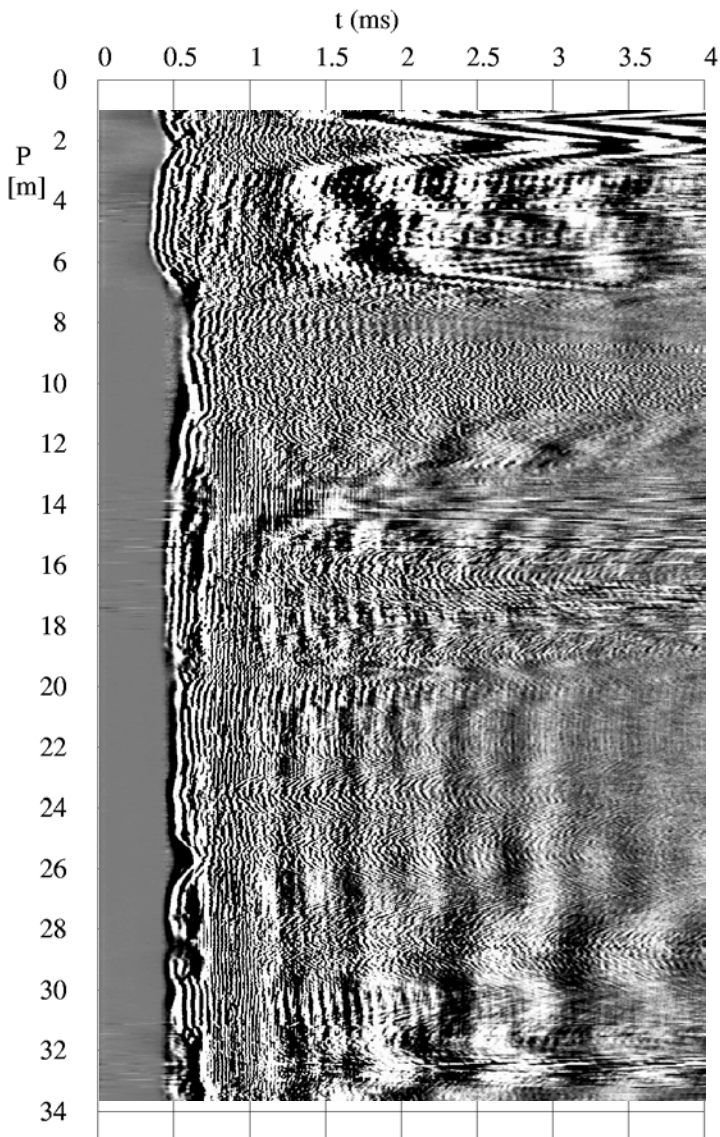
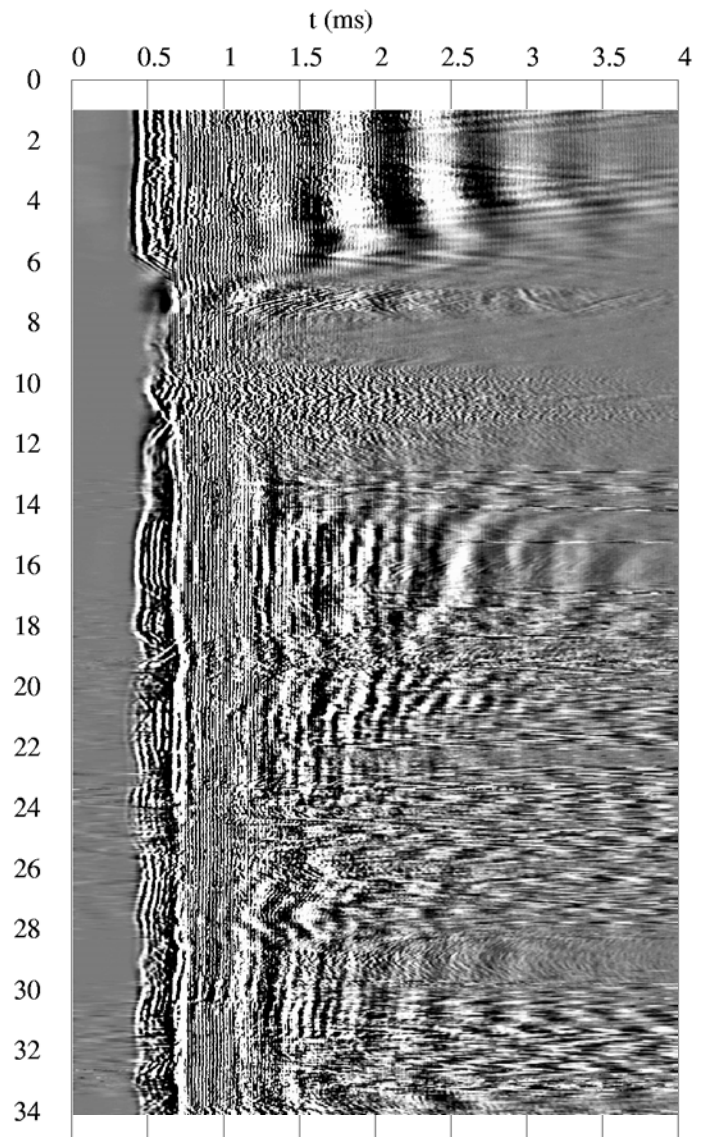
Pianta



Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

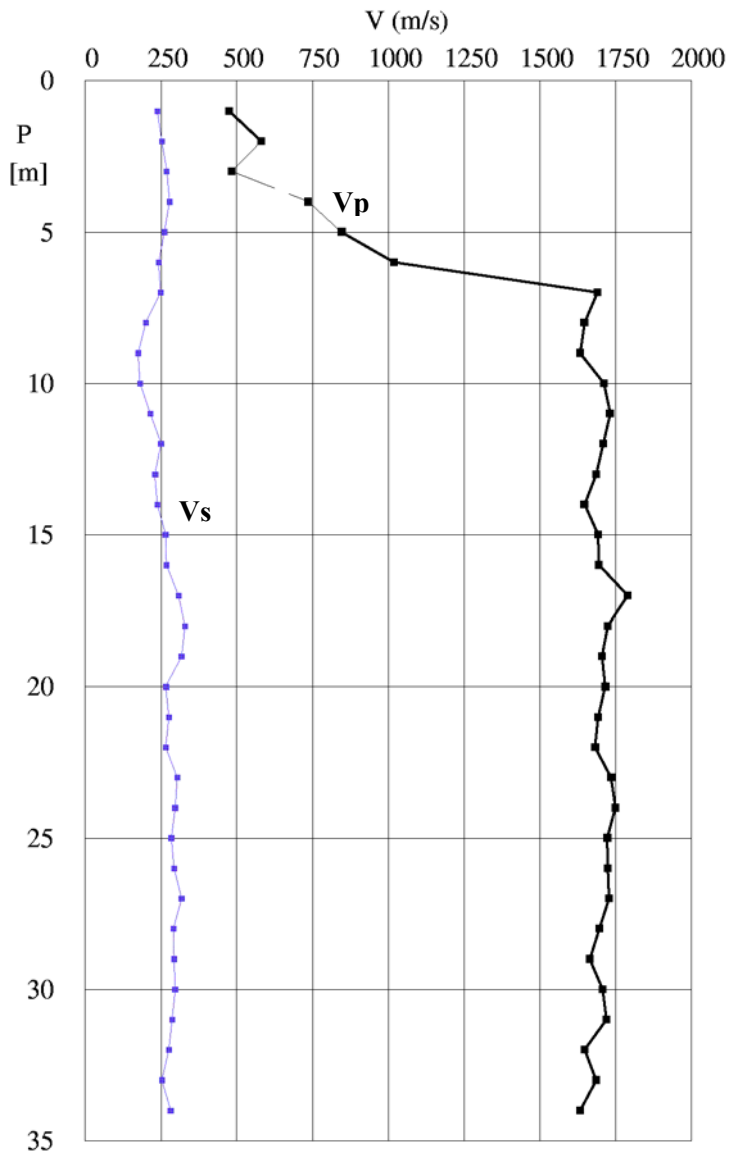
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S1 – S1 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Diagrafia sonica foro S1

Diagrafia sonica foro S1 BIS


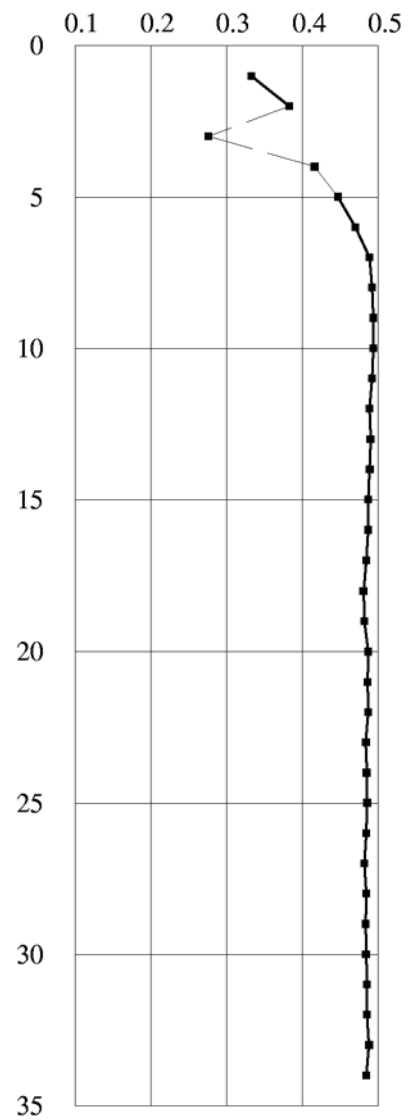
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente: Fondazione CNAO
Cantiere: Pavia (PV)
Percorso: S1 – S1 BIS
Data prova: 16-21-22 / 04 / 2004

Diagramma di velocità



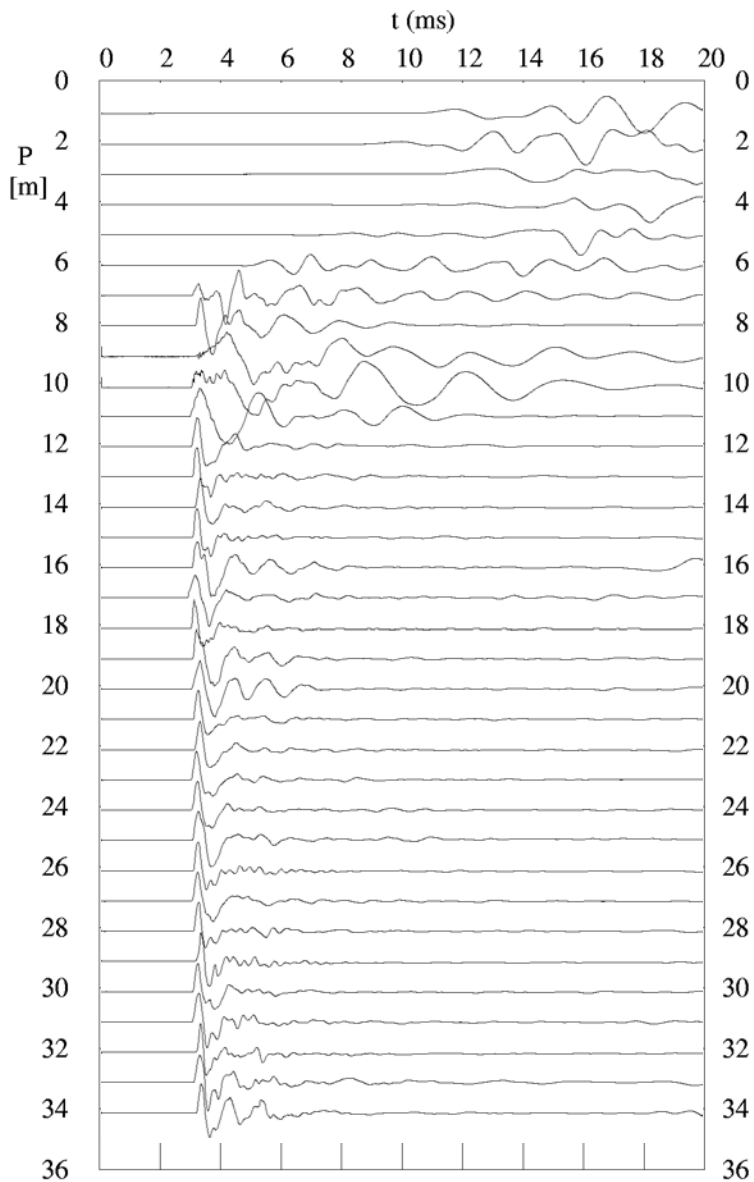
Poisson



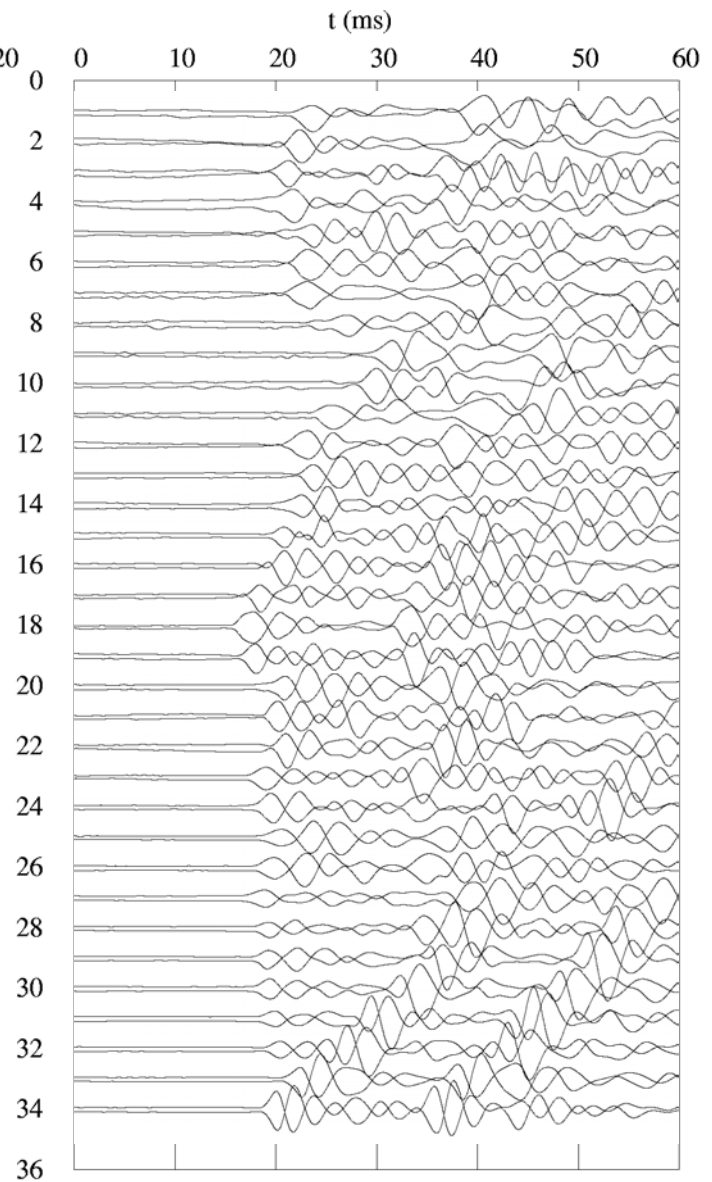
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S1 – S1 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Oscillogrammi onde P



Oscillogrammi onde S



rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

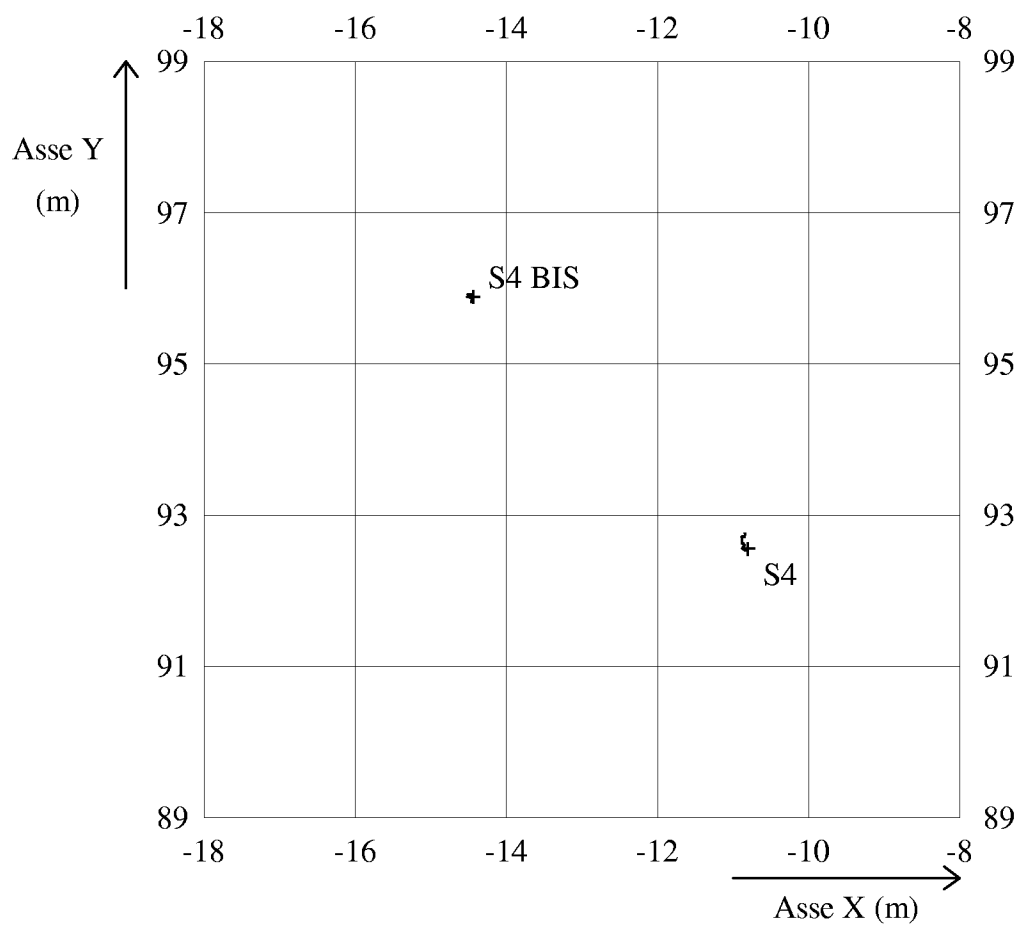
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S1 – S1 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Profondità [m]	Distanze [m]	TP [ms]	TS [ms]	VP [m/s]	VS [m/s]
1	4.998	10.57	21.56	476	238
2	4.997	8.67	20.36	581	253
3	4.996	(10.40)	19.16	(484)	269
4	4.996	(6.87)	18.56	(735)	278
5	4.995	5.97	19.76	847	261
6	4.995	4.97	21.28	1019	242
7	5.001	3.03	20.68	1690	249
8	5.007	3.11	25.48	1647	201
9	5.013	3.14	29.28	1633	175
10	5.000	2.99	28.16	1712	181
11	4.987	2.95	23.68	1732	216
12	4.974	2.98	20.52	1709	250
13	4.974	3.02	22.12	1686	231
14	4.975	3.09	21.50	1647	238
15	4.975	3.01	19.38	1692	265
16	4.984	3.01	19.20	1695	268
17	4.993	2.86	16.78	1790	309
18	5.002	2.97	15.78	1725	330
19	5.017	3.01	16.36	1706	318
20	5.031	3.00	19.46	1717	267
21	5.046	3.05	18.86	1693	276
22	5.050	3.07	19.62	1683	266
23	5.053	2.98	17.20	1736	304
24	5.057	2.96	17.62	1750	297
25	5.065	3.01	18.44	1723	284
26	5.072	3.01	17.84	1725	294
27	5.080	3.01	16.58	1728	318
28	5.072	3.06	18.04	1696	291
29	5.063	3.11	17.84	1665	294
30	5.055	3.03	17.64	1708	297
31	5.057	3.01	18.22	1720	287
32	5.059	3.14	18.86	1648	277
33	5.061	3.07	20.62	1687	253
34	5.065	3.17	18.56	1634	282

() Valori incerti.

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)

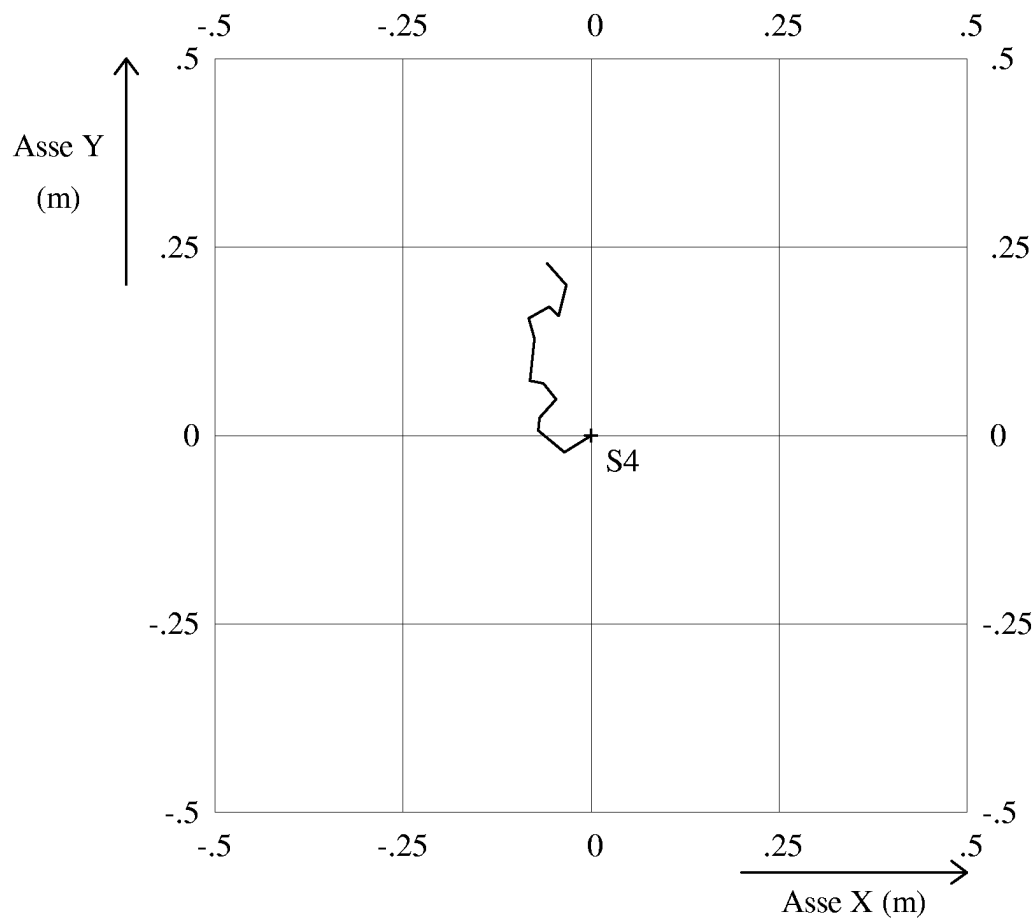


Legenda :
 Scala 1: 100
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S4
Data prova:	16-21-22 /04 / 2004

Pianta

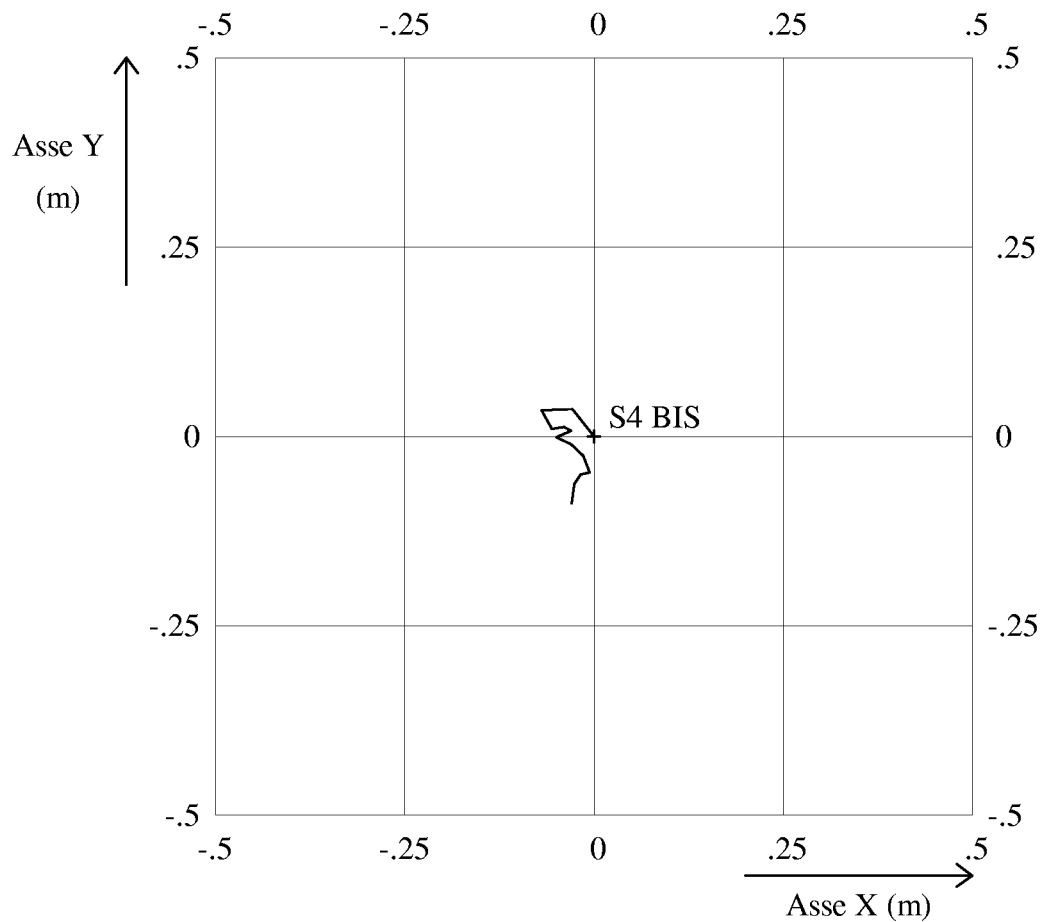


Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S4 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

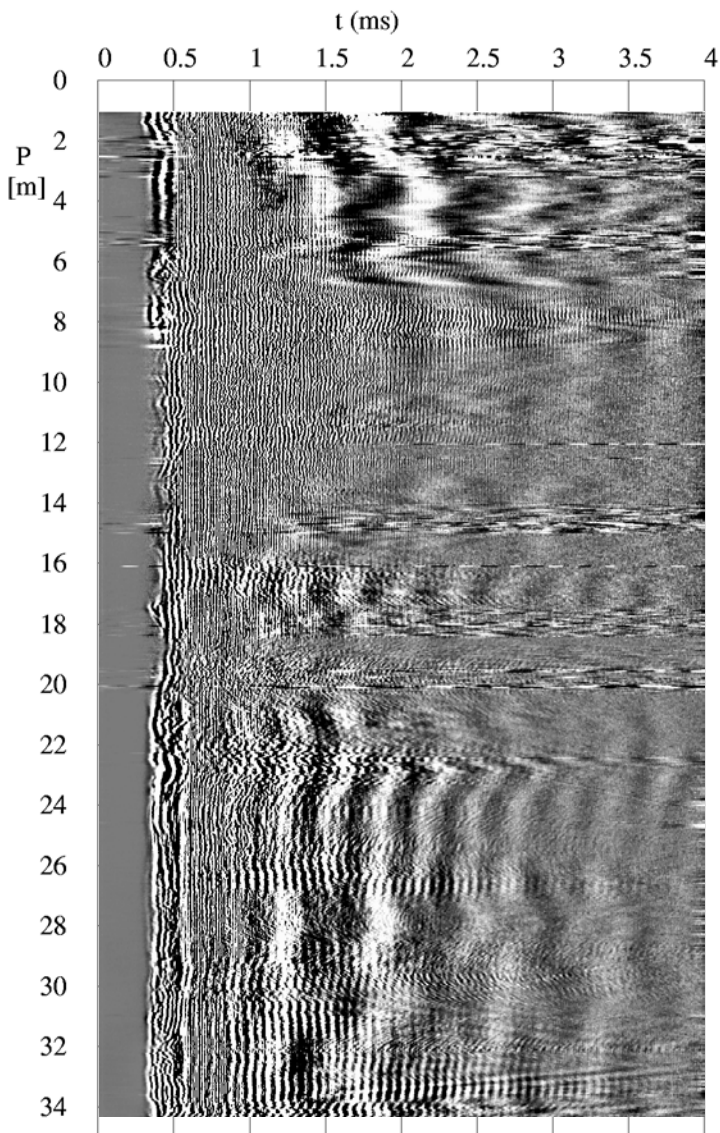
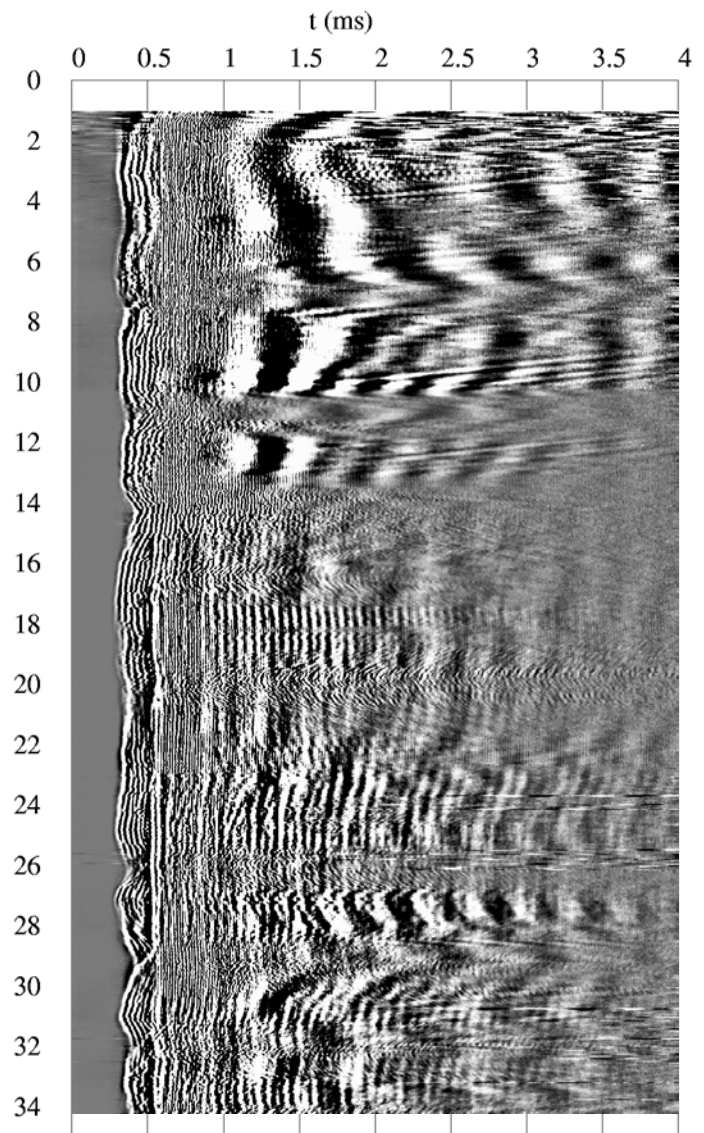
Pianta



Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

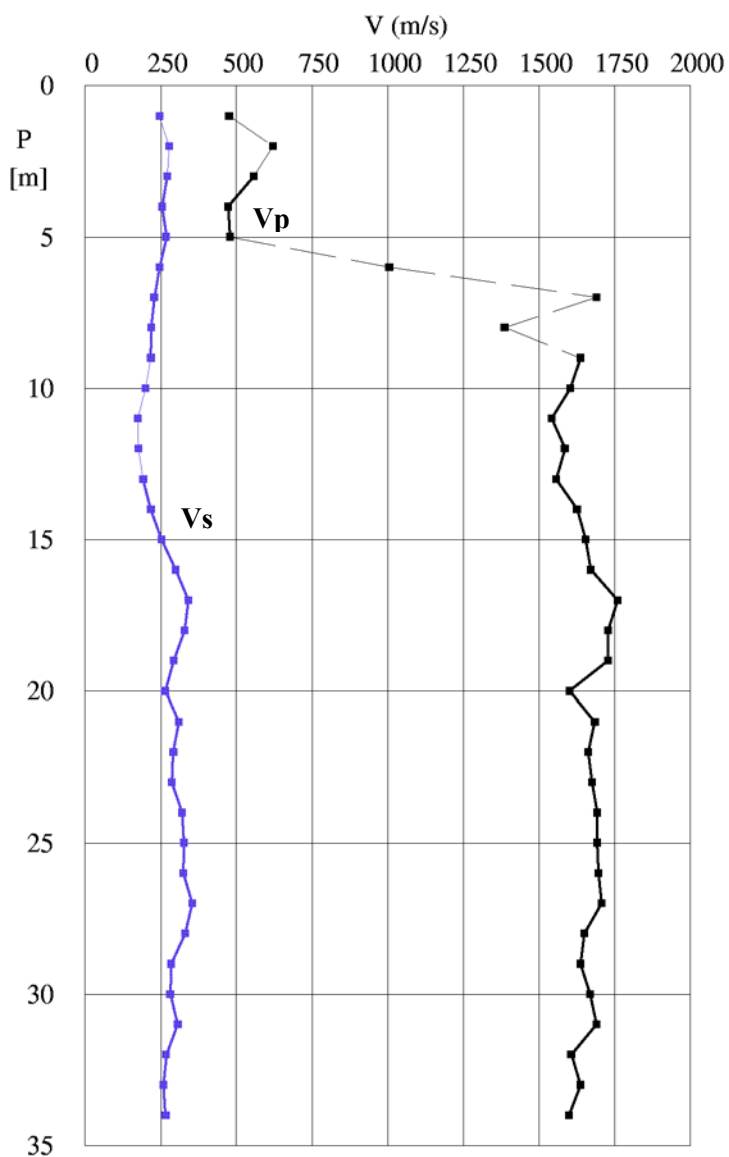
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S4 – S4 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Diagrafia sonica foro S4

Diagrafia sonica foro S4 BIS


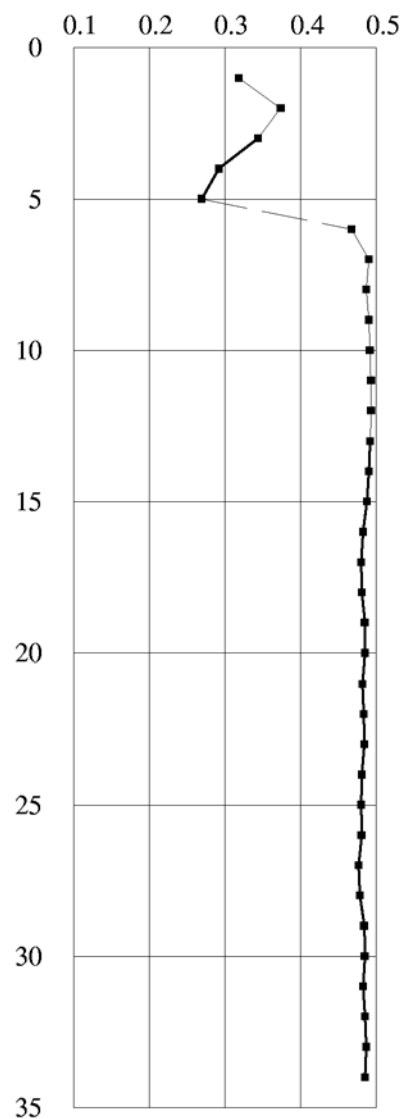
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente: Fondazione CNAO
Cantiere: Pavia (PV)
Percorso: S4 – S4 BIS
Data prova: 16-21-22 / 04 / 2004

Diagramma di velocità



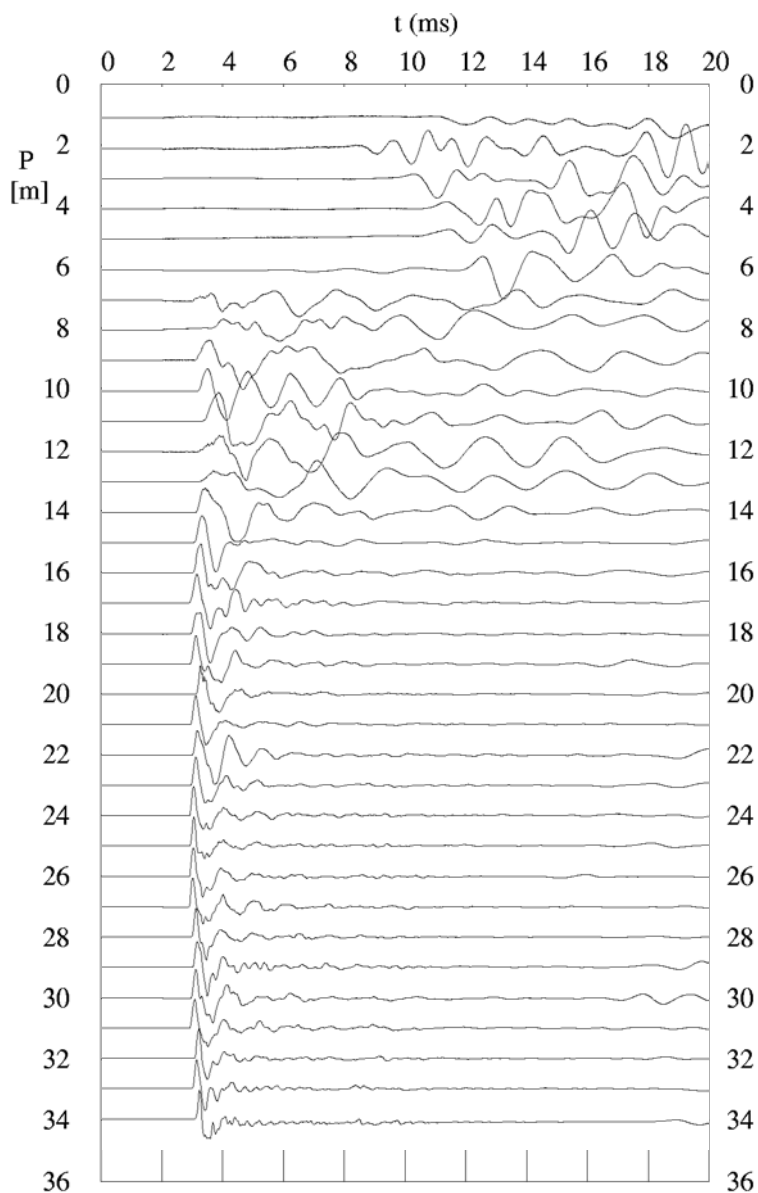
Poisson



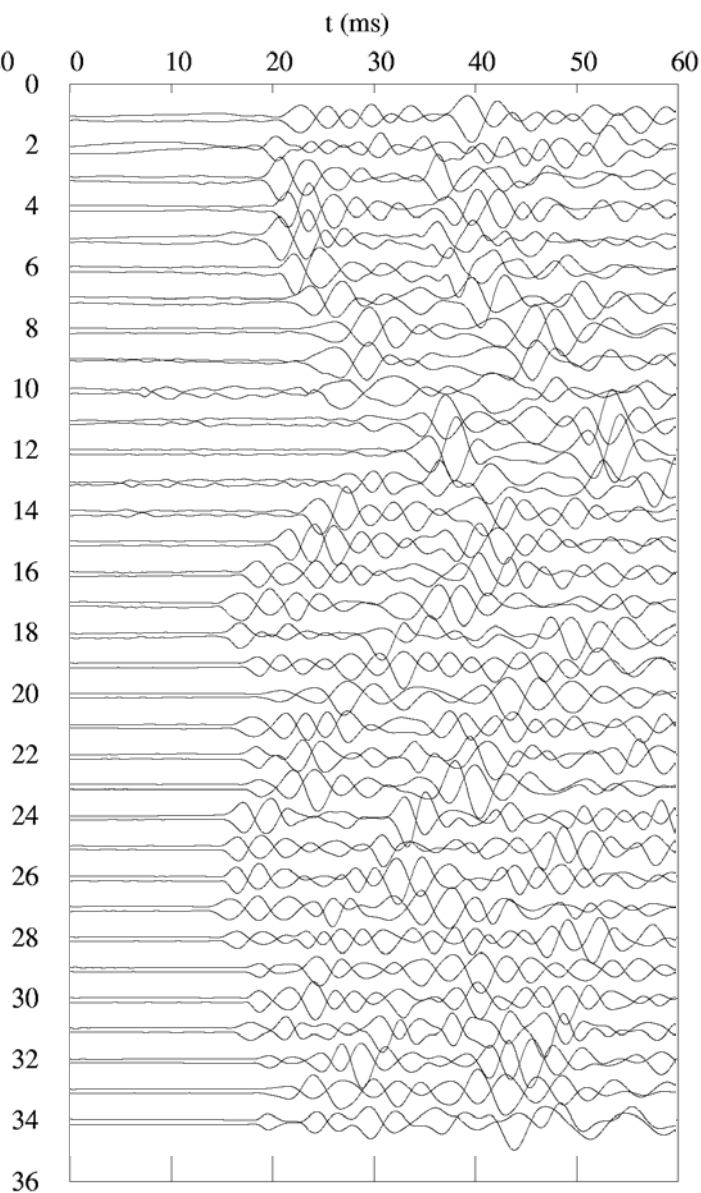
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S4 – S4 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Oscillogrammi onde P



Oscillogrammi onde S



rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

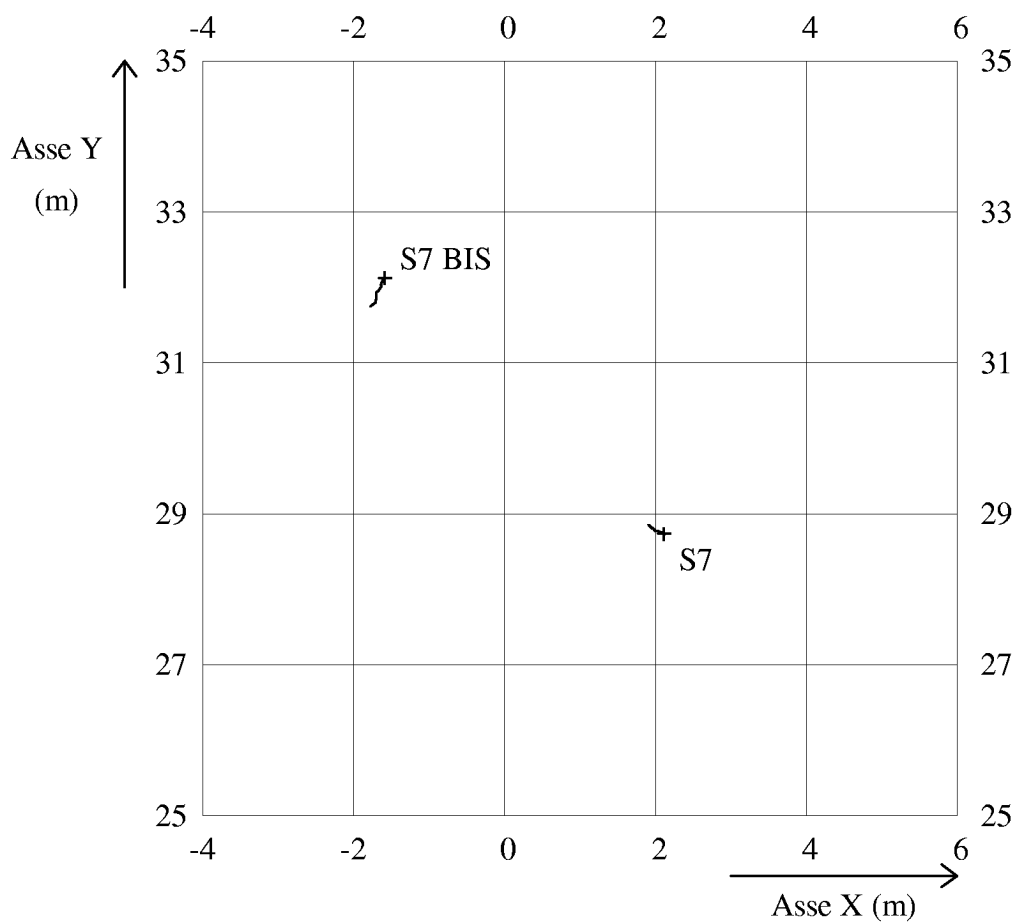
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S4 – S4 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Profondità [m]	Distanze [m]	TP [ms]	TS [ms]	VP [m/s]	VS [m/s]
1	4.942	(10.43)	20.70	(477)	246
2	4.953	(8.03)	(18.38)	(622)	(279)
3	4.965	8.96	18.86	558	272
4	4.960	10.56	20.00	473	256
5	4.954	10.41	19.00	479	269
6	4.949	(4.99)	20.64	(1006)	247
7	4.937	2.99	22.20	1691	229
8	4.924	(3.62)	22.98	(1387)	220
9	4.912	3.07	23.18	1637	218
10	4.908	3.13	(25.00)	1604	(201)
11	4.905	3.25	(28.70)	1542	(175)
12	4.902	3.16	(28.30)	1586	(177)
13	4.889	3.21	(25.98)	1557	(193)
14	4.877	3.07	23.00	1626	218
15	4.864	3.01	19.72	1654	254
16	4.862	2.98	16.80	1671	300
17	4.860	2.83	14.80	1761	342
18	4.858	2.88	15.32	1729	330
19	4.840	2.87	17.10	1729	293
20	4.822	3.08	18.82	1602	265
21	4.803	2.92	16.02	1685	311
22	4.788	2.95	16.98	1663	292
23	4.773	2.92	17.22	1675	287
24	4.758	2.88	15.40	1693	321
25	4.754	2.88	15.08	1692	328
26	4.751	2.87	15.20	1697	325
27	4.747	2.85	13.96	1708	355
28	4.756	2.95	14.96	1651	331
29	4.764	2.98	17.30	1637	285
30	4.773	2.93	17.50	1669	282
31	4.765	2.89	16.10	1690	307
32	4.758	3.03	18.26	1607	269
33	4.751	2.97	18.92	1638	259
34	4.734	3.03	18.32	1599	267

() Valori incerti.

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)

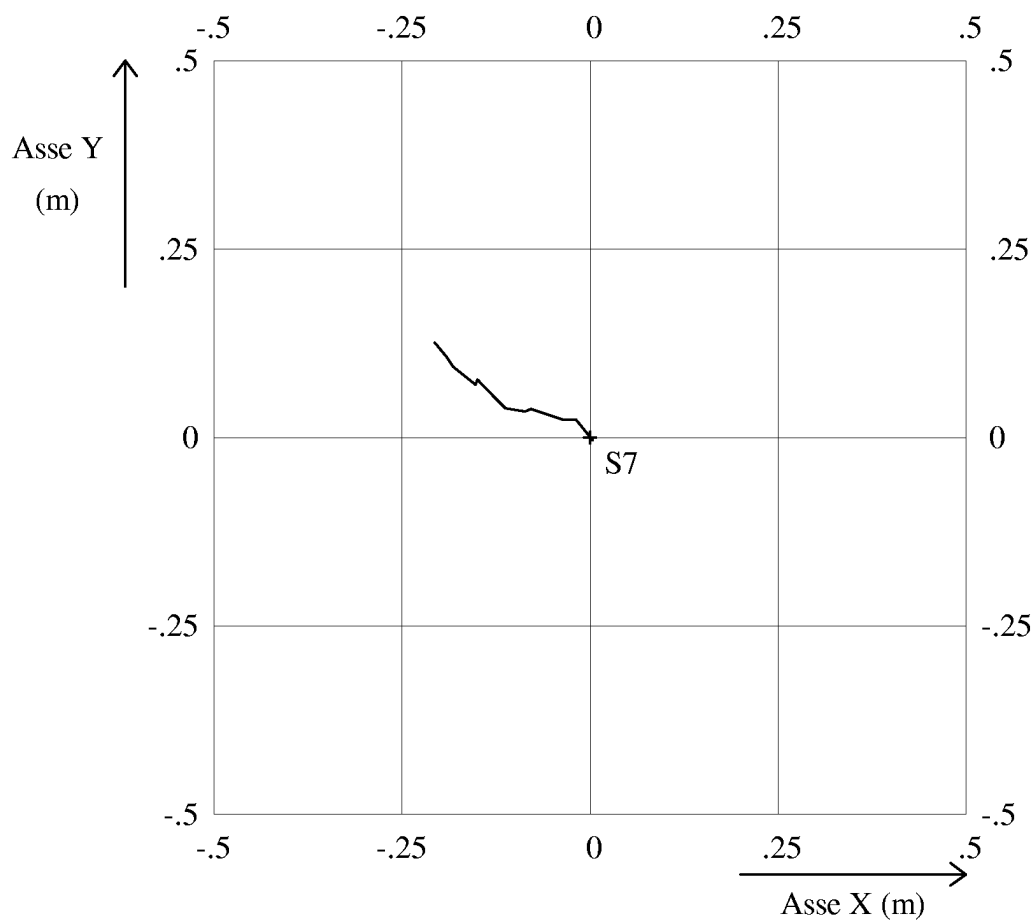


Legenda :
 Scala 1: 100
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S7
Data prova:	16-21-22 /04 / 2004

Pianta

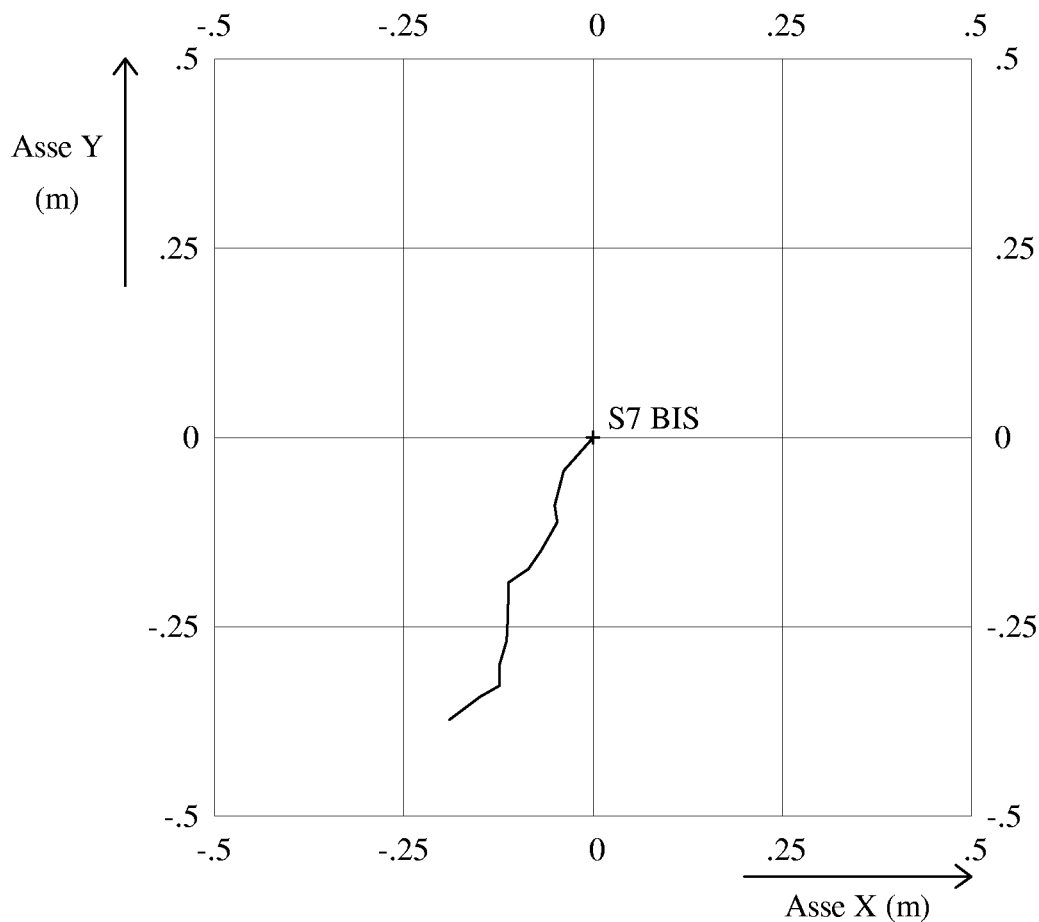


Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S7 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

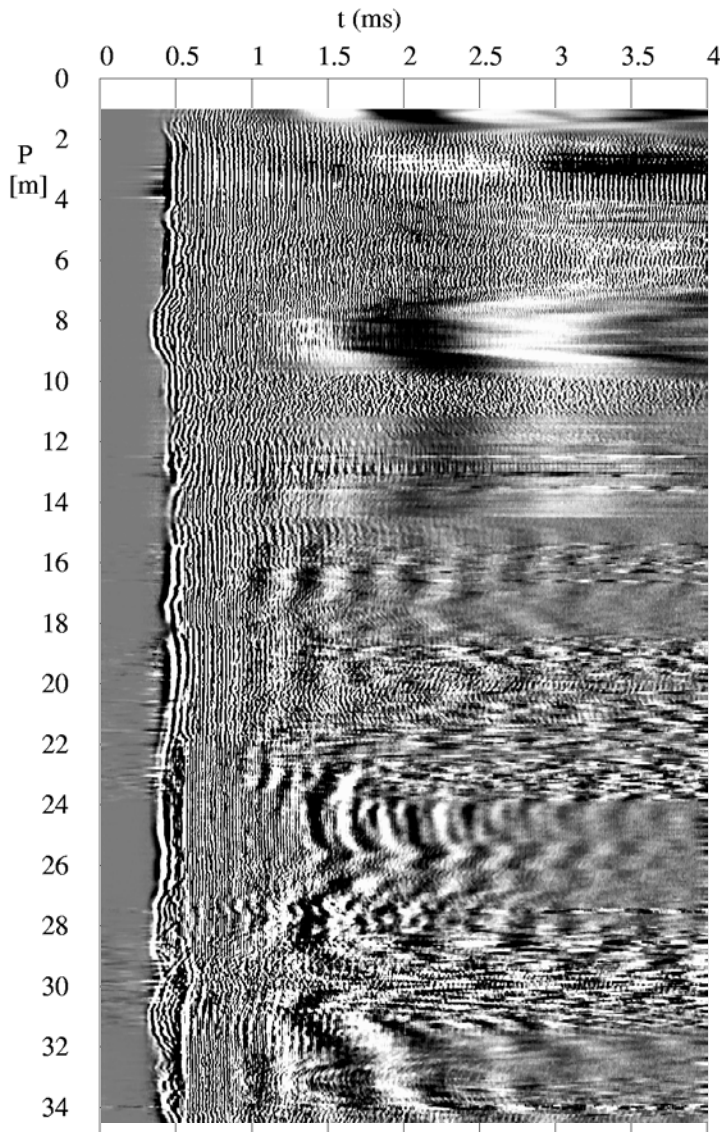
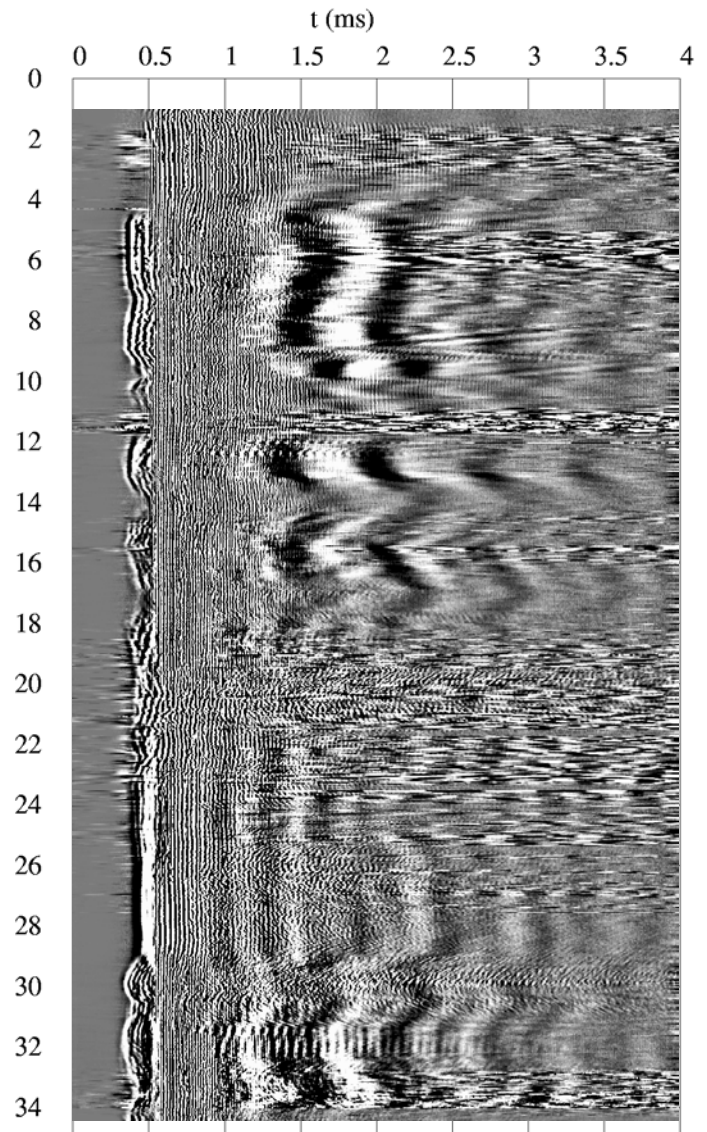
Pianta



Legenda :
 Scala 1: 10
 + : Bocca foro

rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

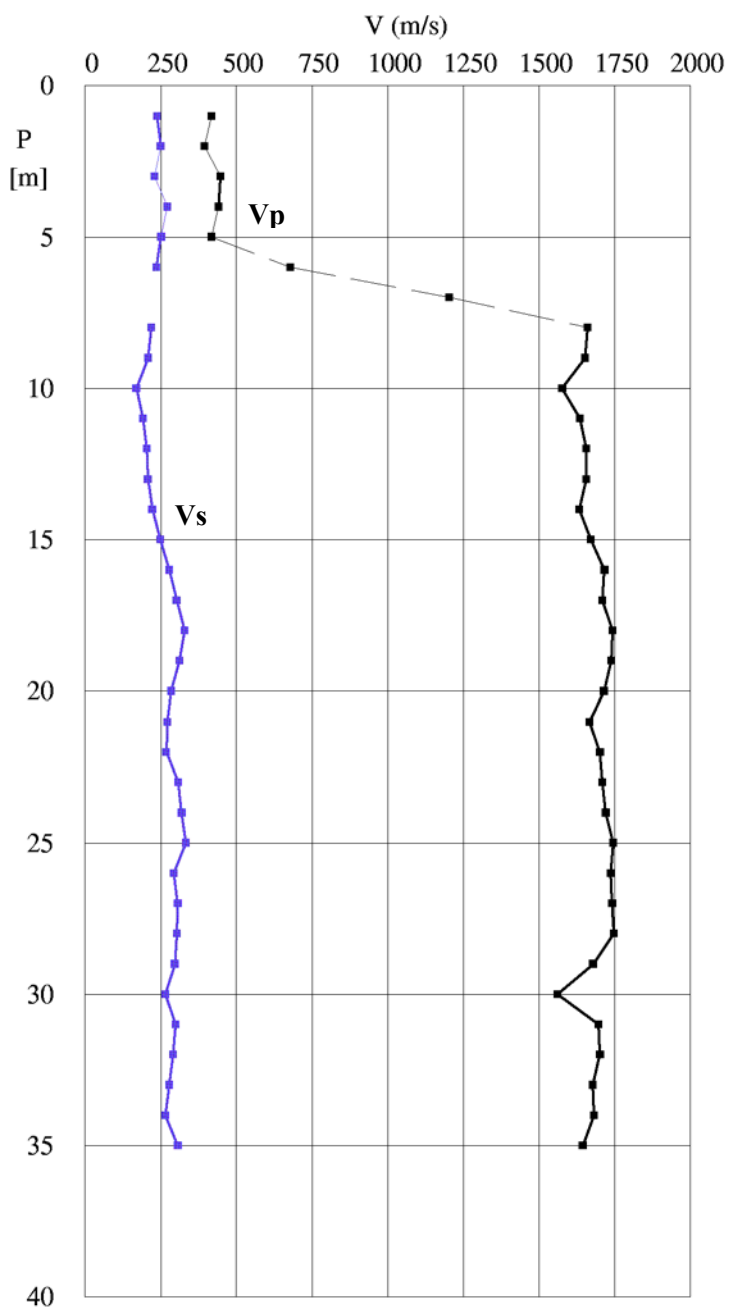
Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Foro:	S7 – S7 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Diagrafia sonica foro S7

Diagrafia sonica foro S7 BIS


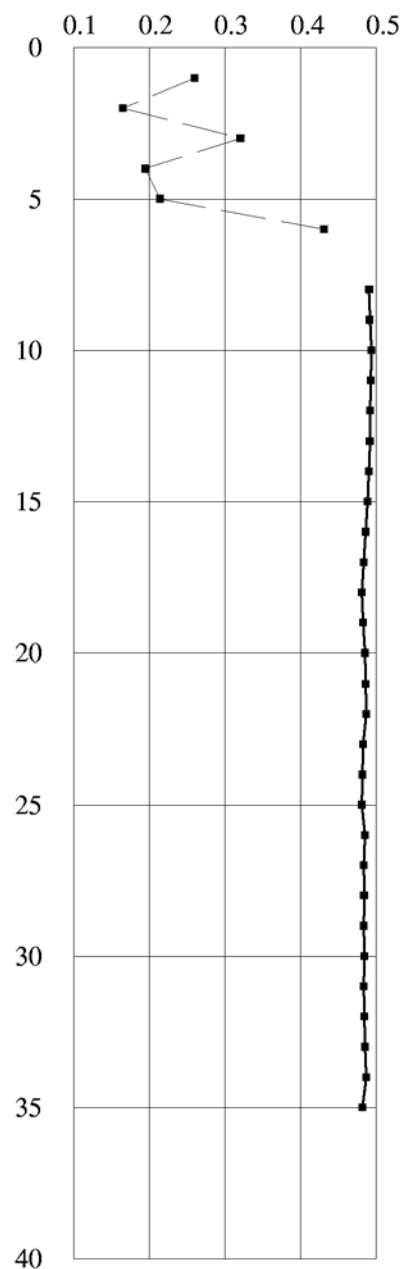
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente: Fondazione CNAO
Cantiere: Pavia (PV)
Percorso: S7 – S7 BIS
Data prova: 16-21-22 / 04 / 2004

Diagramma di velocità



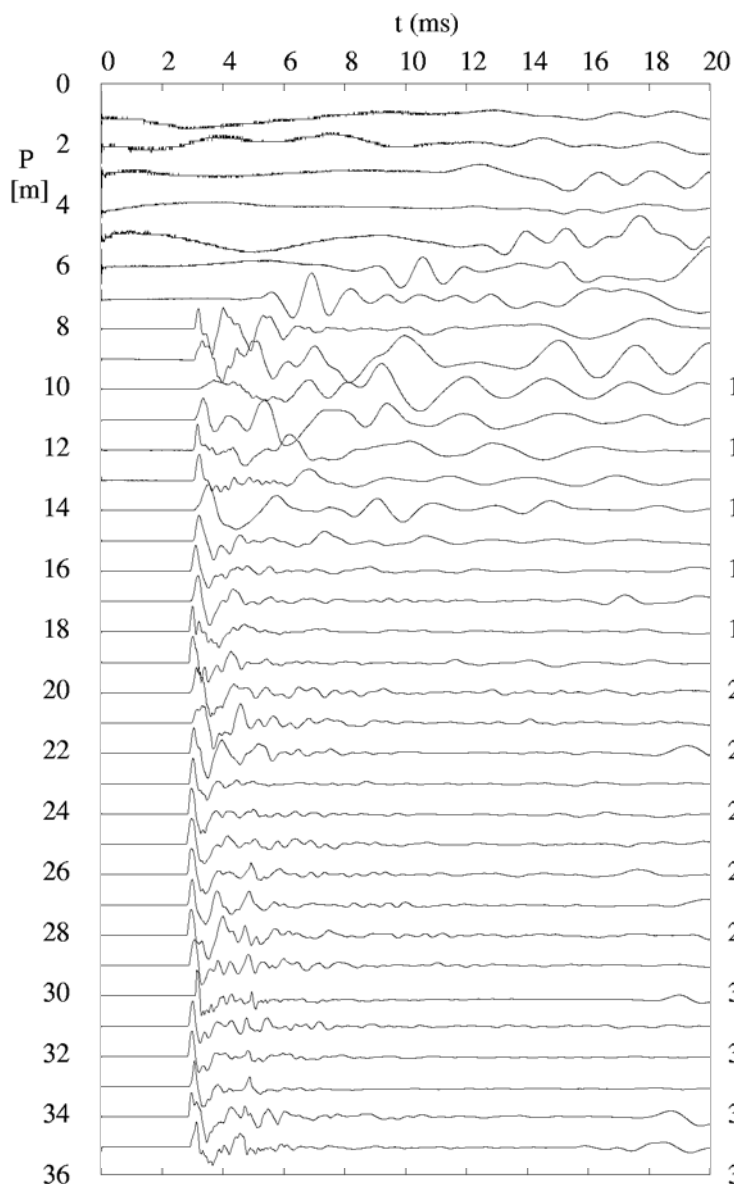
Poisson



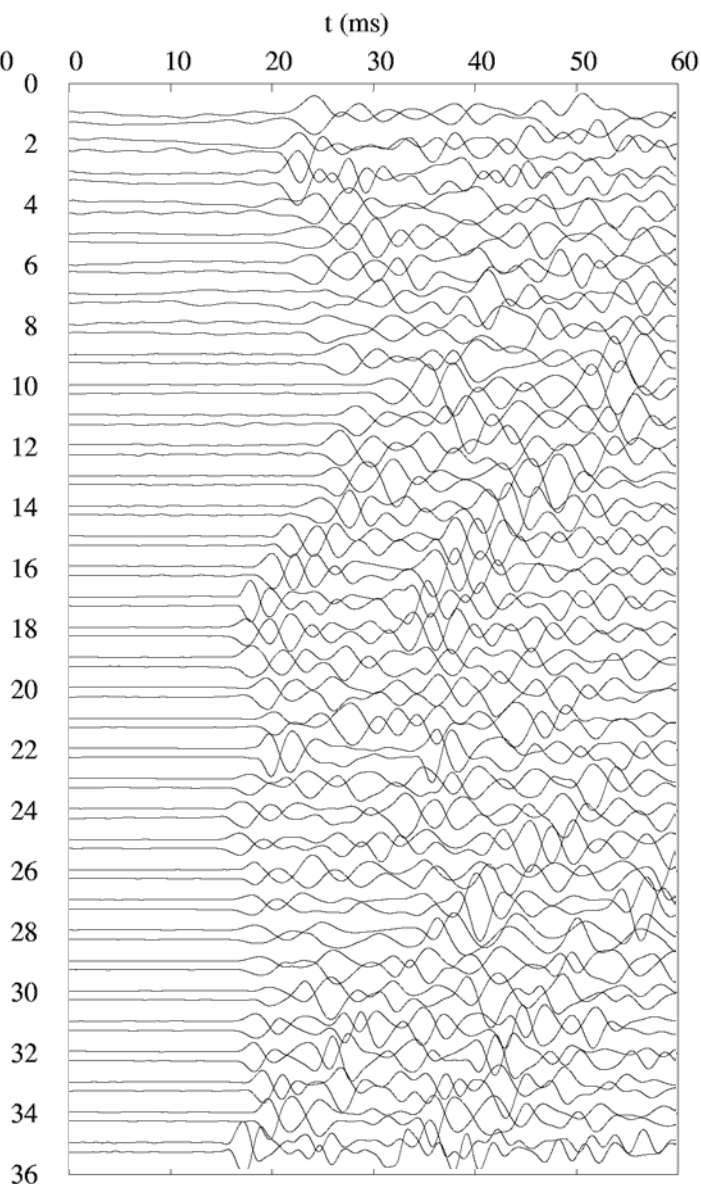
rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S7 – S7 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Oscillogrammi onde P



Oscillogrammi onde S



rev.	data elab.	eseguito da	elaborato da
0	Aprile '04	Signori M.	Ing. D. Patelli

Committente:	Fondazione CNAO
Cantiere:	Pavia (PV)
Percorso:	S7 – S7 BIS
Data prova:	16-21-22 / 04 / 2004

Profondità [m]	Distanze [m]	TP [ms]	TS [ms]	VP [m/s]	VS [m/s]
1	5.022	(12.09)	21.68	(418)	238
2	5.023	(12.79)	20.68	(395)	250
3	5.024	11.29	20.28	448	255
4	5.006	11.39	(22.45)	442	(229)
5	4.987	(11.99)	20.38	(418)	252
6	4.969	(7.39)	21.62	(679)	236
7	4.959	(4.19)	-	(1204)	-
8	4.949	3.05	23.08	1661	220
9	4.938	3.06	24.28	1652	209
10	4.921	3.19	29.50	1577	170
11	4.905	3.07	26.14	1635	192
12	4.888	3.02	24.60	1657	204
13	4.885	3.02	24.14	1656	208
14	4.883	3.06	22.48	1633	223
15	4.881	2.99	20.22	1672	249
16	4.876	2.91	18.14	1717	278
17	4.872	2.92	16.70	1709	303
18	4.867	2.86	15.36	1744	330
19	4.851	2.86	16.10	1739	313
20	4.835	2.89	17.54	1715	285
21	4.819	2.96	18.34	1667	272
22	4.801	2.89	18.46	1702	269
23	4.784	2.87	16.10	1709	309
24	4.766	2.84	15.50	1721	320
25	4.763	2.8	14.90	1745	333
26	4.759	2.81	16.84	1737	293
27	4.756	2.8	16.10	1742	307
28	4.737	2.78	16.20	1748	304
29	4.719	2.88	16.48	1679	297
30	€ 4.700	3.08	18.28	1561	266
31	4.699	2.84	16.32	1696	299
32	4.698	2.83	16.72	1702	291
33	4.696	2.87	17.42	1677	279
34	4.692	2.86	18.22	1682	266
35	4.688	2.92	15.86	1645	307

() Valori incerti.