

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

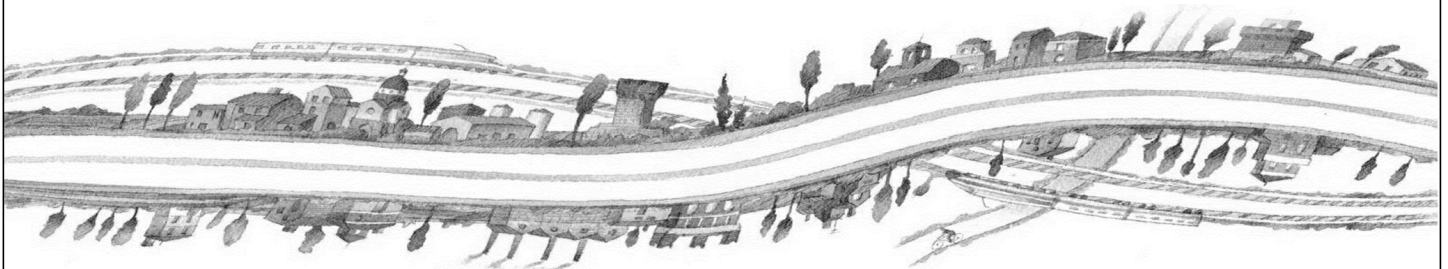
AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA - PARTE GENERALE

INDAGINI

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

LOTTO 3

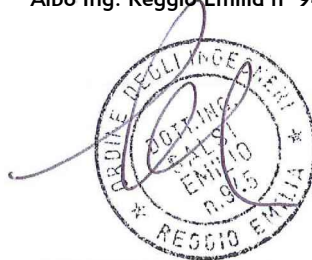
PROVE SISMICHE CROSS HOLE



IL PROGETTISTA

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

IL CONCESSIONARIO

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi


G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17/04/2012	Emissione				Gubertini	Zurlo	Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO									DATA:	Maggio 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:
0033	PD	0	X03	X0000	0	IS	IG	01	A	-

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. INDAGINI GEOFISICHE.....	3
2.1. PREMESSA.....	3
2.2. INDAGINI GEOFISICHE SVOLTE	5
2.3. FINALITA' DELLA PROSPEZIONE.....	11
3. ESECUZIONE DEI RILIEVI.....	12
3.1. CAROTAGGIO SISMICO CROSS-HOLE	12
3.2. PROVE DI VERTICALITA'	15
4. METODOLOGIE INTERPRETATIVE DELLE MISURE	25
5. ANALISI DEI RISULTATI GEOFISICI.....	33
5.1. CROSS-HOLE BH 407 – CH 407 (LOC. POGGIO RENATICO)	33
5.2. CROSS-HOLE BH 417 – CH 417 (LOC. POGGIO RENATICO)	37
5.3. CROSS-HOLE BH 426 – CH 426 (LOC. POGGIO RENATICO)	41
5.4. CROSS-HOLE BH 442 – CH 442 (LOC. POGGIO RENATICO)	45
5.5. CROSS-HOLE BH 433 – CH 433 (LOC. POGGIO RENATICO)	49
5.6. CROSS-HOLE BH 606 – CH 606 (LOC. S. AGOSTINO)	53
5.7. CROSS-HOLE 1FE BH 09 – 1FE CH 09 (LOC. BONDENO)	57
5.8. CROSS-HOLE 1FE BH 12 – 1FE CH 12 (LOC. BONDENO)	61
APPENDICE – PROVE DI VERTICALITA'	65

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle indagini geognostiche in situ per l'autostrada regionale CISPADANA nel tratto inerente al Lotto n°3, è stata svolta un'indagine geofisica con consistente nell'esecuzione di otto carotaggi sismici con metodologia Cross-Hole per conto della società A. R. CISPADANA S.p.A.

Le finalità dell'indagine sono state quelle di definire i valori di velocità sismica delle onde P e delle onde S (V_p e V_sH) e la caratterizzazione dinamica dei terreni, attraverso il calcolo dei moduli elastici-dinamici.

I carotaggi sismici Cross-Hole sono stati eseguiti all'interno di otto coppie di sondaggi meccanici appositamente attrezzati. La prospezione geofisica è stata condotta, per quanto riguarda le fasi di campagna, nei giorni 14 e 21 settembre 2011 e nei giorni 8 e 9 novembre 2011.

Nella presente relazione sono descritte, secondo un criterio essenzialmente geofisico, le modalità d'esecuzione della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie interpretative dei dati sismici.

2. INDAGINI GEOFISICHE

2.1. PREMESSA

Le indagini sismiche in situ hanno permesso di determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P) e delle onde di taglio (onde S_H) e, utilizzando i valori delle velocità acquisite, alcune proprietà meccaniche delle litologie investigate.

Nell'ambito di questi studi si è provveduto alla parametrizzazione dinamica dei terreni. Nello specifico sono state acquisite misure della velocità delle onde sismiche che hanno permesso di determinare la rigidità iniziale (G_0 o G_{max}), ossia la rigidità a livelli di deformazione molto bassi. Nell'indagine geofisica svolta, tale parametrizzazione è stata ottenuta attraverso misure delle onde di compressione (P) e di taglio (S_H), mediante carotaggi sismici con metodologia Cross-Hole su coppie di sondaggi meccanici adeguatamente attrezzati.

Per quanto riguarda le principali proprietà dinamiche dei terreni, è opportuno ricordare che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che questi si trovano per gran parte sotto falda, ci si trova in condizioni di drenaggio impedito e pertanto il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali. Per questo motivo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un treno d'onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno in pratica orizzontale. Tale assunzione è oltretutto giustificata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più verosimile ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni inferiori a 10^{-3} %).

Attraverso i valori di velocità di propagazione delle onde P (V_p) e delle onde S (V_{S_H}), si sono determinati, in riferimento alla teoria dell'elasticità, alcune delle proprietà meccaniche del mezzo attraversato, quali:

- il modulo di deformazione a taglio G_{max} : $(G = \rho \cdot V_s^2)$

- il modulo di Young E: $E = 2\rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)$

- il coefficiente di Poisson ν : $\nu = 0.5 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 / \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1$

- il modulo di compressibilità volumetrica E_v :
$$E_v = \rho \cdot \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

dove: ρ = rappresenta la densità del mezzo;

γ = peso di volume (= $\rho \cdot g$)

g = l'accelerazione di gravità ;

ν = è il coefficiente di Poisson.

Le velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi ($S_r = 100\%$) dipendono talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tali valori possono non essere rappresentativi delle proprietà meccaniche del materiale in questione secondo le relazioni matematiche espresse in precedenza; invece le velocità delle onde S e delle onde di superficie, sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni sotto falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio e, subordinatamente, le onde di superficie.

2.2. INDAGINI GEOFISICHE SVOLTE

Le coppie di sondaggi meccanici, al momento dell'esecuzione del carotaggio sismico, risultavano completamente rivestite con tubazione in PVC cementata alle pareti dei fori stessi e presentavano le seguenti profondità investigabili:

407 – Poggio Renatico (FE - 14 settembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)
BH 407	30,0
CH 407	30,0

417 – Poggio Renatico (FE - 14 settembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)
BH 417	30,0
CH 417	30,0

426 – Poggio Renatico (FE - 21 settembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)
BH 426	30,0
CH 426	30,0

442 – Poggio Renatico (FE - 21 settembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)

BH 442	30,0
CH 442	30,0

433 – Poggio Renatico (FE - 08 novembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)
BH 433	30,0
CH 433	30,0

606 – S. Agostino (FE - 08 novembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)
BH 606	30,0
CH 606	30,0

1FE12 – Bondeno (FE - 09 novembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)
1FEBH 12	30,0
1FECH 12	30,0

1FE09 – Bondeno (FE - 09 novembre 2011)	
Sondaggio n°	Profondità investigazione sondaggio (m da p.c.)



1FEBH 09	30,0
1FECH 09	30,0

Preliminarmente all'esecuzione del carotaggio sismico, è stata eseguita, su tutti i fori, la prova di verticalità (riportata in appendice) con passo di acquisizione di 1 metro, ed i cui risultati sono stati opportunamente utilizzati al fine di conoscere la distanza reciproca dei sondaggi da piano campagna fino a fondo-foro.

Tutte le registrazioni sismiche, all'interno dei sondaggi, sono state eseguite con un'interdistanza fra le misure pari a 1,0 metri, da fondo-foro fino al piano campagna, per un totale di 240,0 m di carotaggio sismico Cross-Hole. Sono stati inoltre eseguiti, in totale, 480,0 m di misura della verticalità dei fori.

Si fa presente che le misure geofisiche effettuate risultano di poco inferiori alla lunghezza del sondaggio, in quanto la sonda di misura a causa della propria lunghezza non permette la misura diretta nell'ultimo metro in profondità.



Figura 2.1 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori BH 407 e CH 407 (località Poggio Renatico).



Figura 2.2 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori BH 426 e CH 426 (località Poggio Renatico).



Figura 2.3 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori BH 442 e CH 442 (località Poggio Renatico).



Figura 2.4 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori BH 433 e CH 433 (località Poggio Renatico).



Figura 2.5 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori BH 606 e CH 606 (località S. Agostino).



Figura 2.6 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori 1FEBH12 e 1FECH12 (località Bondeno).



Figura 2.7 – Operazioni di acquisizione dati del carotaggio sismico CH eseguito sulla coppia di fori 1FEBH09 e 1FECH09 (località Bondeno).

2.3. FINALITA' DELLA PROSPEZIONE

Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- definire i valori di V_p e V_{sH} per i terreni indagati;
- computo dei moduli elasto-dinamici e del coefficiente di Poisson.

3. ESECUZIONE DEI RILIEVI

3.1. CAROTAGGIO SISMICO CROSS-HOLE

Le onde elastiche si propagano nelle rocce con vari schemi e con diverse velocità. Secondo queste modalità le onde sismiche sono pertanto distinte in longitudinali, trasversali, superficiali (Stoneley, Love, Rayleigh, etc.). Nelle varie applicazioni della sismica, quindi anche nei carotaggi sismici, si impiegano impulsi artificiali d'energizzazione che producono onde elastiche di diversi tipi; tra queste sono prese in esame solo le onde longitudinali di tipo compressionale o prime (P) e quelle trasversali, di taglio, o seconde (S).

Occorre ricordare che la componente dell'onda sismica compressionale P risulta più veloce della componente di taglio S e pertanto l'arrivo di queste onde di taglio deve essere ricercata all'interno del sismogramma registrato. Le due onde, com'è noto, si differenziano per la diversa modalità di deformazione dei terreni durante la loro diffusione: la propagazione delle onde longitudinali avviene mediante compressioni e decompressioni delle rocce, mentre quella delle onde trasversali si basa sulla trasmissione di sforzi di taglio.

Il carotaggio sismico Cross-Hole rappresenta una delle più accurate misure geofisiche per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni. Lo scopo della prova consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per spostarsi dalla sorgente ai ricevitori nella porzione di terreno compresa tra i due sondaggi (uno in cui è alloggiato il sistema energizzante e l'altro in cui è contenuto il sistema ricevente) di cui è nota la distanza.

Si fa l'assunzione che il volume di terreno compreso tra la sorgente ed il ricevitore presenti, sul piano orizzontale, un comportamento elastico, omogeneo ed isotropo. Nel caso in cui queste caratteristiche non siano verificate è necessario allora operare con più punti d'energizzazione.

La prova (Figura 4.1) consiste nel produrre all'interno del terreno, ad una profondità nota, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente elettro-meccanica, e nell'analizzare la propagazione su di un piano orizzontale del treno d'onde di compressione e di taglio così generate ed aventi rispettivamente vibrazioni di tipo compressionale polarizzate longitudinalmente alla direzione di propagazione (onde P) e vibrazioni di tipo trasversale polarizzate (sempre sul piano orizzontale) perpendicolarmente alla direzione di propagazione (onde S_H).

In particolare è misurato, mediante il ricevitore orizzontale alloggiato all'interno della sonda tridimensionale e posizionato parallelamente al senso di vibrazione delle onde S_H , l'istante di arrivo del treno di onde P ed S_H

rispetto all'istante in cui sono indotte le sollecitazioni alla sorgente, in modo che dividendo tali valori per la distanza tra la sorgente ed il ricevitore si possa ricavare il parametro velocità.

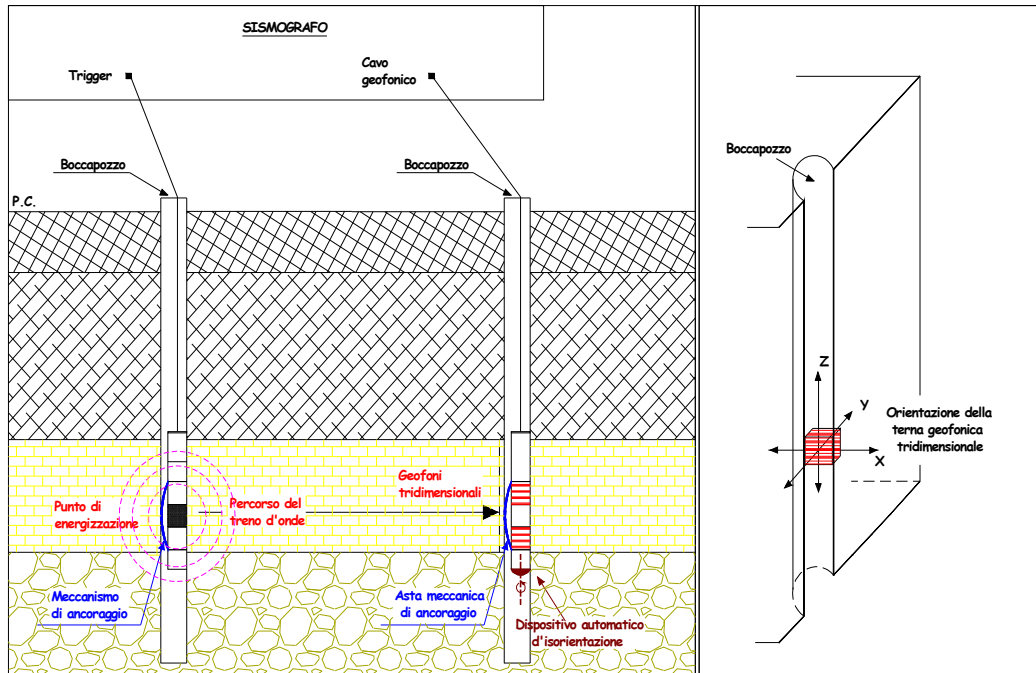


Figura 4.1 - Rappresentazione schematica di un carotaggio sismico cross hole

L'apparecchiatura utilizzata per questa prova, è quella definita nella tabella seguente:

Apparecchiatura	Strumentazione per indagini sismiche	Codice
Sistema acquisizione dati	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch- 24 bit Notebook HP per la registrazione delle onde P ed S _H ;	SGG-SI-52
Sistema di ricezione	Geofono tridimensionale da foro GEOSTUFF, a frequenza propria di 15 Hz, munito di bussola elettronica per l'orientamento del geofono stesso e di asta flessibile motorizzata per l'ancoraggio meccanico alla parete del foro	SGG-SI-55
Sistema energizzante	Energizzatore da foro onde P ed S _H - BIS-SH - GEOTOMOGRAPHIE	SGG-SI-69
Sistema misure di verticalità	Clinometro da foro digitale con doppio sensore per il tilt e bussola elettronica - DEVPROB1 - GEOTOMOGRAPHIE	SGG-SI-70

Tutti gli strumenti di misura impiegati, in riferimento con il calendario di taratura afferente al "sistema di qualità" in uso presso questo studio, sono periodicamente tarati presso il LABORATORIO GAMMAMISURE di Calenzano, accreditato SIT n°56 (Servizio di Taratura in Italia).

Il sistema energizzante adottato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili e direzionali. Come sistema di ricezione è stata utilizzata una sonda meccanizzata (geofono tridimensionale da foro) al cui interno è alloggiato un ricevitore costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale, in modo tale che uno dei tre trasduttori è orientato secondo la lunghezza della sonda (trasduttore verticale) e gli altri ad essa perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori hanno una frequenza propria di 15 Hz ed una sensibilità tale da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. Il geofono da foro possiede un'asta meccanica che garantisce un buon accoppiamento con le pareti di rivestimento del foro.

Il sistema d'acquisizione dati (GEODE Geometrics) è di tipo multicanale ed è in grado di registrare su ciascun canale, in forma digitale, le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit.

Il carotaggio sismico si sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. si prepara il sistema d'acquisizione dei dati;
2. la sorgente è calata a fondo foro all'interno di uno dei due sondaggi, in corrispondenza del quale viene prima orientata manualmente al fine di produrre una sollecitazione perpendicolare alla linea congiungente i due fori successivamente bloccata alle pareti del rivestimento con ancoraggio pneumatico;

3. il ricevitore (geofono da foro) è disposto nell'altro foro alla medesima profondità della sorgente, in modo tale che uno dei due trasduttori orizzontali sia orientato parallelamente alla direzione di vibrazione delle onde di taglio (quello che capta nella loro massima ampiezza le onde S_H). Il sistema è ancorato alle pareti del rivestimento con ancoraggio meccanico;
4. in seguito è attivata la sorgente producendo una sollecitazione che, con attivazione istantanea del sistema trigger, genera un treno di onde che si propaga dalla sorgente verso i ricevitori, orizzontalmente con vibrazioni di tipo compressionale (P) e vibrazioni di tipo trasversale dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione e polarizzate sul piano orizzontale (S_H);
5. successivamente viene ruotata di 180° la sorgente e è riprodotta una sollecitazione con polarità inversa che, con attivazione istantanea del sistema trigger, genera un treno di onde che si propaga dalla sorgente verso i ricevitori, orizzontalmente con vibrazioni di tipo compressionale (P) e vibrazioni di tipo trasversale dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione e polarizzate sul piano orizzontale (S_H);
6. infine sono riprodotte le sollecitazioni e quindi ripetute le prove con interdistanza fra le misure pari a 1,0 m per tutto il tratto di sondaggio.

3.2. PROVE DI VERTICALITA'

All'interno dei sondaggi utilizzati per le prove cross-hole, sono state eseguite le prove di verticalità; ciò ha garantito un'assoluta precisione nell'elaborazione delle prove cross-hole, potendo disporre della reale distanza presente tra la sorgente energizzante e il geofono tridimensionale.

Il sistema di misura consente di determinare gli spostamenti (mm) e la direzione azimutale di spostamento ($^\circ$) alle differenti profondità del sondaggio rispetto ad ogni punto.

I dati forniti hanno permesso, attraverso opportuni calcoli trigonometrici, di calcolare la lunghezza e l'angolo azimutale della retta congiungente le coppie di sondaggi alle varie profondità. I risultati delle prove di verticalità sono riportati in appendice A. Nel caso specifico:

- i sondaggi meccanici BH 407 e CH 407 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 4,98 metri, con azimuth della linea condotta da BH 407 a CH 407, N 340° E;
- i sondaggi meccanici BH 417 e CH 417 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 4,98 metri, con azimuth della linea condotta da BH 417 a CH 417, N 340° E;

- i sondaggi meccanici BH 426 e CH 426 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 3,75 metri, con azimuth della linea condotta da BH 426 a CH 426, N 315°E;
- i sondaggi meccanici BH 442 e CH 442 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 4,80 metri, con azimuth della linea condotta da BH 442 a CH 442, N 90°E;
- i sondaggi meccanici BH 433 e CH 433 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 4,58 metri, con azimuth della linea condotta da CH 433 a BH 433, N 0°E;
- i sondaggi meccanici BH 606 e CH 606 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 3,88 metri, con azimuth della linea condotta da CH 606 a BH 606, N 310°E;
- i sondaggi meccanici 1FEBH 12 e 1FECH 12 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 4,72 metri, con azimuth della linea condotta da 1FECH 12 a 1FEBH 12, N115°E;
- i sondaggi meccanici 1FEBH 09 e 1FECH 09 risultano ad una distanza iniziale, misurata in superficie, di 4,65 metri, con azimuth della linea condotta da 1FECH 09 a 1FEBH 09, N120°E;

Il calcolo della distanza assoluta per ogni coppia di sondaggi a profondità crescenti, ha mostrato una sensibile variazione della congiungente tra i due sondaggi contigui: tale parametro è stato opportunamente utilizzato nella correzione dei dati in profondità, fornendo i reali valori di velocità sismica.

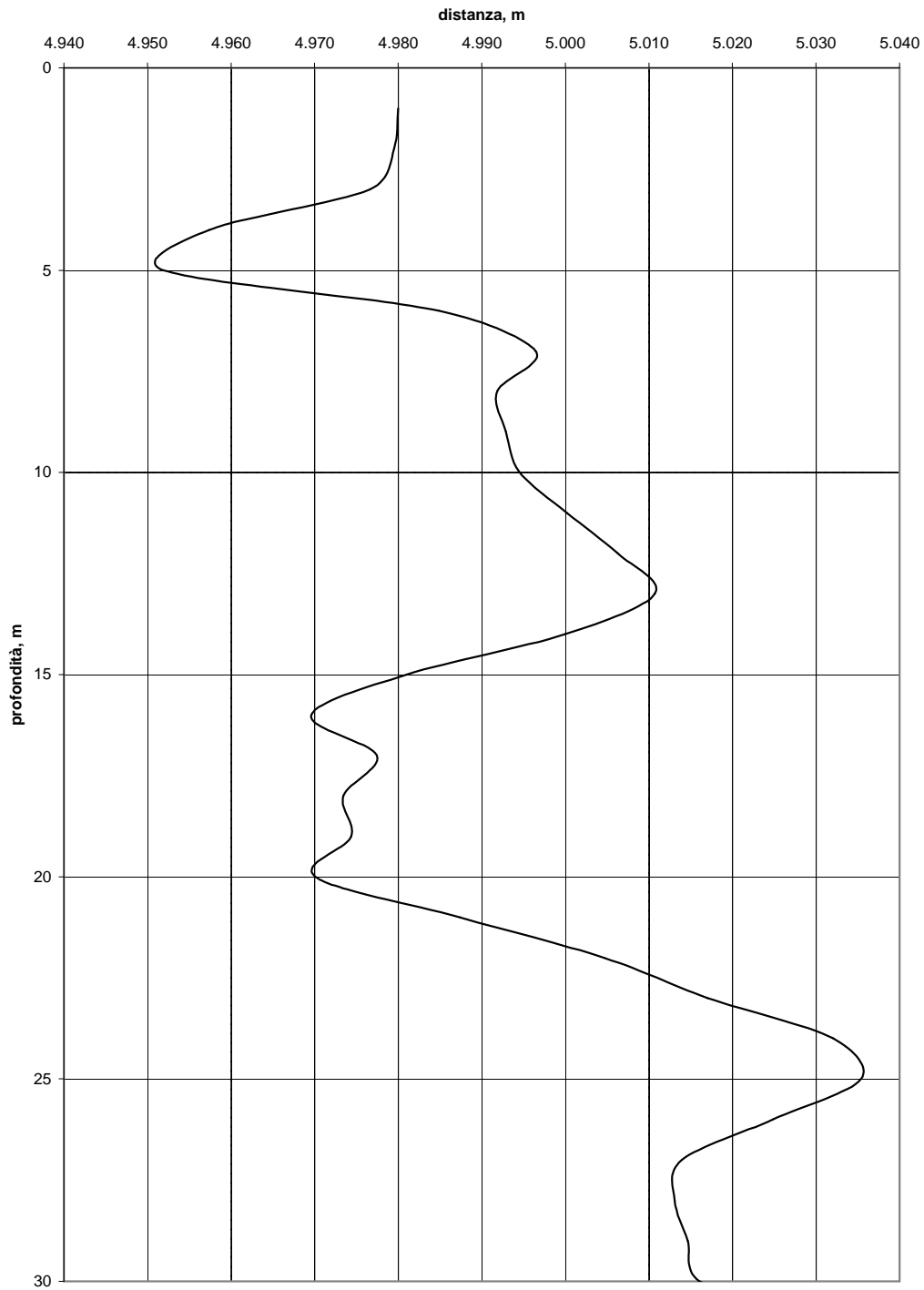


Figura 4.2 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi BH 407 e CH 407 in funzione della profondità (m da p.c.)

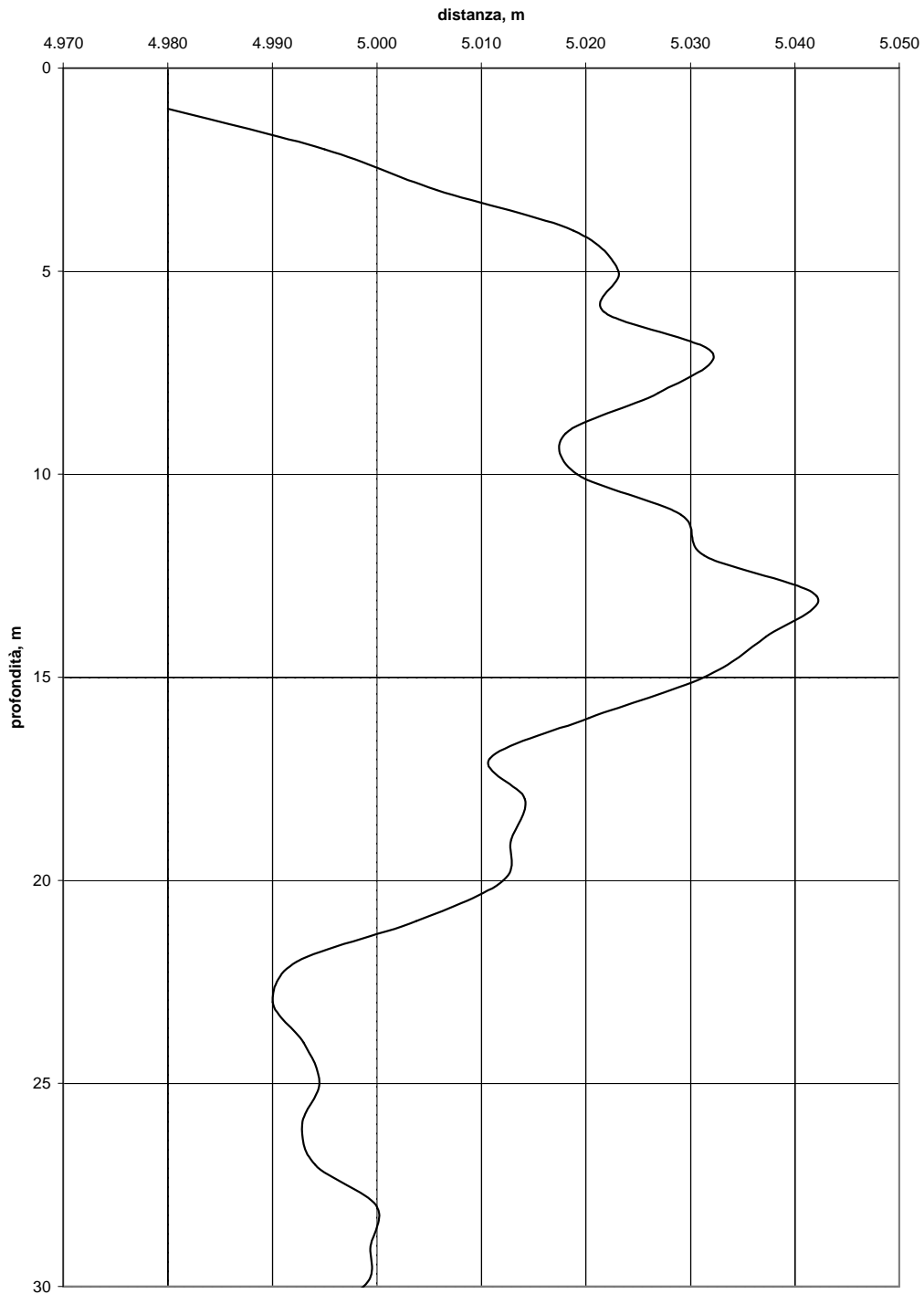


Figura 4.3 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi BH 417 e CH 417 in funzione della profondità (m da p.c.)

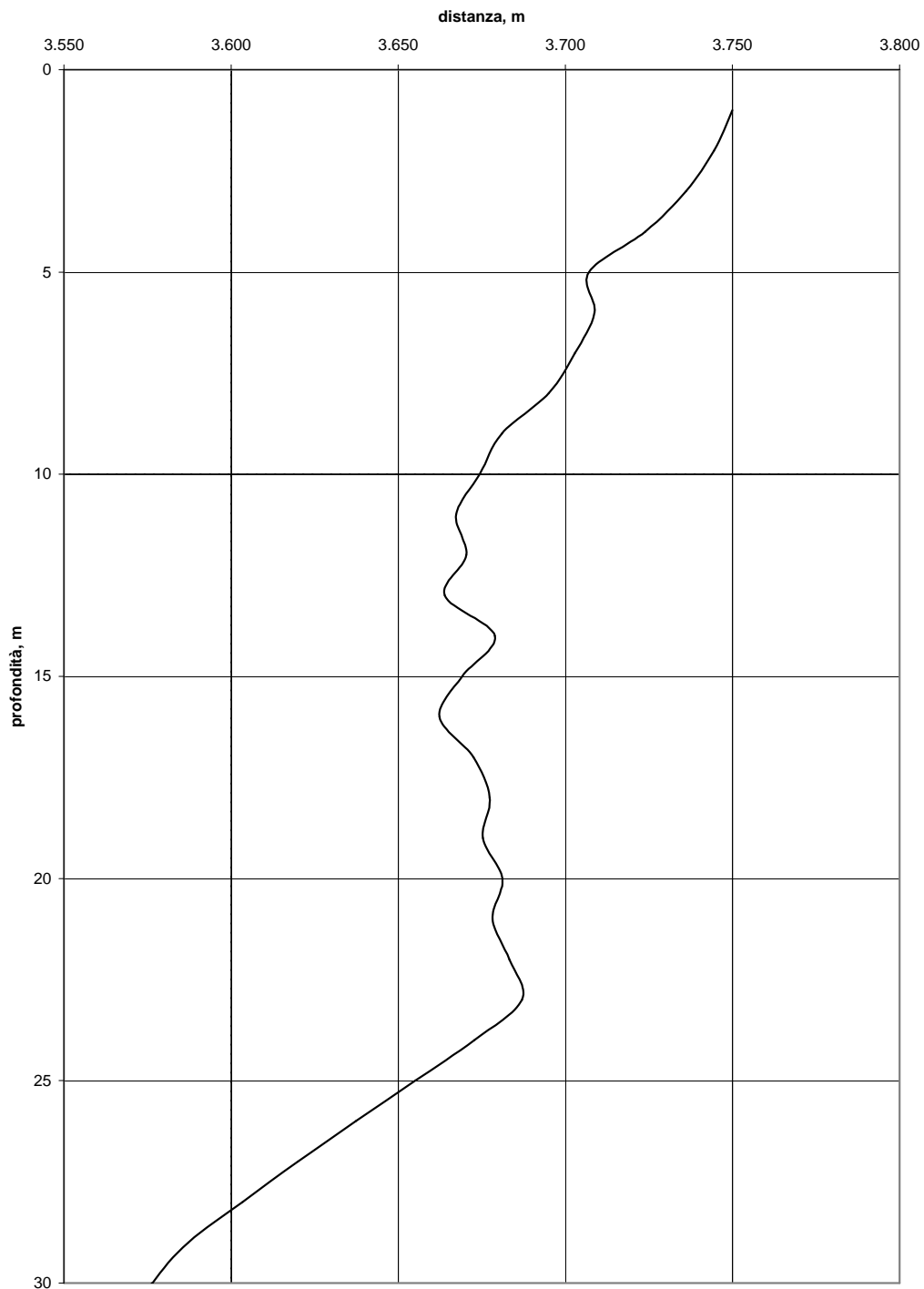


Figura 4.4 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi BH 426 e CH 426 in funzione della profondità (m da p.c.)

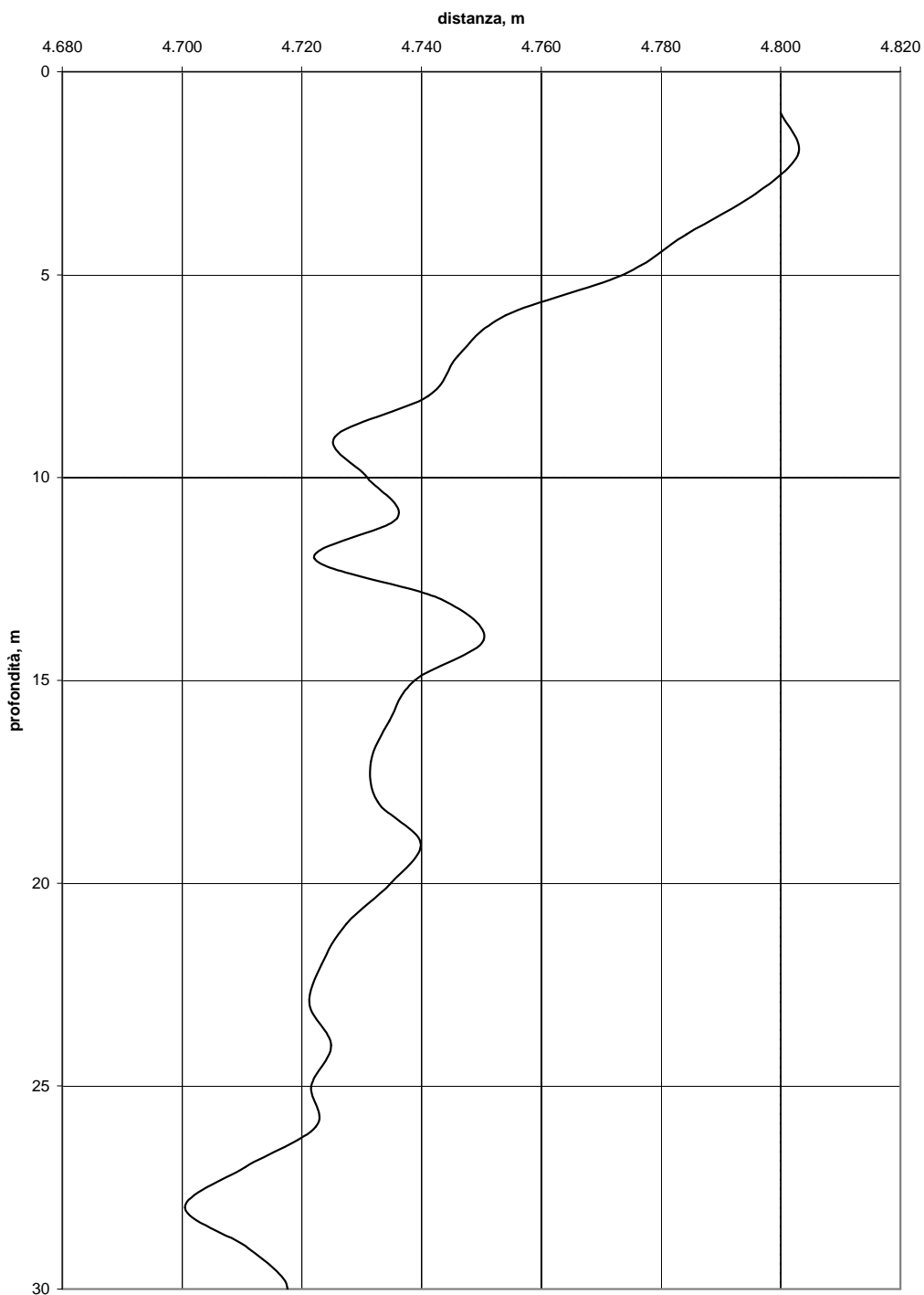


Figura 4.5 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi BH 442 e CH 442 in funzione della profondità (m da p.c.)

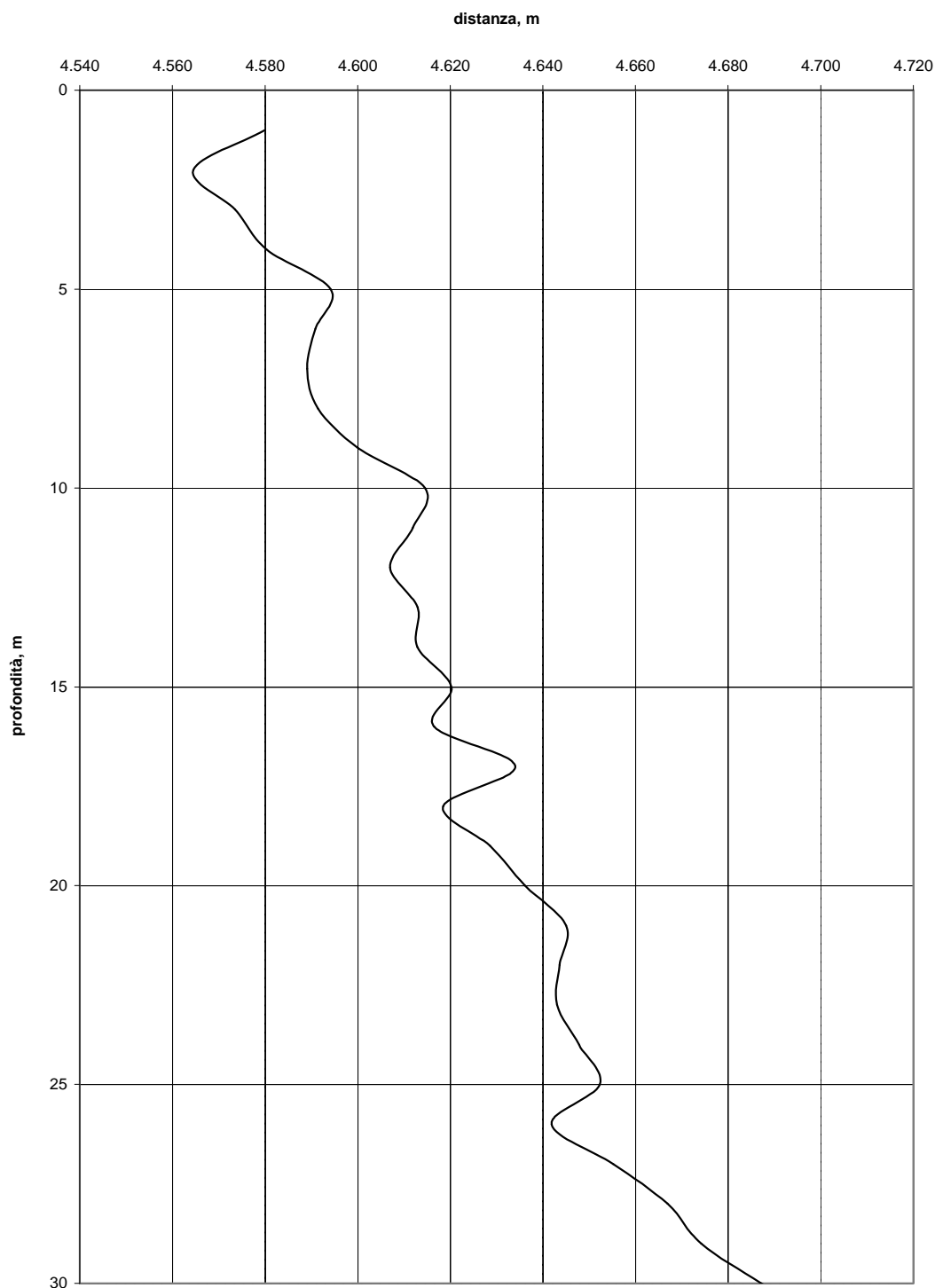


Figura 4.6 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi BH 433 e CH 433 in funzione della profondità (m da p.c.)

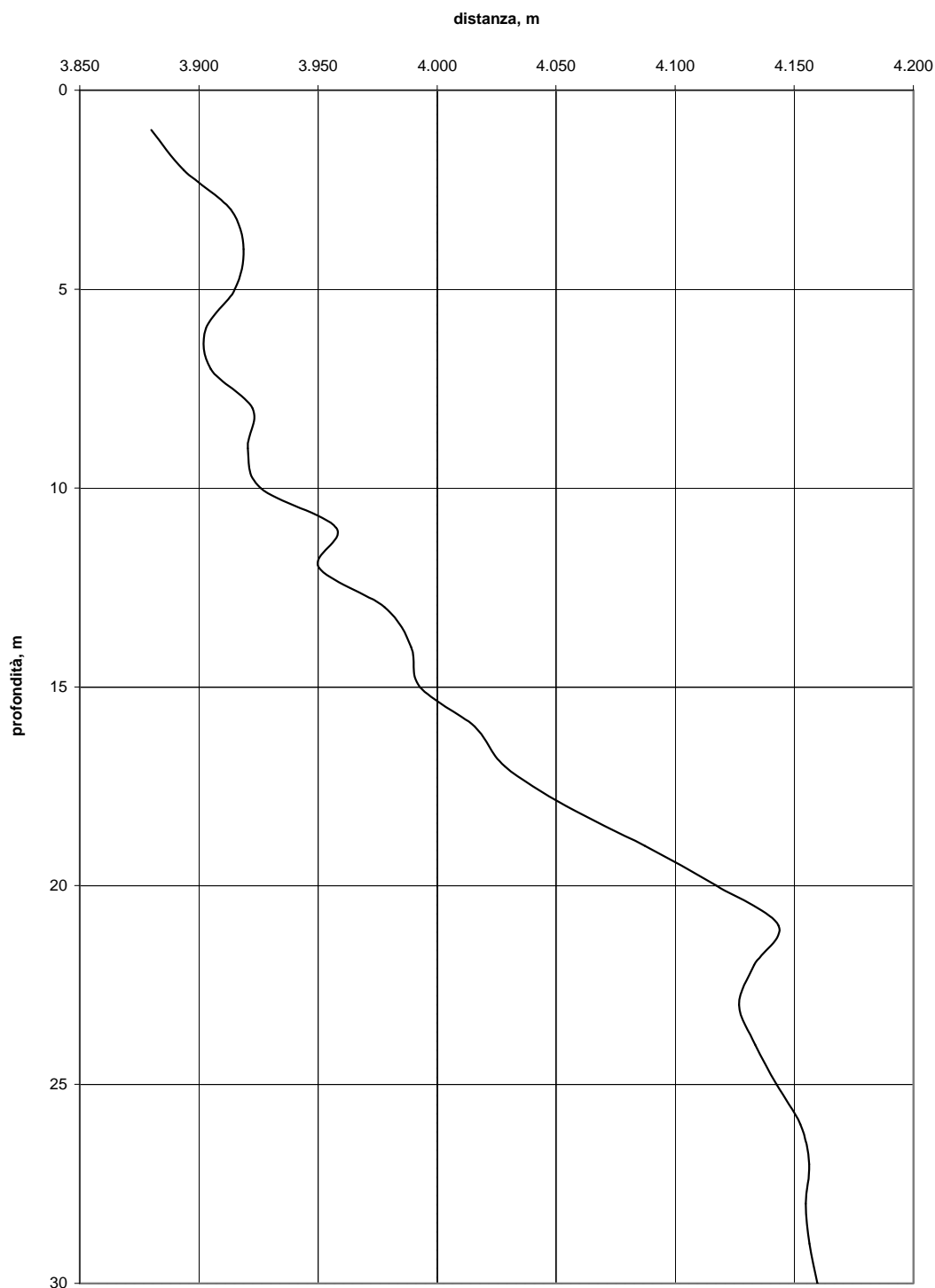


Figura 4.7 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi BH 606 e CH 606 in funzione della profondità (m da p.c.)

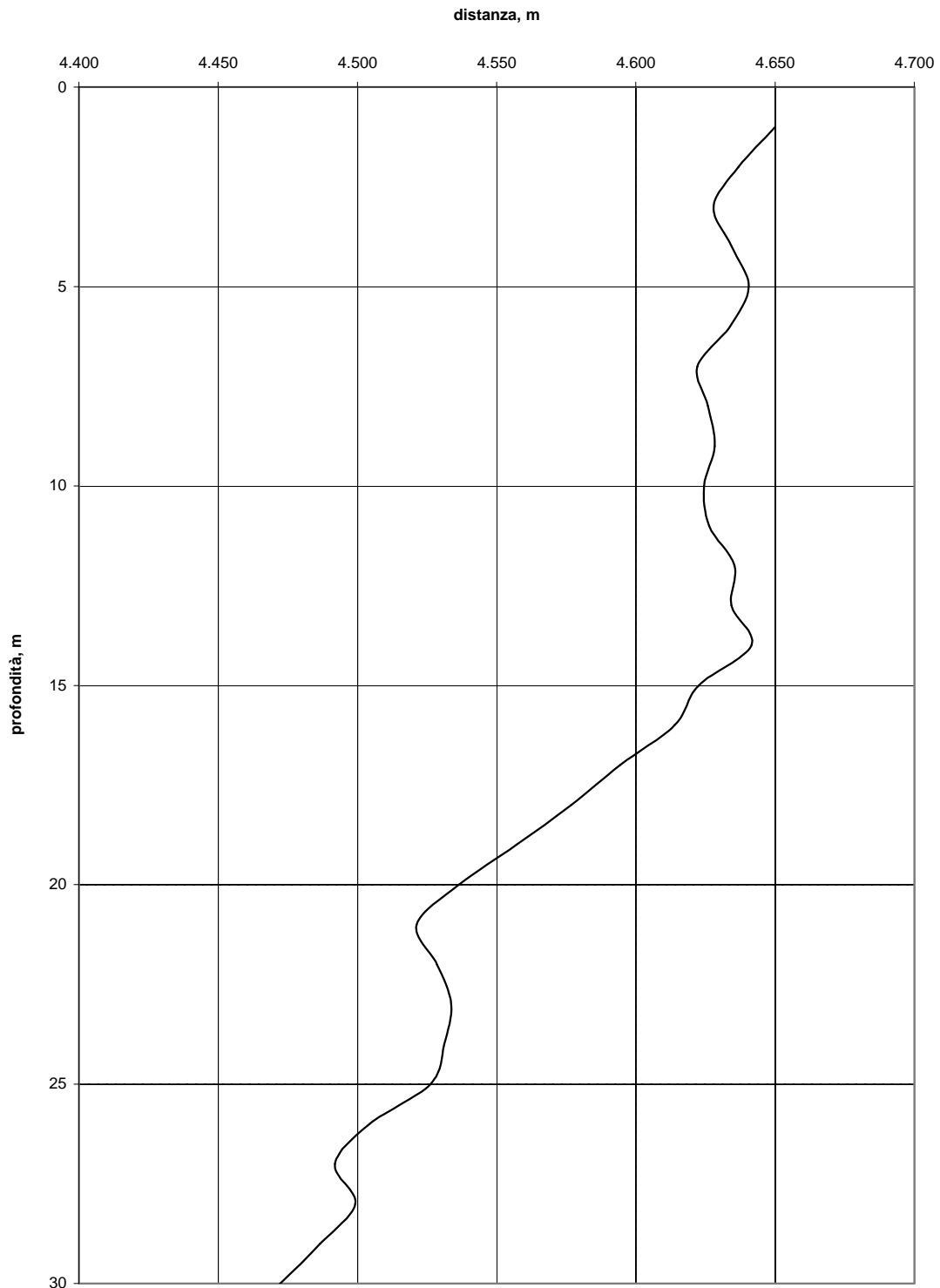


Figura 4.8 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi 1FEBH09 e 1FECH09 in funzione della profondità (m da p.c.)

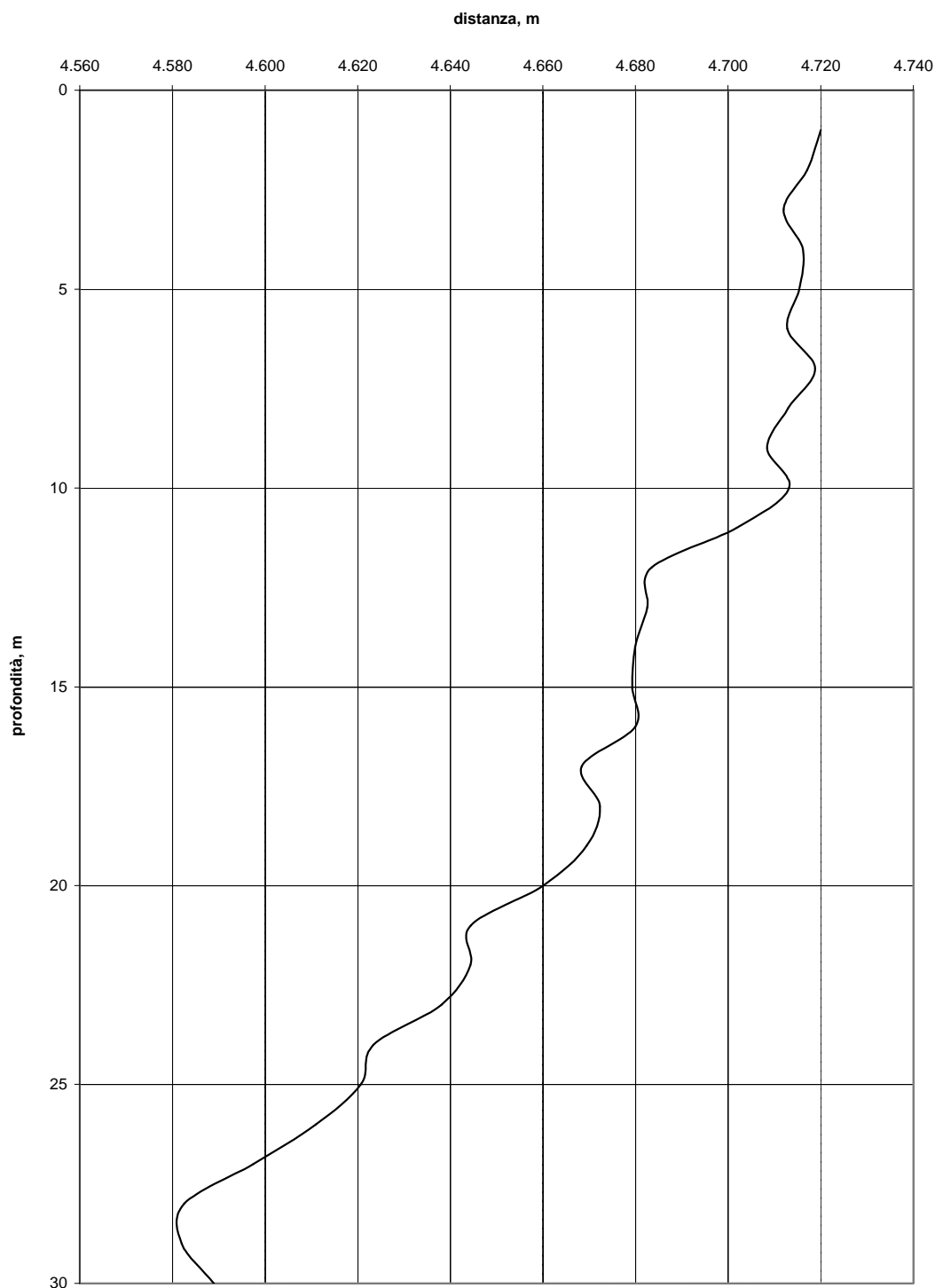


Figura 4.9 – Grafico della distanza (m) tra i sondaggi 1FEBH12 e 1FECH12 in funzione della profondità (m da p.c.)

4. METODOLOGIE INTERPRETATIVE DELLE MISURE

I tempi di primo arrivo delle onde P ed S_H (Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4) sono stati letti e tabellati attraverso specifici programmi di picking che permettono, per ciascun trasduttore, di rimontare insieme e sovrapporre le tracce sismiche con polarità inverse relative alle varie profondità, con precisione di lettura fino a 0,01 millisecondi.

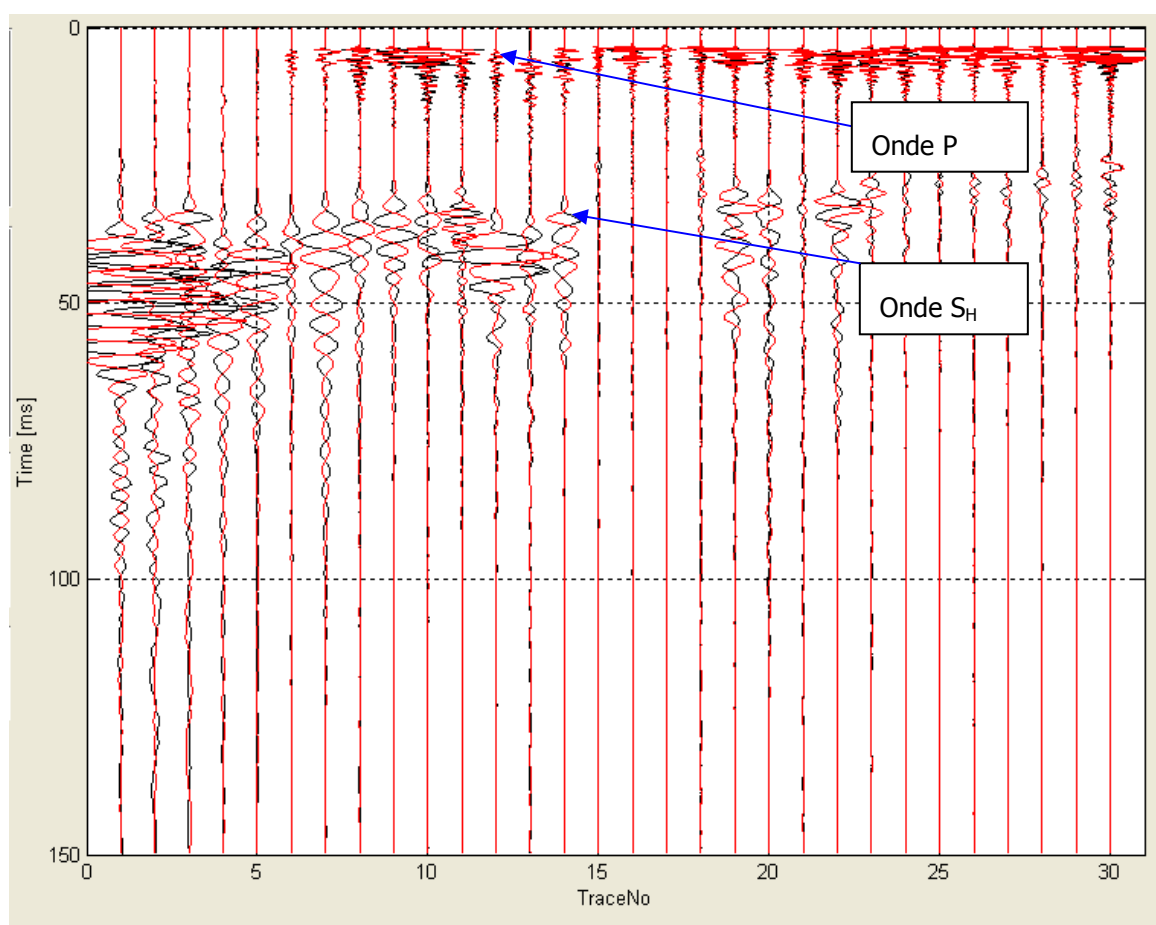


Figura 5.1 – Sezione sismica complessiva dei sismogrammi registrati (BH 407 – CH 407). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

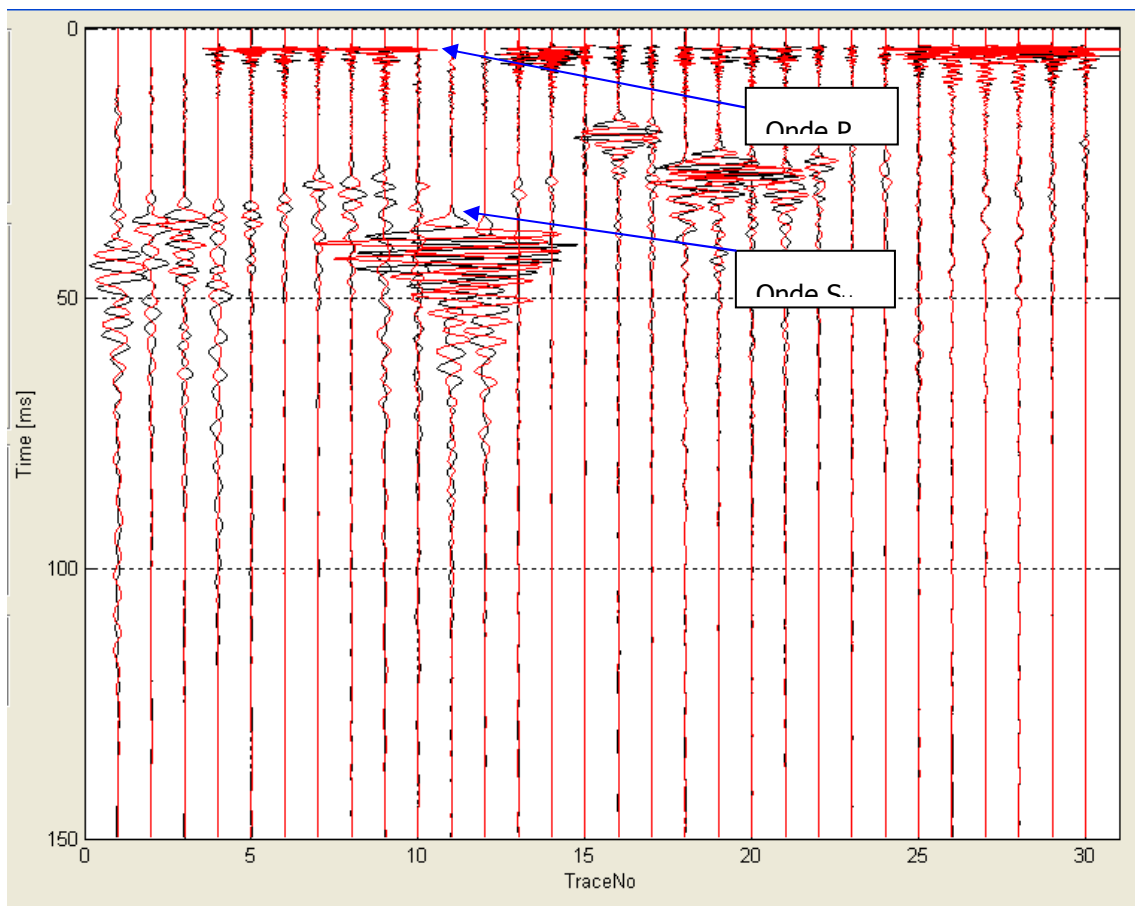


Figura 5.2 – Sezione sismica complessiva dei sismogrammi registrati (BH 417 – CH 417). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

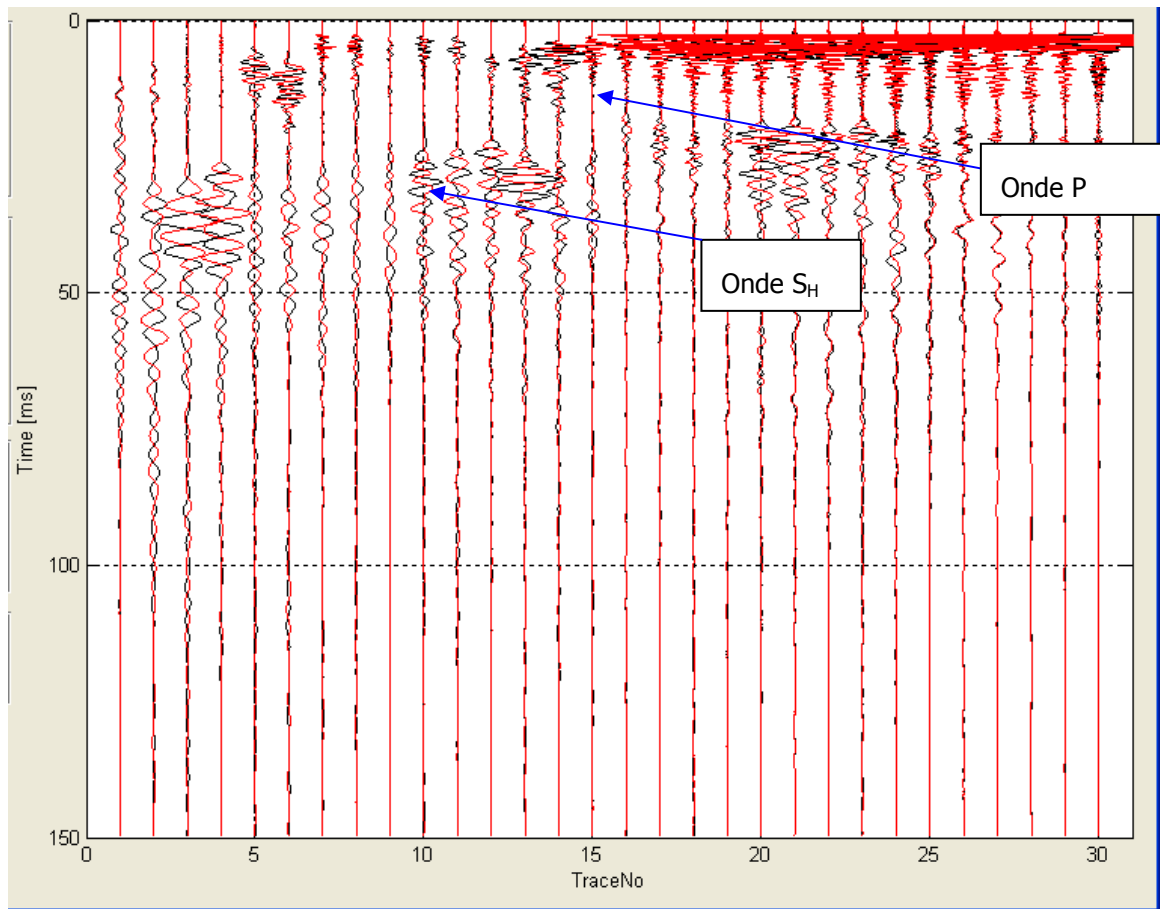


Figura 5.3 – Sezione sismica complessiva dei sismogrammi registrati (BH 426 – CH 426). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

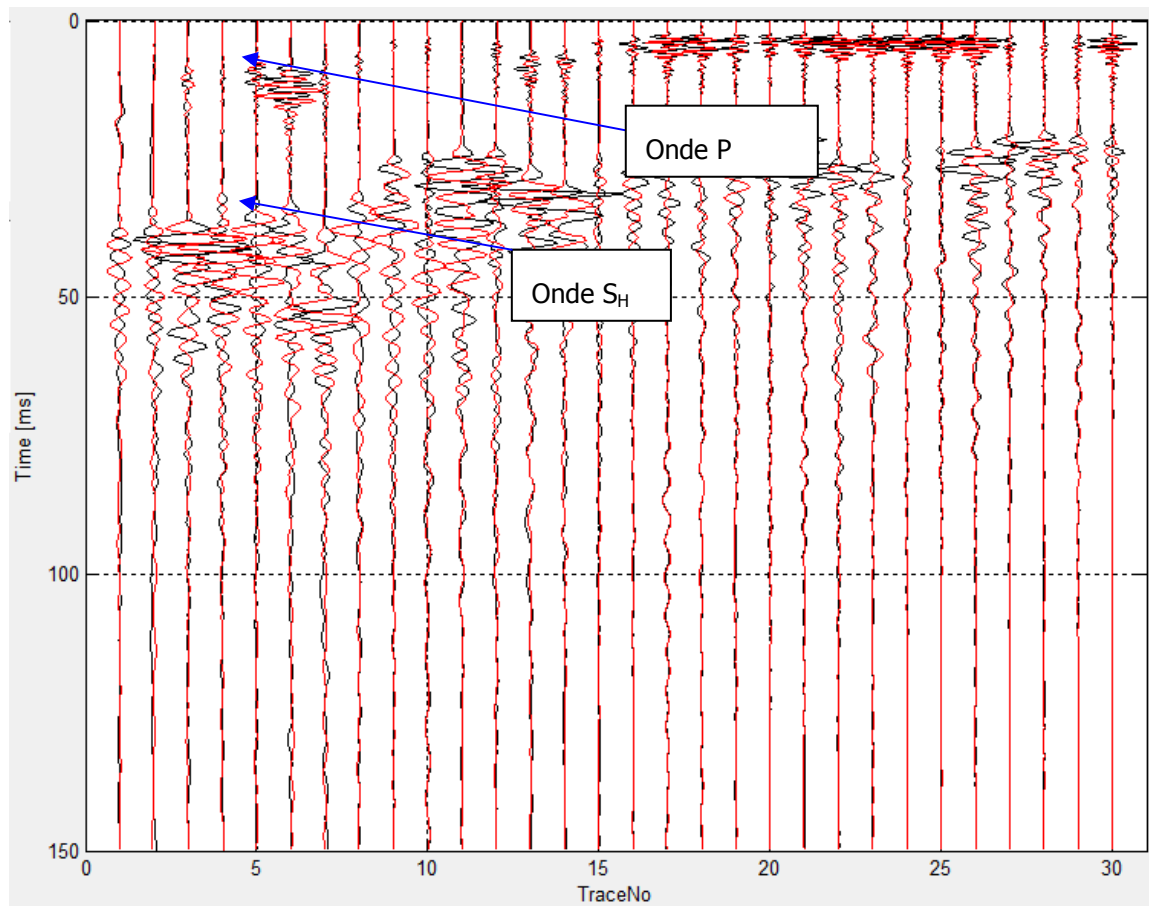


Figura 5.4 – Sezione sismica compressiva dei sismogrammi registrati (BH 433 – CH 433). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

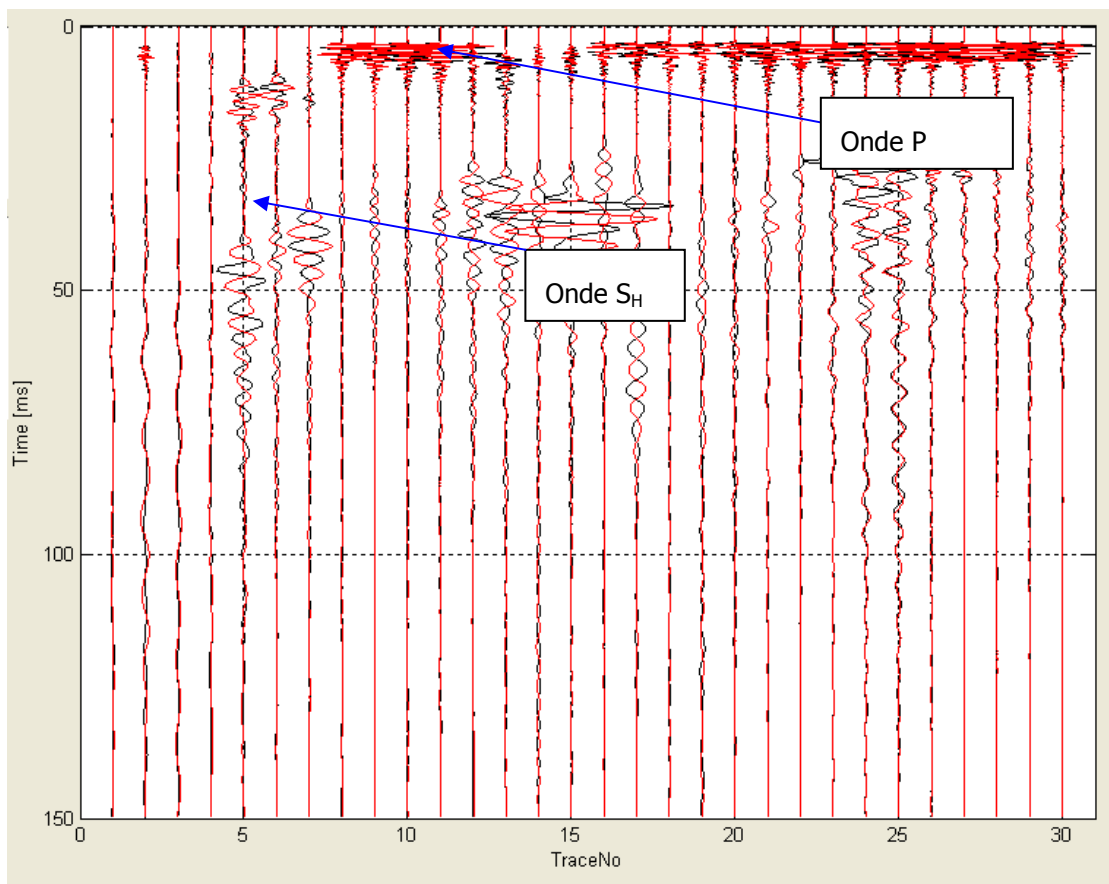


Figura 5.5 – Sezione sismica complessiva dei sismogrammi registrati (BH 442 – CH 442). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

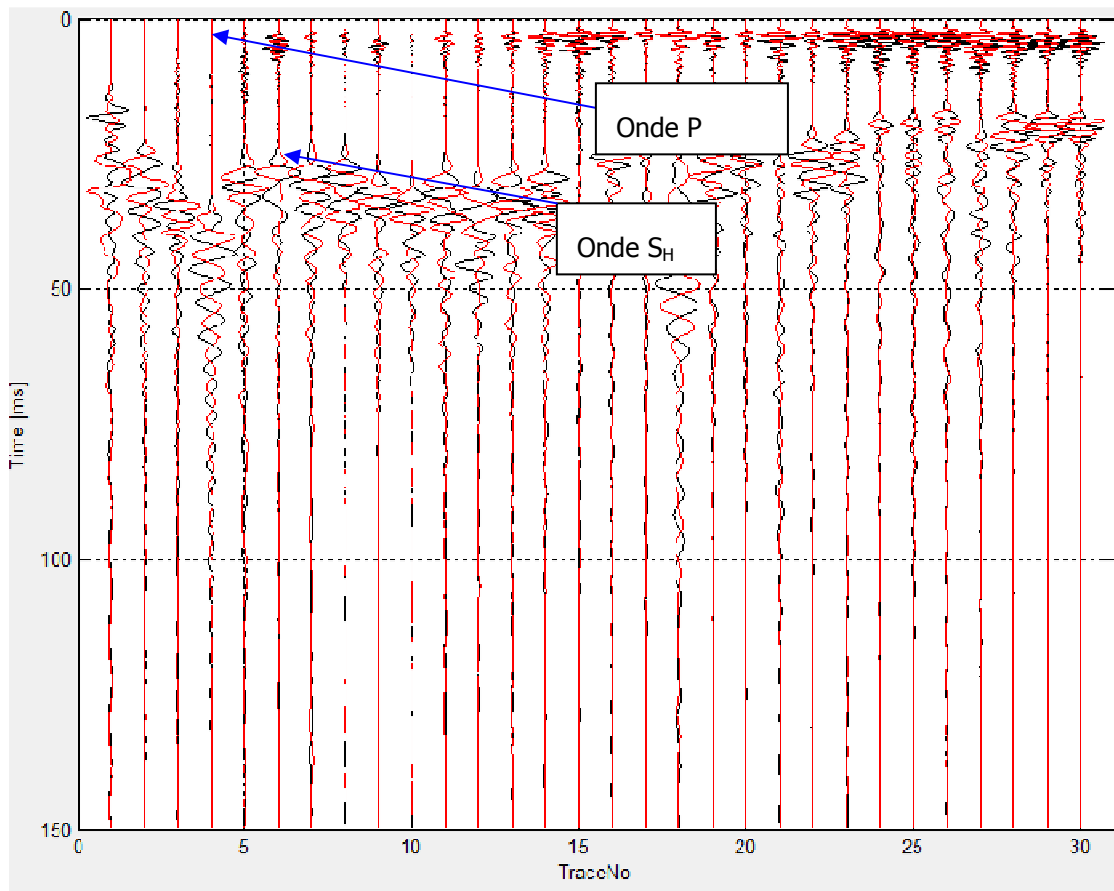


Figura 5.6 – Sezione sismica compressiva dei sismogrammi registrati (BH 606 – CH 606). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

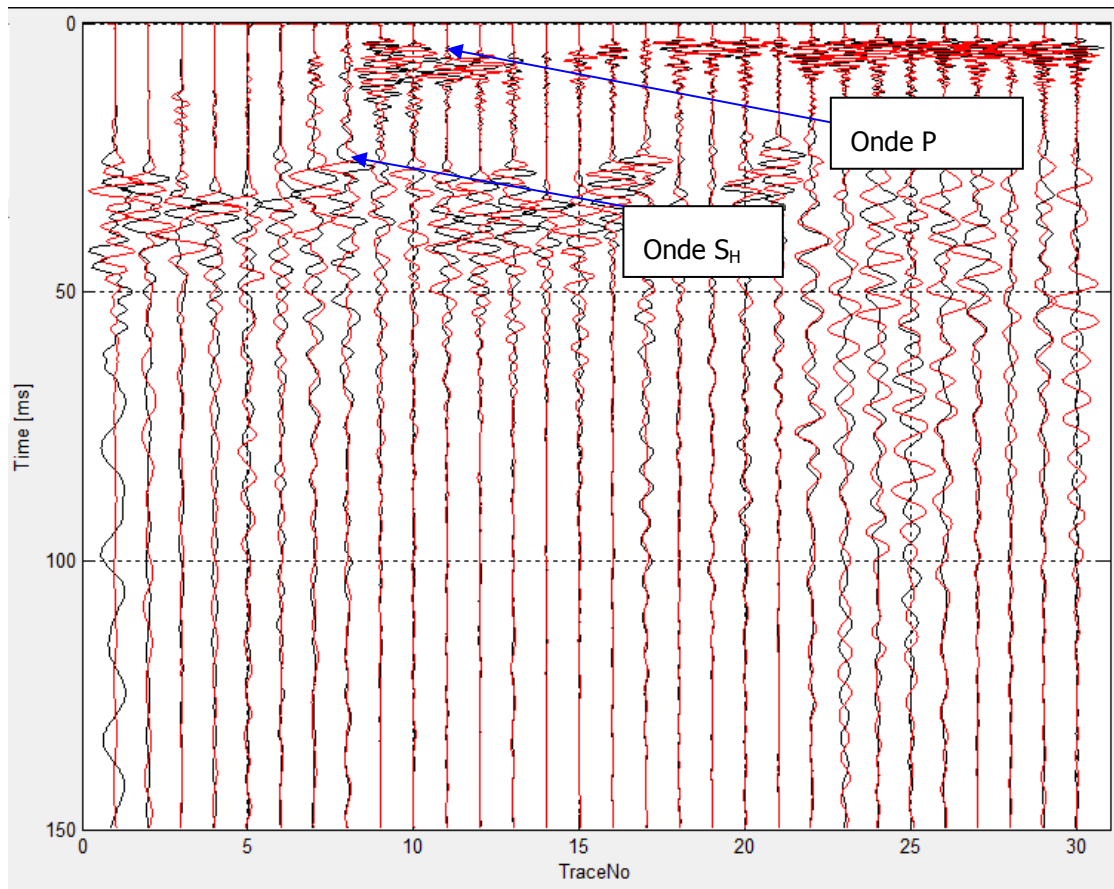


Figura 5.7 – Sezione sismica complessiva dei sismogrammi registrati (1FEBH 9 – 1FECH 9). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

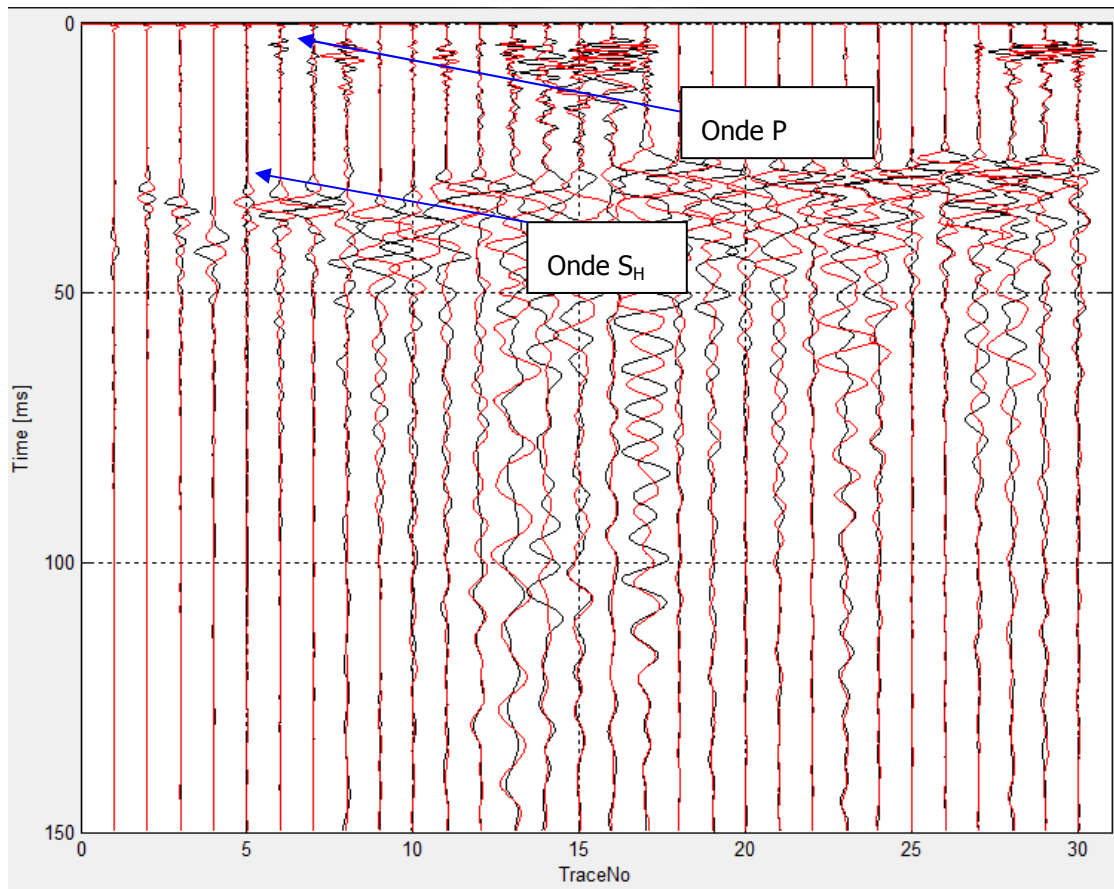


Figura 5.8 – Sezione sismica complessiva dei sismogrammi registrati (1FEBH 12 – 1FECH 12). In ascisse: Traccia che corrisponde alla profondità da p.c. in metri; in ordinate: tempo di registrazione (ms).

I tempi di arrivo delle onde P e delle onde SH misurate permettono in funzione della distanza di calcolare le velocità sismiche delle varie litologie incontrate alle diverse profondità.

5. ANALISI DEI RISULTATI GEOFISICI

5.1. CROSS-HOLE BH 407 – CH 407 (LOC. POGGIO RENATICO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	4.98	16.50	302	35.00	142
2,0	4.98	7.40	673	32.84	152
3,0	4.96	5.55	893	28.99	171
4,0	4.95	5.70	869	31.46	157
5,0	4.98	3.39	1470	29.61	168
6,0	5.00	3.39	1474	29.45	170
7,0	4.99	3.39	1473	27.91	179
8,0	4.99	3.39	1473	27.75	180
9,0	4.99	3.39	1473	26.37	189
10,0	5.00	3.39	1475	25.75	194
11,0	5.01	3.73	1342	24.98	200
12,0	5.01	3.73	1343	33.00	152
13,0	5.00	4.00	1250	33.00	152
14,0	4.98	3.62	1376	29.91	167
15,0	4.97	3.28	1515	20.82	239

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
16,0	4.98	3.28	1518	21.74	229
17,0	4.97	2.95	1686	20.82	239
18,0	4.97	3.39	1467	21.59	230
19,0	4.97	3.39	1466	27.14	183
20,0	4.99	3.39	1471	25.13	198
21,0	5.00	3.39	1476	24.05	208
22,0	5.02	3.84	1307	27.14	185
23,0	5.03	3.34	1507	24.67	204
24,0	5.04	3.34	1508	23.28	216
25,0	5.02	3.34	1504	20.35	247
26,0	5.01	3.34	1501	19.43	258
27,0	5.01	3.31	1515	23.59	213
28,0	5.01	3.31	1515	20.51	244
29,0	5.02	3.31	1515	18.97	264
30,0	5.03	3.31	1519	21.12	238

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0,0	1,0	18.0	302	142	0.36	3.71E+04	1.01E+05	1.18E+05
1,0	2,0	18.0	673	152	0.47	4.21E+04	1.24E+05	7.74E+05
2,0	3,0	18.0	893	171	0.48	5.37E+04	1.59E+05	1.39E+06
3,0	4,0	18.0	869	157	0.48	4.55E+04	1.35E+05	1.32E+06
4,0	5,0	18.0	1470	168	0.49	5.20E+04	1.55E+05	3.90E+06
5,0	6,0	18.0	1474	170	0.49	5.28E+04	1.58E+05	3.92E+06
6,0	7,0	18.0	1473	179	0.49	5.87E+04	1.75E+05	3.90E+06
7,0	8,0	18.0	1473	180	0.49	5.94E+04	1.77E+05	3.90E+06
8,0	9,0	18.0	1473	189	0.49	6.58E+04	1.96E+05	3.90E+06
9,0	10,0	18.0	1475	194	0.49	6.92E+04	2.06E+05	3.90E+06
10,0	11,0	18.0	1342	200	0.49	7.37E+04	2.19E+05	3.21E+06
11,0	12,0	18.5	1343	152	0.49	4.35E+04	1.30E+05	3.35E+06
12,0	13,0	18.5	1250	152	0.49	4.33E+04	1.29E+05	2.89E+06
13,0	14,0	18.5	1376	167	0.49	5.23E+04	1.56E+05	3.50E+06
14,0	15,0	18.5	1515	239	0.49	1.07E+05	3.20E+05	4.19E+06
15,0	16,0	18.5	1518	229	0.49	9.89E+04	2.94E+05	4.21E+06
16,0	17,0	18.5	1686	239	0.49	1.08E+05	3.21E+05	5.22E+06
17,0	18,0	18.5	1467	230	0.49	1.00E+05	2.98E+05	3.93E+06
18,0	19,0	18.5	1466	183	0.49	6.32E+04	1.89E+05	3.97E+06
19,0	20,0	19.0	1471	198	0.49	7.63E+04	2.27E+05	4.09E+06
20,0	21,0	19.0	1476	208	0.49	8.39E+04	2.50E+05	4.11E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
21,0	22,0	19.0	1307	185	0.49	6.62E+04	1.97E+05	3.22E+06
22,0	23,0	19.0	1507	204	0.49	8.06E+04	2.40E+05	4.29E+06
23,0	24,0	19.0	1508	216	0.49	9.06E+04	2.70E+05	4.28E+06
24,0	25,0	19.0	1504	247	0.49	1.18E+05	3.51E+05	4.23E+06
25,0	26,0	19.0	1501	258	0.48	1.29E+05	3.83E+05	4.19E+06
26,0	27,0	19.0	1515	213	0.49	8.75E+04	2.61E+05	4.33E+06
27,0	28,0	19.0	1515	244	0.49	1.16E+05	3.44E+05	4.29E+06
28,0	29,0	19.0	1515	264	0.48	1.35E+05	4.02E+05	4.27E+06
29,0	30,0	19.0	1519	238	0.49	1.10E+05	3.26E+05	4.32E+06

5.2. CROSS-HOLE BH 417 – CH 417 (LOC. POGGIO RENATICO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	5.00	9.94	503	33.38	150
2,0	5.01	5.08	985	30.00	167
3,0	5.02	3.87	1297	29.83	168
4,0	5.02	3.35	1499	31.35	160
5,0	5.02	3.35	1499	31.52	159
6,0	5.03	3.35	1502	28.98	174
7,0	5.03	3.35	1501	24.93	202
8,0	5.02	3.35	1498	23.07	218
9,0	5.02	3.35	1498	22.05	228
10,0	5.03	3.61	1393	28.14	179
11,0	5.03	4.54	1108	33.55	150
12,0	5.04	3.87	1303	34.39	147
13,0	5.04	3.35	1504	27.12	186
14,0	5.03	3.32	1515	22.39	225
15,0	5.02	3.12	1609	15.46	325
16,0	5.01	3.12	1606	15.46	324
17,0	5.01	3.32	1510	16.14	311
18,0	5.01	3.25	1542	24.08	208

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	5.01	3.25	1542	20.87	240
20,0	5.00	3.25	1540	22.22	225
21,0	4.99	3.25	1536	24.25	206
22,0	4.99	3.22	1550	22.22	225
23,0	4.99	3.22	1551	21.21	235
24,0	4.99	3.22	1551	21.88	228
25,0	4.99	3.22	1551	21.21	235
26,0	4.99	3.22	1551	25.10	199
27,0	5.00	3.12	1603	25.10	199
28,0	5.00	3.12	1602	22.56	222
29,0	5.00	3.12	1602	22.56	222
30,0	4.99	3.12	1600	18.84	265

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0,0	1,0	18.0	503	150	0.45	4.11E+04	1.19E+05	4.09E+05
1,0	2,0	18.0	985	167	0.49	5.11E+04	1.52E+05	1.71E+06
2,0	3,0	18.0	1297	168	0.49	5.19E+04	1.55E+05	3.02E+06
3,0	4,0	18.0	1499	160	0.49	4.71E+04	1.41E+05	4.06E+06
4,0	5,0	18.0	1499	159	0.49	4.66E+04	1.39E+05	4.06E+06
5,0	6,0	18.0	1502	174	0.49	5.53E+04	1.65E+05	4.07E+06
6,0	7,0	18.0	1501	202	0.49	7.46E+04	2.22E+05	4.03E+06
7,0	8,0	18.0	1498	218	0.49	8.68E+04	2.59E+05	4.00E+06
8,0	9,0	18.0	1498	228	0.49	9.51E+04	2.83E+05	3.99E+06
9,0	10,0	18.0	1393	179	0.49	5.86E+04	1.75E+05	3.48E+06
10,0	11,0	18.0	1108	150	0.49	4.13E+04	1.23E+05	2.20E+06
11,0	12,0	18.5	1303	147	0.49	4.05E+04	1.21E+05	3.15E+06
12,0	13,0	18.5	1504	186	0.49	6.51E+04	1.94E+05	4.18E+06
13,0	14,0	18.5	1515	225	0.49	9.52E+04	2.84E+05	4.20E+06
14,0	15,0	18.5	1609	325	0.48	1.99E+05	5.88E+05	4.62E+06
15,0	16,0	18.5	1606	324	0.48	1.98E+05	5.86E+05	4.60E+06
16,0	17,0	18.5	1510	311	0.48	1.82E+05	5.38E+05	4.06E+06
17,0	18,0	18.5	1542	208	0.49	8.17E+04	2.44E+05	4.38E+06
18,0	19,0	18.5	1542	240	0.49	1.09E+05	3.24E+05	4.34E+06
19,0	20,0	19.0	1540	225	0.49	9.82E+04	2.93E+05	4.46E+06
20,0	21,0	19.0	1536	206	0.49	8.21E+04	2.45E+05	4.46E+06
21,0	22,0	19.0	1550	225	0.49	9.77E+04	2.91E+05	4.52E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
22,0	23,0	19.0	1551	235	0.49	1.07E+05	3.19E+05	4.51E+06
23,0	24,0	19.0	1551	228	0.49	1.01E+05	3.01E+05	4.53E+06
24,0	25,0	19.0	1551	235	0.49	1.07E+05	3.19E+05	4.51E+06
25,0	26,0	19.0	1551	199	0.49	7.67E+04	2.29E+05	4.56E+06
26,0	27,0	19.0	1603	199	0.49	7.69E+04	2.29E+05	4.87E+06
27,0	28,0	19.0	1602	222	0.49	9.51E+04	2.83E+05	4.85E+06
28,0	29,0	19.0	1602	222	0.49	9.51E+04	2.83E+05	4.84E+06
29,0	30,0	19.0	1600	265	0.49	1.36E+05	4.04E+05	4.77E+06

5.3. CROSS-HOLE BH 426 – CH 426 (LOC. POGGIO RENATICO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	3.74	11.51	325	33.07	113
2,0	3.74	6.78	551	26.71	140
3,0	3.72	5.57	669	26.15	142
4,0	3.71	2.89	1283	25.32	146
5,0	3.71	4.87	762	27.26	136
6,0	3.70	4.87	760	30.30	122
7,0	3.70	2.83	1306	24.49	151
8,0	3.68	2.83	1301	25.32	145
9,0	3.67	2.76	1331	20.06	183
10,0	3.67	2.76	1329	20.06	183
11,0	3.67	3.66	1003	21.17	173
12,0	3.66	3.66	1001	20.06	183
13,0	3.68	4.61	798	22.56	163
14,0	3.67	3.46	1060	24.49	150
15,0	3.66	3.02	1213	20.62	178
16,0	3.67	2.38	1543	14.53	253
17,0	3.68	2.38	1545	13.70	268
18,0	3.68	2.38	1544	17.85	206

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	3.68	2.38	1547	15.08	244
20,0	3.68	2.38	1545	16.19	227
21,0	3.68	2.38	1548	16.74	220
22,0	3.69	2.38	1549	17.30	213
23,0	3.67	2.38	1543	17.57	209
24,0	3.66	2.38	1536	18.96	193
25,0	3.64	2.38	1528	19.51	186
26,0	3.62	2.38	1521	17.85	203
27,0	3.60	2.38	1514	18.21	198
28,0	3.59	2.38	1507	20.37	176
29,0	3.58	2.38	1503	19.50	183
30,0	3.57	2.38	1500	19.61	182

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0.0	1.0	18.0	325	113	0.43	2.35E+04	6.73E+04	1.63E+05
1.0	2.0	18.0	551	140	0.47	3.59E+04	1.05E+05	5.09E+05
2.0	3.0	18.0	669	142	0.48	3.72E+04	1.10E+05	7.71E+05
3.0	4.0	18.0	1283	146	0.49	3.93E+04	1.17E+05	2.97E+06
4.0	5.0	18.0	762	136	0.48	3.40E+04	1.01E+05	1.02E+06
5.0	6.0	18.0	760	122	0.49	2.74E+04	8.15E+04	1.02E+06
6.0	7.0	18.0	1306	151	0.49	4.18E+04	1.25E+05	3.07E+06
7.0	8.0	18.0	1301	145	0.49	3.88E+04	1.16E+05	3.05E+06
8.0	9.0	18.0	1331	183	0.49	6.16E+04	1.83E+05	3.17E+06
9.0	10.0	18.0	1329	183	0.49	6.13E+04	1.83E+05	3.16E+06
10.0	11.0	18.0	1003	173	0.48	5.52E+04	1.64E+05	1.77E+06
11.0	12.0	18.5	1001	183	0.48	6.29E+04	1.87E+05	1.81E+06
12.0	13.0	18.5	798	163	0.48	5.01E+04	1.48E+05	1.13E+06
13.0	14.0	18.5	1060	150	0.49	4.23E+04	1.26E+05	2.06E+06
14.0	15.0	18.5	1213	178	0.49	5.95E+04	1.77E+05	2.69E+06
15.0	16.0	18.5	1543	253	0.49	1.20E+05	3.58E+05	4.33E+06
16.0	17.0	18.5	1545	268	0.48	1.36E+05	4.03E+05	4.32E+06
17.0	18.0	18.5	1544	206	0.49	7.99E+04	2.38E+05	4.39E+06
18.0	19.0	18.5	1547	244	0.49	1.12E+05	3.34E+05	4.36E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
19.0	20.0	19.0	1545	227	0.49	1.00E+05	2.98E+05	4.49E+06
20.0	21.0	19.0	1548	220	0.49	9.38E+04	2.79E+05	4.51E+06
21.0	22.0	19.0	1549	213	0.49	8.80E+04	2.62E+05	4.53E+06
22.0	23.0	19.0	1543	209	0.49	8.46E+04	2.52E+05	4.50E+06
23.0	24.0	19.0	1536	193	0.49	7.20E+04	2.15E+05	4.47E+06
24.0	25.0	19.0	1528	186	0.49	6.73E+04	2.01E+05	4.43E+06
25.0	26.0	19.0	1521	203	0.49	7.97E+04	2.38E+05	4.37E+06
26.0	27.0	19.0	1514	198	0.49	7.58E+04	2.26E+05	4.34E+06
27.0	28,0	19.0	1507	176	0.49	6.01E+04	1.79E+05	4.32E+06
28.0	29,0	19.0	1503	183	0.49	6.52E+04	1.94E+05	4.29E+06
29.0	30,0	19.0	1500	182	0.49	6.42E+04	1.92E+05	4.27E+06

5.4. CROSS-HOLE BH 442 – CH 442 (LOC. POGGIO RENATICO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	4.80	11.63	413	30.18	159
2,0	4.80	4.11	1167	30.18	159
3,0	4.78	4.11	1164	33.03	145
4,0	4.77	4.11	1161	35.50	134
5,0	4.75	4.37	1088	37.57	127
6,0	4.75	3.07	1546	33.42	142
7,0	4.74	3.52	1347	32.77	145
8,0	4.73	3.18	1486	25.12	188
9,0	4.73	2.93	1615	23.18	204
10,0	4.74	2.93	1616	21.36	222
11,0	4.72	2.93	1612	24.99	189
12,0	4.74	2.93	1619	23.05	206
13,0	4.75	3.98	1194	25.12	189
14,0	4.74	3.26	1454	23.44	202
15,0	4.73	3.26	1452	27.07	175
16,0	4.73	2.93	1615	21.10	224
17,0	4.73	2.93	1615	25.64	185
18,0	4.74	2.93	1618	18.25	260

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	4.73	2.93	1616	39.39	120
20,0	4.73	2.93	1613	39.00	121
21,0	4.72	2.97	1590	29.14	162
22,0	4.72	2.97	1590	19.93	237
23,0	4.72	2.97	1591	19.16	247
24,0	4.72	2.97	1590	22.01	215
25,0	4.72	2.97	1590	22.40	211
26,0	4.71	2.93	1608	18.38	256
27,0	4.70	2.93	1604	17.21	273
28,0	4.71	2.93	1608	20.06	235
29,0	4.72	2.93	1610	22.66	208
30,0	4.71	2.93	1608	19.67	240

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0.0	1.0	18.0	413	159	0.41	4.65E+04	1.31E+05	2.51E+05
1.0	2.0	18.0	1167	159	0.49	4.63E+04	1.38E+05	2.44E+06
2.0	3.0	18.0	1164	145	0.49	3.85E+04	1.15E+05	2.43E+06
3.0	4.0	18.0	1161	134	0.49	3.32E+04	9.91E+04	2.43E+06
4.0	5.0	18.0	1088	127	0.49	2.94E+04	8.77E+04	2.13E+06
5.0	6.0	18.0	1546	142	0.50	3.70E+04	1.11E+05	4.34E+06
6.0	7.0	18.0	1347	145	0.49	3.84E+04	1.15E+05	3.28E+06
7.0	8.0	18.0	1486	188	0.49	6.49E+04	1.94E+05	3.97E+06
8.0	9.0	18.0	1615	204	0.49	7.64E+04	2.28E+05	4.68E+06
9.0	10.0	18.0	1616	222	0.49	9.02E+04	2.69E+05	4.67E+06
10.0	11.0	18.0	1612	189	0.49	6.55E+04	1.96E+05	4.68E+06
11.0	12.0	18.5	1619	206	0.49	7.99E+04	2.38E+05	4.84E+06
12.0	13.0	18.5	1194	189	0.49	6.74E+04	2.01E+05	2.60E+06
13.0	14.0	18.5	1454	202	0.49	7.71E+04	2.30E+05	3.88E+06
14.0	15.0	18.5	1452	175	0.49	5.77E+04	1.72E+05	3.90E+06
15.0	16.0	18.5	1615	224	0.49	9.48E+04	2.83E+05	4.79E+06
16.0	17.0	18.5	1615	185	0.49	6.43E+04	1.92E+05	4.83E+06
17.0	18.0	18.5	1618	260	0.49	1.27E+05	3.78E+05	4.77E+06
18.0	19.0	18.5	1616	120	0.50	2.72E+04	8.16E+04	4.89E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
19.0	20.0	19.0	1613	121	0.50	2.85E+04	8.52E+04	5.00E+06
20.0	21.0	19.0	1590	162	0.49	5.09E+04	1.52E+05	4.83E+06
21.0	22.0	19.0	1590	237	0.49	1.09E+05	3.24E+05	4.75E+06
22.0	23.0	19.0	1591	247	0.49	1.18E+05	3.50E+05	4.74E+06
23.0	24.0	19.0	1590	215	0.49	8.91E+04	2.66E+05	4.78E+06
24.0	25.0	19.0	1590	211	0.49	8.61E+04	2.57E+05	4.78E+06
25.0	26.0	19.0	1608	256	0.49	1.27E+05	3.78E+05	4.84E+06
26.0	27.0	19.0	1604	273	0.49	1.44E+05	4.29E+05	4.79E+06
27.0	28,0	19.0	1608	235	0.49	1.07E+05	3.18E+05	4.86E+06
28.0	29,0	19.0	1610	208	0.49	8.39E+04	2.50E+05	4.91E+06
29.0	30,0	19.0	1608	240	0.49	1.11E+05	3.31E+05	4.86E+06

5.5. CROSS-HOLE BH 433 – CH 433 (LOC. POGGIO RENATICO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	4.56	7.71	592	34.81	131
2,0	4.57	3.85	1187	32.14	142
3,0	4.58	4.23	1082	32.81	140
4,0	4.59	3.23	1423	30.43	151
5,0	4.59	4.51	1018	29.83	154
6,0	4.59	5.48	838	31.39	146
7,0	4.59	4.47	1026	35.53	129
8,0	4.60	3.78	1216	30.48	151
9,0	4.61	3.02	1527	23.79	194
10,0	4.61	3.09	1492	18.82	245
11,0	4.61	3.44	1340	20.45	225
12,0	4.61	3.51	1316	22.30	207
13,0	4.61	5.03	917	25.60	180
14,0	4.62	3.85	1199	28.58	162
15,0	4.62	2.92	1582	23.29	198
16,0	4.63	2.85	1627	23.91	194
17,0	4.62	2.85	1621	18.38	251
18,0	4.63	2.92	1586	22.10	209

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	4.64	2.78	1668	22.66	205
20,0	4.65	2.85	1630	17.19	270
21,0	4.64	2.78	1670	20.68	225
22,0	4.64	2.92	1591	21.41	217
23,0	4.65	2.85	1631	23.42	198
24,0	4.65	2.92	1594	20.32	229
25,0	4.64	2.78	1670	21.10	220
26,0	4.66	2.81	1654	22.06	211
27,0	4.67	2.88	1619	19.80	236
28,0	4.67	2.85	1641	20.07	233
29,0	4.69	2.92	1606	20.85	225
30,0	4.70	2.95	1592	21.08	223

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0.0	1.0	18.0	592	131	0.47	3.15E+04	9.30E+04	6.00E+05
1.0	2.0	18.0	1187	142	0.49	3.72E+04	1.11E+05	2.54E+06
2.0	3.0	18.0	1082	140	0.49	3.58E+04	1.07E+05	2.10E+06
3.0	4.0	18.0	1423	151	0.49	4.18E+04	1.25E+05	3.66E+06
4.0	5.0	18.0	1018	154	0.49	4.35E+04	1.29E+05	1.84E+06
5.0	6.0	18.0	838	146	0.48	3.92E+04	1.16E+05	1.24E+06
6.0	7.0	18.0	1026	129	0.49	3.06E+04	9.14E+04	1.89E+06
7.0	8.0	18.0	1216	151	0.49	4.18E+04	1.25E+05	2.66E+06
8.0	9.0	18.0	1527	194	0.49	6.90E+04	2.06E+05	4.19E+06
9.0	10.0	18.0	1492	245	0.49	1.10E+05	3.28E+05	3.94E+06
10.0	11.0	18.0	1340	225	0.49	9.31E+04	2.77E+05	3.17E+06
11.0	12.0	18.5	1316	207	0.49	8.07E+04	2.40E+05	3.16E+06
12.0	13.0	18.5	917	180	0.48	6.12E+04	1.81E+05	1.51E+06
13.0	14.0	18.5	1199	162	0.49	4.93E+04	1.47E+05	2.65E+06
14.0	15.0	18.5	1582	198	0.49	7.41E+04	2.21E+05	4.62E+06
15.0	16.0	18.5	1627	194	0.49	7.08E+04	2.11E+05	4.89E+06
16.0	17.0	18.5	1621	251	0.49	1.19E+05	3.54E+05	4.80E+06
17.0	18.0	18.5	1586	209	0.49	8.27E+04	2.47E+05	4.63E+06
18.0	19.0	18.5	1668	205	0.49	7.90E+04	2.36E+05	5.14E+06
19.0	20.0	19.0	1630	270	0.49	1.41E+05	4.20E+05	4.96E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
20.0	21.0	19.0	1670	225	0.49	9.77E+04	2.91E+05	5.27E+06
21.0	22.0	19.0	1591	217	0.49	9.11E+04	2.72E+05	4.78E+06
22.0	23.0	19.0	1631	198	0.49	7.63E+04	2.28E+05	5.05E+06
23.0	24.0	19.0	1594	229	0.49	1.01E+05	3.02E+05	4.79E+06
24.0	25.0	19.0	1670	220	0.49	9.37E+04	2.80E+05	5.28E+06
25.0	26.0	19.0	1654	211	0.49	8.62E+04	2.57E+05	5.19E+06
26.0	27.0	19.0	1619	236	0.49	1.08E+05	3.21E+05	4.93E+06
27.0	28,0	19.0	1641	233	0.49	1.05E+05	3.13E+05	5.07E+06
28.0	29,0	19.0	1606	225	0.49	9.79E+04	2.92E+05	4.87E+06
29.0	30,0	19.0	1592	223	0.49	9.63E+04	2.87E+05	4.78E+06

5.6. CROSS-HOLE BH 606 – CH 606 (LOC. S. AGOSTINO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	3.89	9.89	394	24.51	159
2,0	3.91	5.81	673	21.91	179
3,0	3.92	4.07	962	26.31	149
4,0	3.92	4.15	943	32.35	121
5,0	3.90	2.79	1397	24.98	156
6,0	3.90	2.64	1479	21.60	181
7,0	3.92	2.59	1516	21.80	180
8,0	3.92	2.54	1545	20.98	187
9,0	3.93	2.79	1406	28.15	139
10,0	3.96	2.72	1457	25.59	155
11,0	3.95	2.72	1454	23.95	165
12,0	3.98	2.56	1552	26.41	151
13,0	3.99	2.59	1541	25.80	155
14,0	3.99	2.64	1512	24.57	163
15,0	4.02	2.41	1667	15.76	255
16,0	4.03	2.46	1638	16.07	251
17,0	4.05	2.38	1701	14.64	277
18,0	4.09	2.44	1679	20.57	199

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	4.12	2.44	1691	19.86	207
20,0	4.14	2.41	1720	19.76	210
21,0	4.13	2.38	1734	19.45	213
22,0	4.13	2.31	1789	19.35	213
23,0	4.13	2.31	1792	18.22	227
24,0	4.14	2.28	1816	16.99	244
25,0	4.15	2.31	1800	16.07	258
26,0	4.16	2.33	1782	14.53	286
27,0	4.15	2.36	1762	18.53	224
28,0	4.16	2.23	1864	17.20	242
29,0	4.16	2.31	1803	16.99	245
30,0	4.16	2.33	1785	17.09	244

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0.0	1.0	18.0	394	159	0.40	4.63E+04	1.30E+05	2.23E+05
1.0	2.0	18.0	673	179	0.46	5.86E+04	1.71E+05	7.53E+05
2.0	3.0	18.0	962	149	0.49	4.07E+04	1.21E+05	1.64E+06
3.0	4.0	18.0	943	121	0.49	2.69E+04	8.02E+04	1.60E+06
4.0	5.0	18.0	1397	156	0.49	4.48E+04	1.34E+05	3.52E+06
5.0	6.0	18.0	1479	181	0.49	6.00E+04	1.79E+05	3.93E+06
6.0	7.0	18.0	1516	180	0.49	5.94E+04	1.77E+05	4.14E+06
7.0	8.0	18.0	1545	187	0.49	6.41E+04	1.91E+05	4.30E+06
8.0	9.0	18.0	1406	139	0.50	3.57E+04	1.07E+05	3.58E+06
9.0	10.0	18.0	1457	155	0.49	4.39E+04	1.31E+05	3.84E+06
10.0	11.0	18.0	1454	165	0.49	4.99E+04	1.49E+05	3.82E+06
11.0	12.0	18.5	1552	151	0.50	4.28E+04	1.28E+05	4.49E+06
12.0	13.0	18.5	1541	155	0.49	4.51E+04	1.35E+05	4.42E+06
13.0	14.0	18.5	1512	163	0.49	4.98E+04	1.49E+05	4.25E+06
14.0	15.0	18.5	1667	255	0.49	1.22E+05	3.64E+05	5.08E+06
15.0	16.0	18.5	1638	251	0.49	1.19E+05	3.53E+05	4.90E+06
16.0	17.0	18.5	1701	277	0.49	1.45E+05	4.30E+05	5.26E+06
17.0	18.0	18.5	1679	199	0.49	7.44E+04	2.22E+05	5.21E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
18.0	19.0	18.5	1691	207	0.49	8.11E+04	2.42E+05	5.28E+06
19.0	20.0	19.0	1720	210	0.49	8.52E+04	2.54E+05	5.62E+06
20.0	21.0	19.0	1734	213	0.49	8.75E+04	2.61E+05	5.70E+06
21.0	22.0	19.0	1789	213	0.49	8.81E+04	2.63E+05	6.08E+06
22.0	23.0	19.0	1792	227	0.49	9.97E+04	2.97E+05	6.09E+06
23.0	24.0	19.0	1816	244	0.49	1.15E+05	3.43E+05	6.23E+06
24.0	25.0	19.0	1800	258	0.49	1.29E+05	3.85E+05	6.10E+06
25.0	26.0	19.0	1782	286	0.49	1.58E+05	4.71E+05	5.94E+06
26.0	27.0	19.0	1762	224	0.49	9.74E+04	2.91E+05	5.88E+06
27.0	28,0	19.0	1864	242	0.49	1.13E+05	3.38E+05	6.58E+06
28.0	29,0	19.0	1803	245	0.49	1.16E+05	3.46E+05	6.14E+06
29.0	30,0	19.0	1785	244	0.49	1.15E+05	3.43E+05	6.02E+06

5.7. CROSS-HOLE 1FE BH 09 – 1FE CH 09 (LOC. BONDENO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	4.64	13.41	346	23.84	194
2,0	4.63	10.84	427	25.64	181
3,0	4.63	9.47	489	27.43	169
4,0	4.64	7.75	599	28.63	162
5,0	4.63	5.05	918	29.12	159
6,0	4.62	4.48	1031	21.85	212
7,0	4.63	3.96	1168	23.84	194
8,0	4.63	3.35	1381	22.55	205
9,0	4.62	3.13	1475	23.35	198
10,0	4.63	3.31	1398	25.01	185
11,0	4.64	3.96	1170	25.22	184
12,0	4.63	4.09	1133	26.57	174
13,0	4.64	3.96	1172	24.49	190
14,0	4.62	4.22	1095	28.45	163
15,0	4.61	3.96	1165	27.20	170
16,0	4.59	3.48	1319	21.47	214
17,0	4.58	3.09	1481	19.39	236
18,0	4.56	3.05	1496	18.46	247

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	4.54	3.00	1510	19.81	229
20,0	4.52	2.96	1527	20.33	222
21,0	4.53	2.96	1530	19.81	229
22,0	4.53	3.05	1488	19.70	230
23,0	4.53	2.92	1553	24.70	183
24,0	4.53	2.96	1529	21.10	215
25,0	4.50	2.92	1544	21.83	206
26,0	4.49	2.96	1518	23.80	189
27,0	4.50	3.00	1498	24.32	185
28,0	4.49	3.05	1473	21.41	210
29,0	4.47	3.00	1489	25.05	179
30,0	4.46	3.05	1463	26.51	168

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0.0	1.0	18.0	346	194	0.27	6.94E+04	1.76E+05	1.27E+05
1.0	2.0	18.0	427	181	0.39	5.98E+04	1.66E+05	2.55E+05
2.0	3.0	18.0	489	169	0.43	5.24E+04	1.50E+05	3.69E+05
3.0	4.0	18.0	599	162	0.46	4.82E+04	1.41E+05	5.95E+05
4.0	5.0	18.0	918	159	0.48	4.65E+04	1.38E+05	1.48E+06
5.0	6.0	18.0	1031	212	0.48	8.21E+04	2.43E+05	1.84E+06
6.0	7.0	18.0	1168	194	0.49	6.91E+04	2.05E+05	2.41E+06
7.0	8.0	18.0	1381	205	0.49	7.73E+04	2.30E+05	3.39E+06
8.0	9.0	18.0	1475	198	0.49	7.20E+04	2.15E+05	3.90E+06
9.0	10.0	18.0	1398	185	0.49	6.28E+04	1.87E+05	3.50E+06
10.0	11.0	18.0	1170	184	0.49	6.20E+04	1.84E+05	2.43E+06
11.0	12.0	18.5	1133	174	0.49	5.74E+04	1.71E+05	2.34E+06
12.0	13.0	18.5	1172	190	0.49	6.78E+04	2.01E+05	2.50E+06
13.0	14.0	18.5	1095	163	0.49	4.98E+04	1.48E+05	2.19E+06
14.0	15.0	18.5	1165	170	0.49	5.43E+04	1.62E+05	2.49E+06
15.0	16.0	18.5	1319	214	0.49	8.63E+04	2.57E+05	3.17E+06
16.0	17.0	18.5	1481	236	0.49	1.05E+05	3.12E+05	3.99E+06
17.0	18.0	18.5	1496	247	0.49	1.15E+05	3.42E+05	4.06E+06
18.0	19.0	18.5	1510	229	0.49	9.89E+04	2.94E+05	4.17E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
19.0	20.0	19.0	1527	222	0.49	9.58E+04	2.85E+05	4.39E+06
20.0	21.0	19.0	1530	229	0.49	1.01E+05	3.01E+05	4.40E+06
21.0	22.0	19.0	1488	230	0.49	1.03E+05	3.05E+05	4.15E+06
22.0	23.0	19.0	1553	183	0.49	6.52E+04	1.95E+05	4.59E+06
23.0	24.0	19.0	1529	215	0.49	8.91E+04	2.66E+05	4.41E+06
24.0	25.0	19.0	1544	206	0.49	8.25E+04	2.46E+05	4.51E+06
25.0	26.0	19.0	1518	189	0.49	6.90E+04	2.06E+05	4.37E+06
26.0	27.0	19.0	1498	185	0.49	6.63E+04	1.98E+05	4.26E+06
27.0	28,0	19.0	1473	210	0.49	8.51E+04	2.53E+05	4.09E+06
28.0	29,0	19.0	1489	179	0.49	6.17E+04	1.84E+05	4.21E+06
29.0	30,0	19.0	1463	168	0.49	5.48E+04	1.64E+05	4.07E+06

5.8. CROSS-HOLE 1FE BH 12 – 1FE CH 12 (LOC. BONDENO)

Le misure di velocità sismica (velocità di propagazione delle onde sismiche) calcolate sulla base delle distanze reali tra sorgente e ricevitore, sono riportate nella tabella sottostante.

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
1,0	4.72	11.09	425	30.20	156
2,0	4.71	8.21	574	26.61	177
3,0	4.72	5.83	809	31.75	149
4,0	4.72	3.76	1253	31.27	151
5,0	4.71	3.01	1565	29.00	162
6,0	4.72	2.95	1601	28.88	163
7,0	4.71	3.07	1534	28.17	167
8,0	4.71	3.07	1532	31.87	148
9,0	4.71	2.95	1599	31.51	150
10,0	4.70	3.14	1499	30.80	153
11,0	4.68	3.07	1524	26.49	177
12,0	4.68	2.95	1588	26.61	176
13,0	4.68	3.01	1554	27.57	170
14,0	4.68	3.14	1492	27.09	173
15,0	4.68	3.01	1554	26.85	174
16,0	4.67	2.95	1584	26.01	179
17,0	4.67	3.01	1552	21.47	218
18,0	4.67	3.32	1405	22.67	206

Profondità ricevitore da p.c. (m)	Distanza reale sorgente-ricevitore (m)	Tempo di transito onde P (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde P (m/s)	Tempo di transito onde S _H (s*10 ⁻³)	Velocità sismica onde S _H (m/s)
19,0	4.66	3.32	1402	24.46	191
20,0	4.64	3.01	1542	25.30	184
21,0	4.64	2.89	1610	24.70	188
22,0	4.64	3.01	1540	25.42	182
23,0	4.62	3.20	1445	24.70	187
24,0	4.62	3.07	1504	22.19	208
25,0	4.61	3.07	1500	24.58	188
26,0	4.60	2.95	1560	21.47	214
27,0	4.58	3.07	1491	23.26	197
28,0	4.58	3.07	1491	23.50	195
29,0	4.59	3.07	1493	24.46	188
30,0	4.60	3.07	1495	23.50	196

Sulla base delle velocità sismiche, per ogni metro di profondità, è stato possibile calcolare, attribuendo ai differenti litotipi i valori di densità desunti da bibliografia, i moduli elastici dinamici dei terreni indagati, di cui si riporta la tabella seguente:

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
0.0	1.0	18.0	425	156	0.42	4.48E+04	1.27E+05	2.72E+05
1.0	2.0	18.0	574	177	0.45	5.75E+04	1.67E+05	5.28E+05
2.0	3.0	18.0	809	149	0.48	4.05E+04	1.20E+05	1.15E+06
3.0	4.0	18.0	1253	151	0.49	4.17E+04	1.25E+05	2.83E+06
4.0	5.0	18.0	1565	162	0.49	4.84E+04	1.45E+05	4.43E+06
5.0	6.0	18.0	1601	163	0.49	4.90E+04	1.46E+05	4.64E+06
6.0	7.0	18.0	1534	167	0.49	5.14E+04	1.54E+05	4.25E+06
7.0	8.0	18.0	1532	148	0.50	4.00E+04	1.20E+05	4.25E+06
8.0	9.0	18.0	1599	150	0.50	4.10E+04	1.23E+05	4.64E+06
9.0	10.0	18.0	1499	153	0.49	4.28E+04	1.28E+05	4.07E+06
10.0	11.0	18.0	1524	177	0.49	5.73E+04	1.71E+05	4.19E+06
11.0	12.0	18.5	1588	176	0.49	5.84E+04	1.74E+05	4.68E+06
12.0	13.0	18.5	1554	170	0.49	5.43E+04	1.62E+05	4.48E+06
13.0	14.0	18.5	1492	173	0.49	5.63E+04	1.68E+05	4.12E+06
14.0	15.0	18.5	1554	174	0.49	5.73E+04	1.71E+05	4.48E+06
15.0	16.0	18.5	1584	179	0.49	6.07E+04	1.81E+05	4.65E+06
16.0	17.0	18.5	1552	218	0.49	8.93E+04	2.66E+05	4.42E+06
17.0	18.0	18.5	1405	206	0.49	8.00E+04	2.38E+05	3.61E+06
18.0	19.0	18.5	1402	191	0.49	6.85E+04	2.04E+05	3.62E+06

Profondità m (da)	Profondità m (a)	densità (kN/m ³)	V _P m/s	V _{SH} m/s	coeff. Poisson (ν)	modulo taglio dinamico (G) (kN/m ²)	modulo Young (E) (kN/m ²)	modulo bulk (K) (kN/m ²)
19.0	20.0	19.0	1542	184	0.49	6.53E+04	1.95E+05	4.52E+06
20.0	21.0	19.0	1610	188	0.49	6.85E+04	2.04E+05	4.93E+06
21.0	22.0	19.0	1540	182	0.49	6.45E+04	1.93E+05	4.51E+06
22.0	23.0	19.0	1445	187	0.49	6.79E+04	2.02E+05	3.96E+06
23.0	24.0	19.0	1504	208	0.49	8.40E+04	2.50E+05	4.27E+06
24.0	25.0	19.0	1500	188	0.49	6.82E+04	2.03E+05	4.27E+06
25.0	26.0	19.0	1560	214	0.49	8.88E+04	2.65E+05	4.59E+06
26.0	27.0	19.0	1491	197	0.49	7.52E+04	2.24E+05	4.21E+06
27.0	28,0	19.0	1491	195	0.49	7.36E+04	2.20E+05	4.21E+06
28.0	29,0	19.0	1493	188	0.49	6.82E+04	2.03E+05	4.23E+06
29.0	30,0	19.0	1495	196	0.49	7.40E+04	2.21E+05	4.23E+06

APPENDICE – PROVE DI VERTICALITA'

Sondaggio BH 407

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

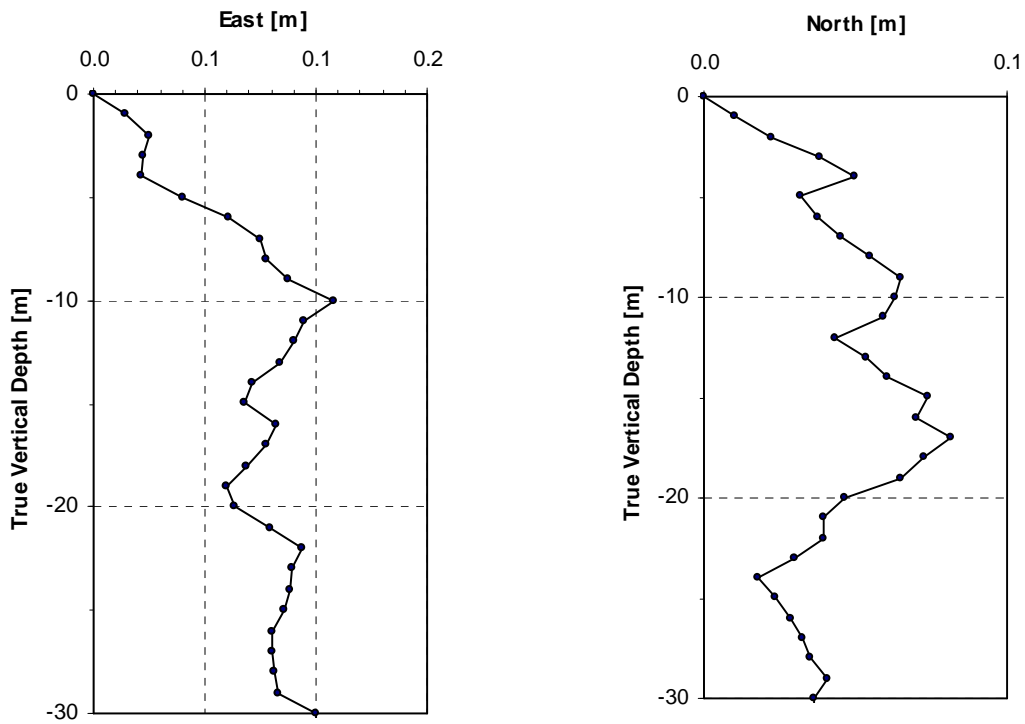
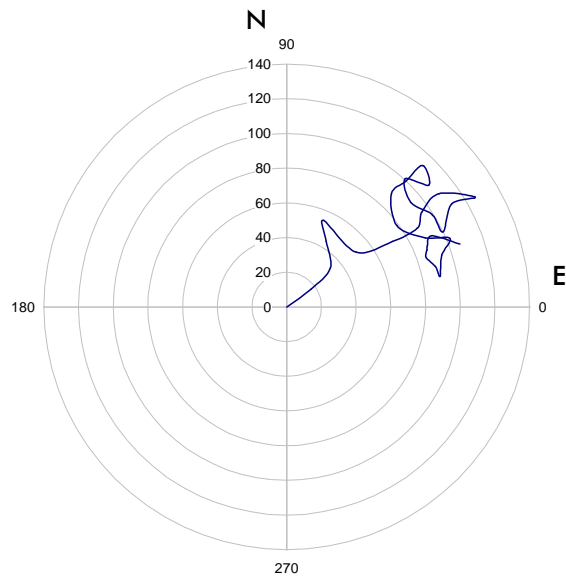


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio CH 407

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

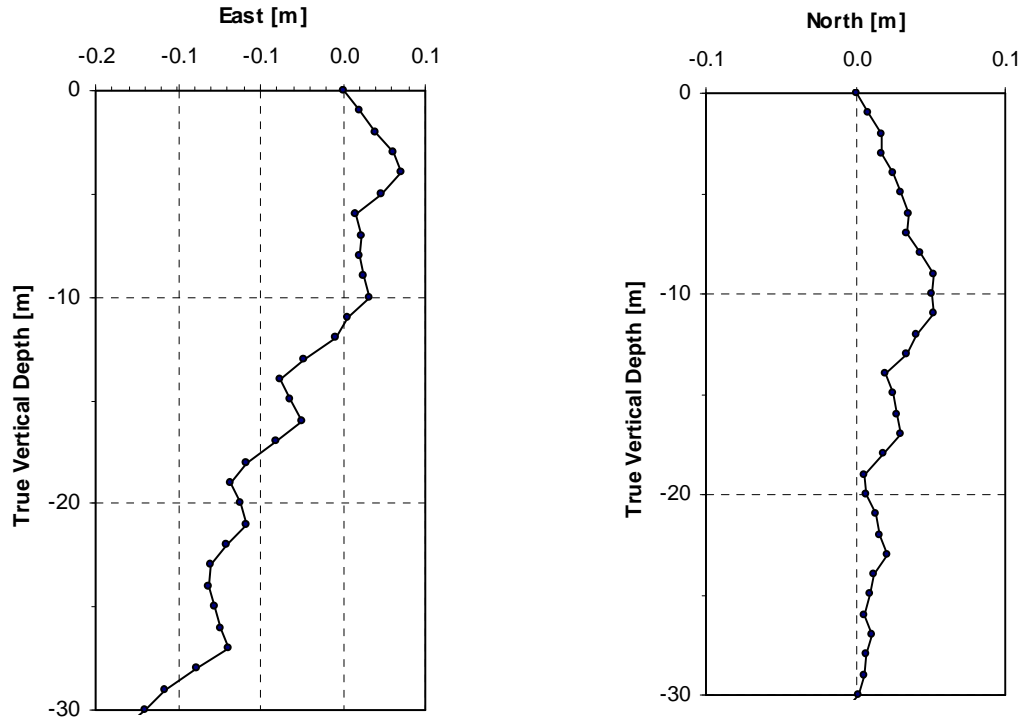
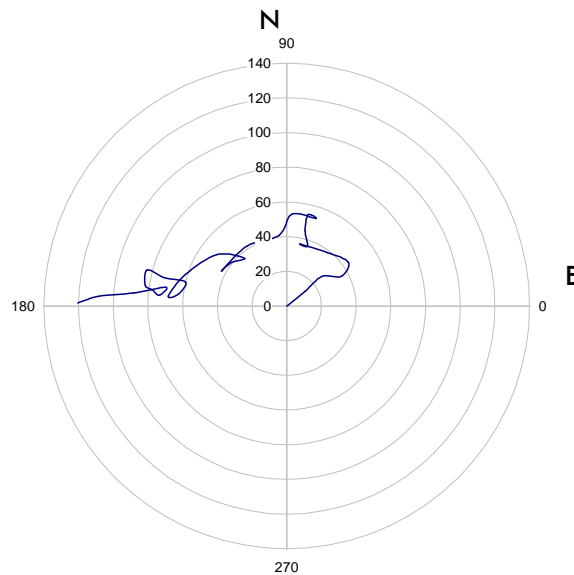


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio BH 417

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

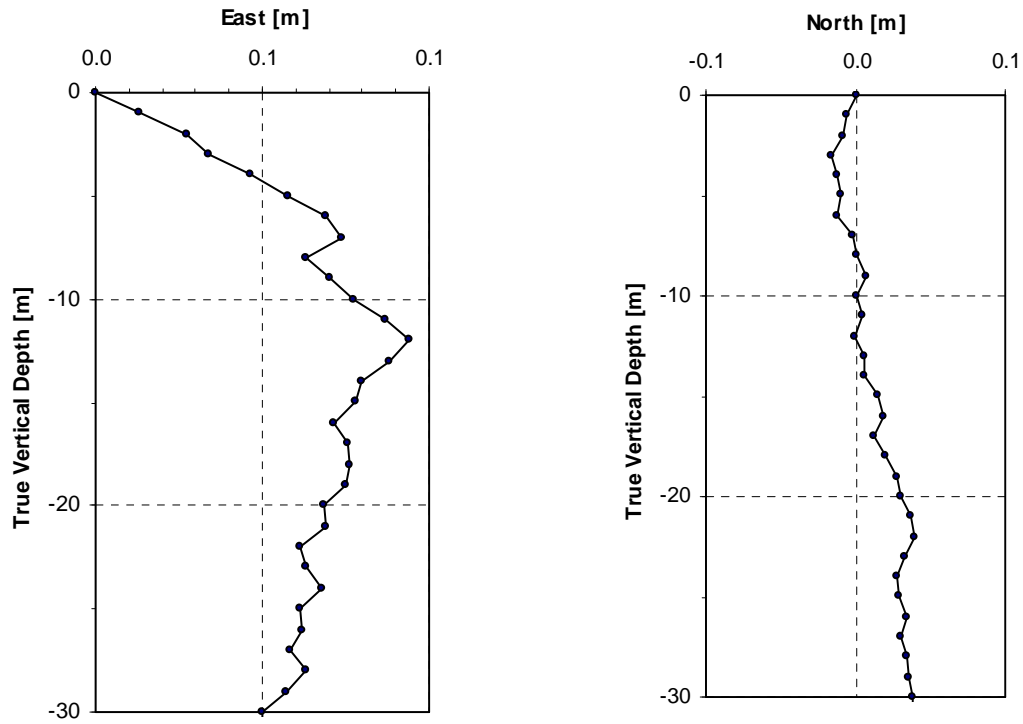
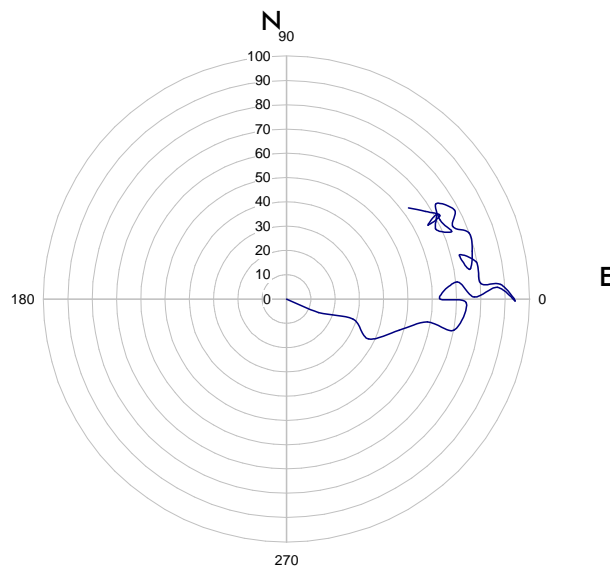


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio CH 417

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

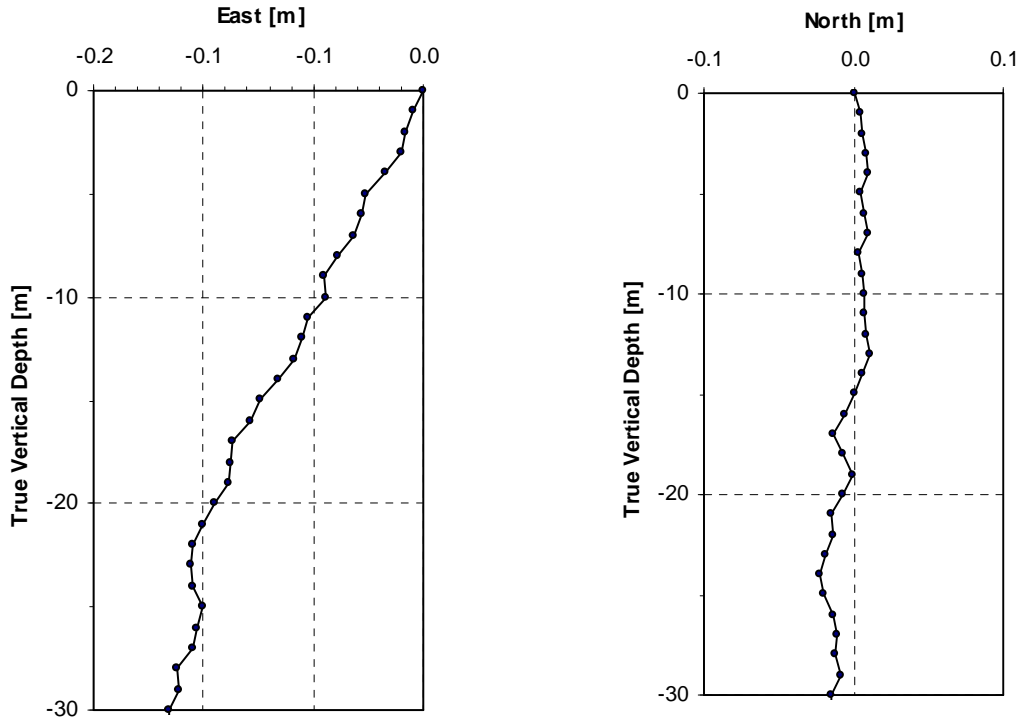
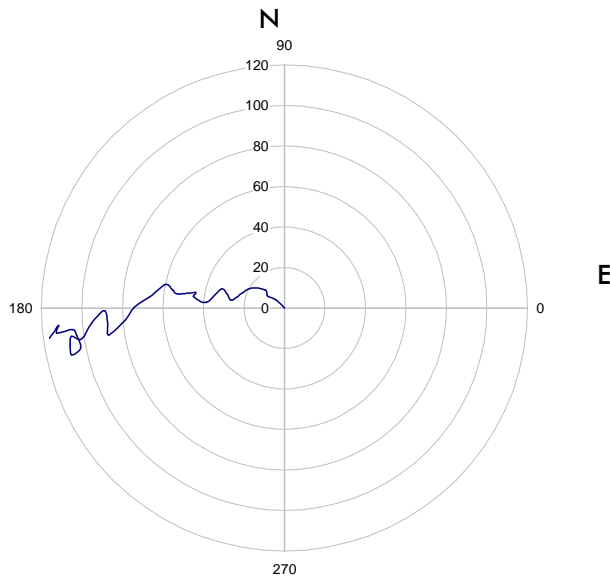


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio BH 426

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

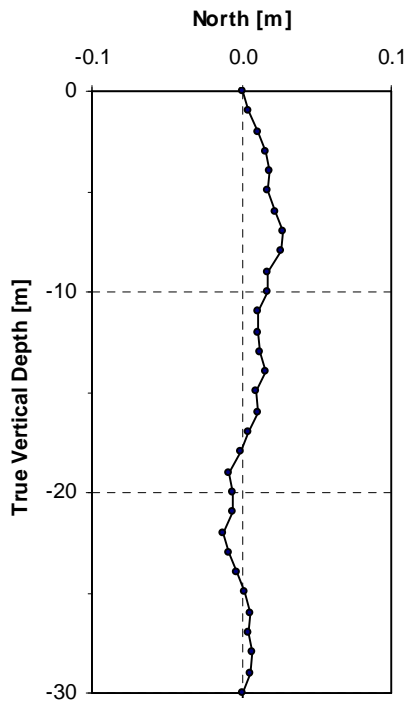
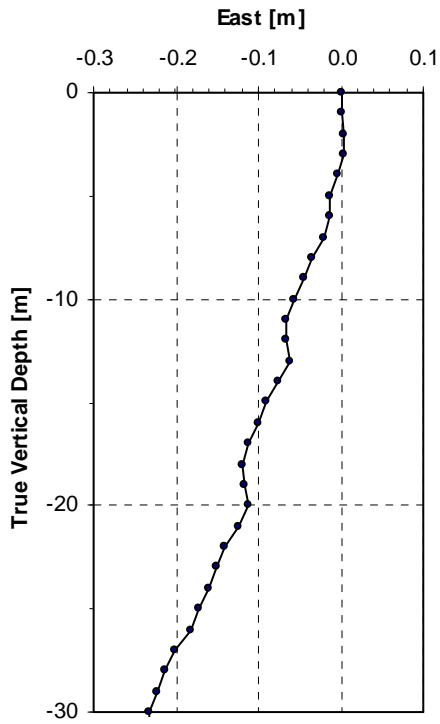
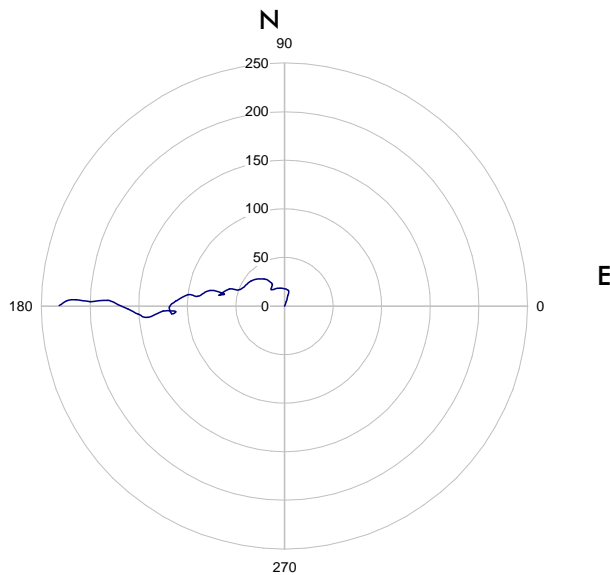


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio CH 426

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

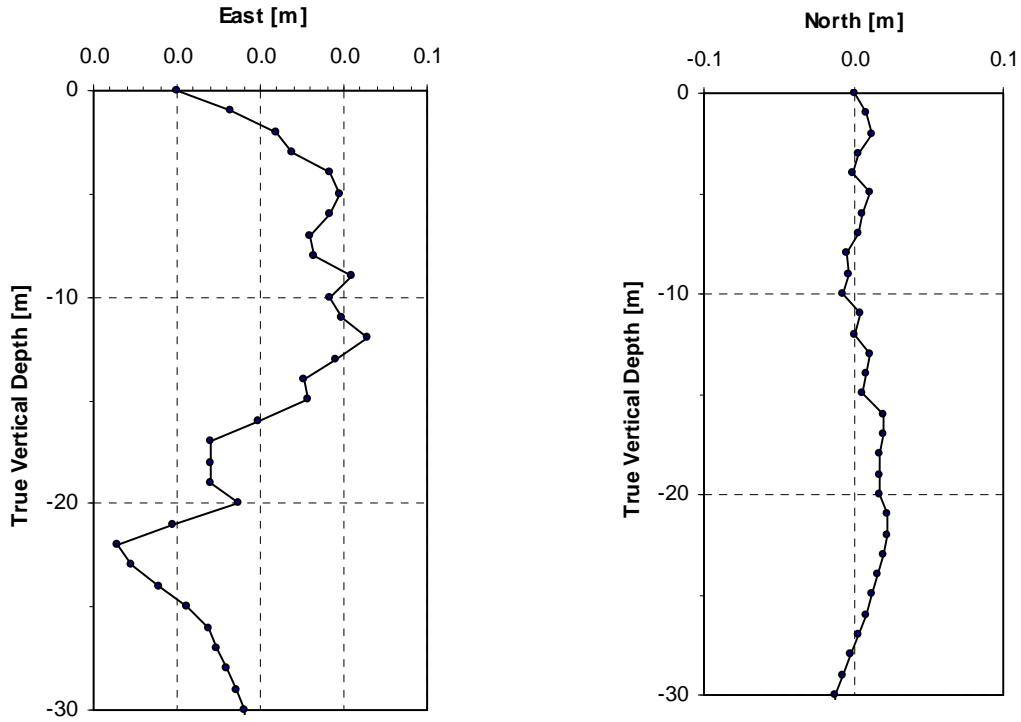
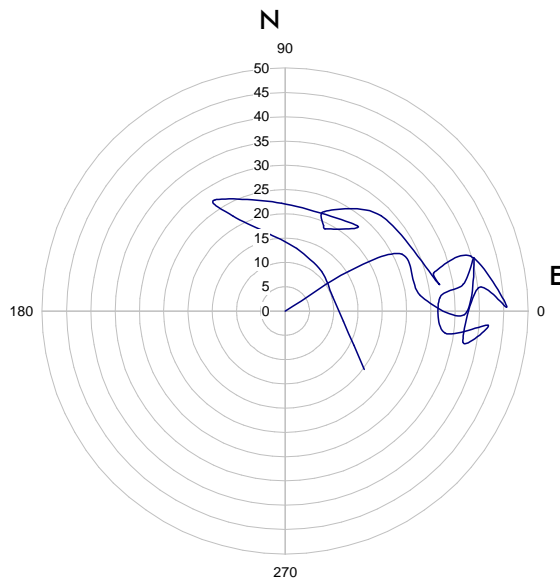


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio BH 442

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

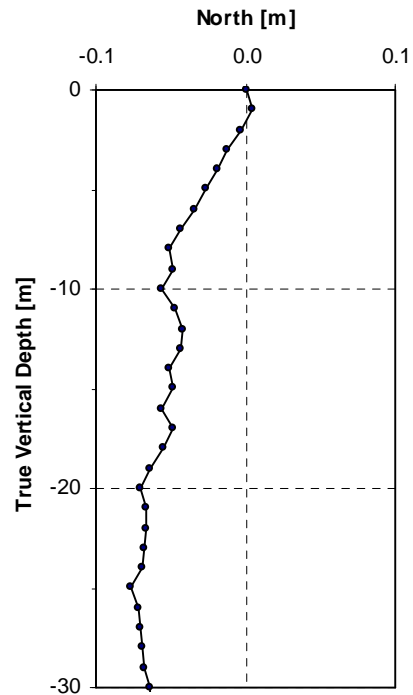
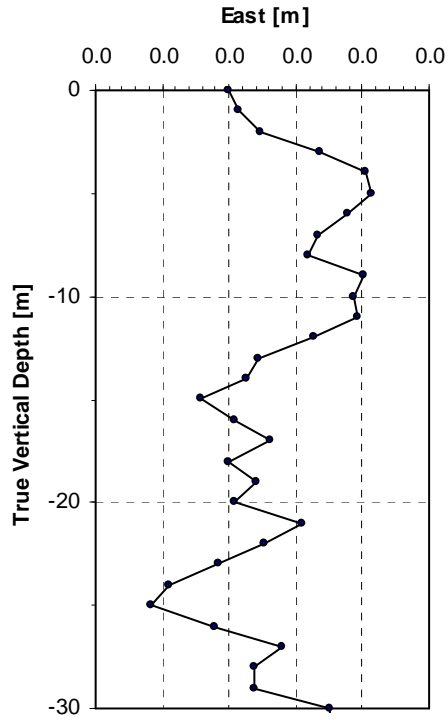
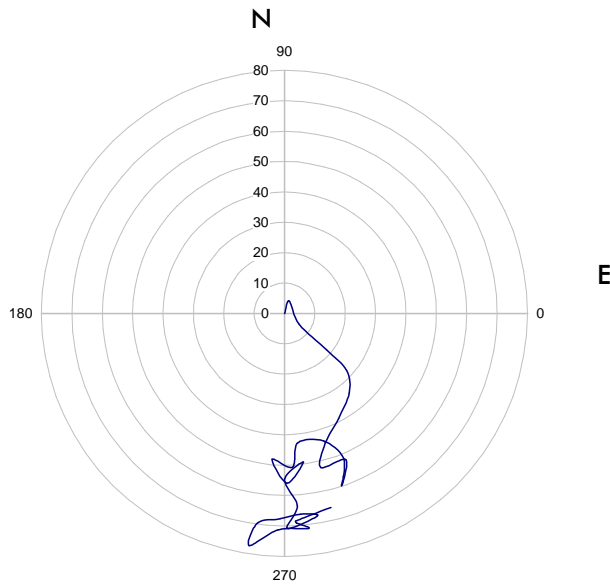


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio CH 442

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

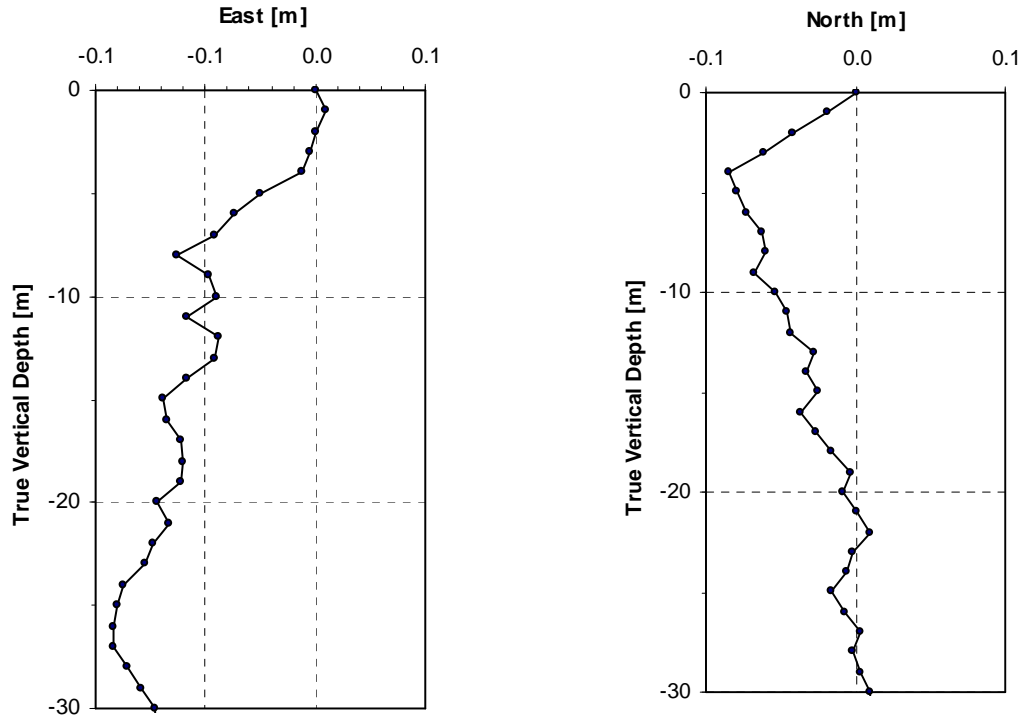
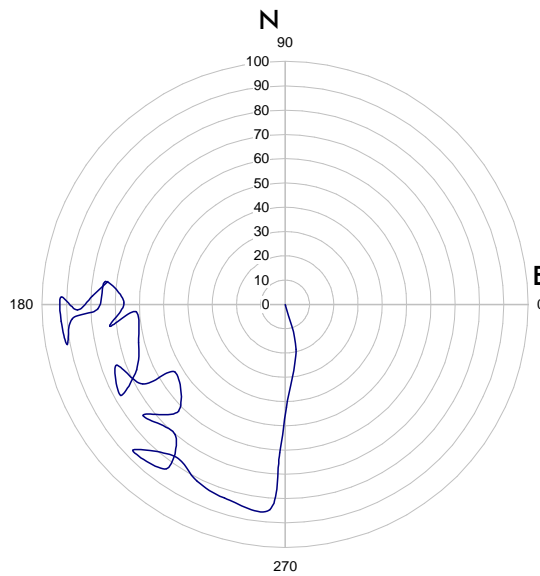


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio BH 433

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

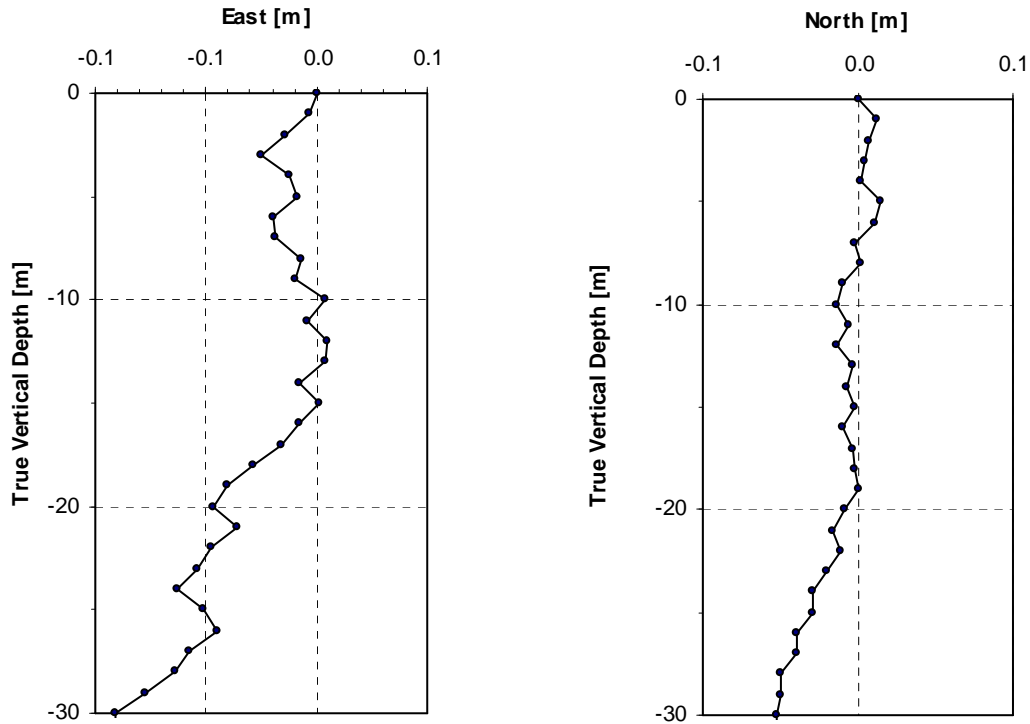
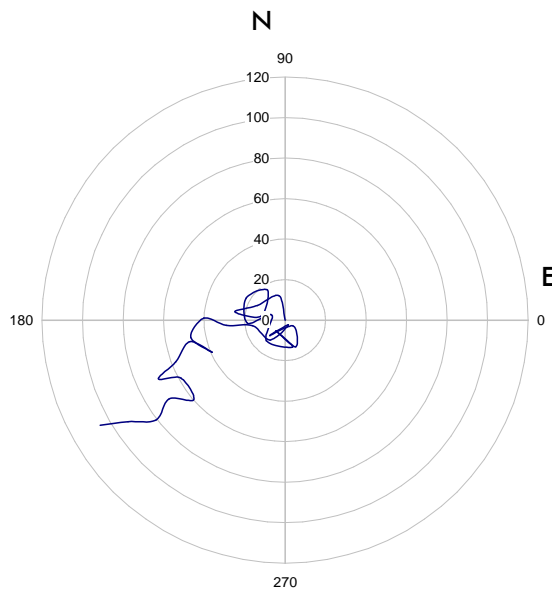


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio CH 433

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

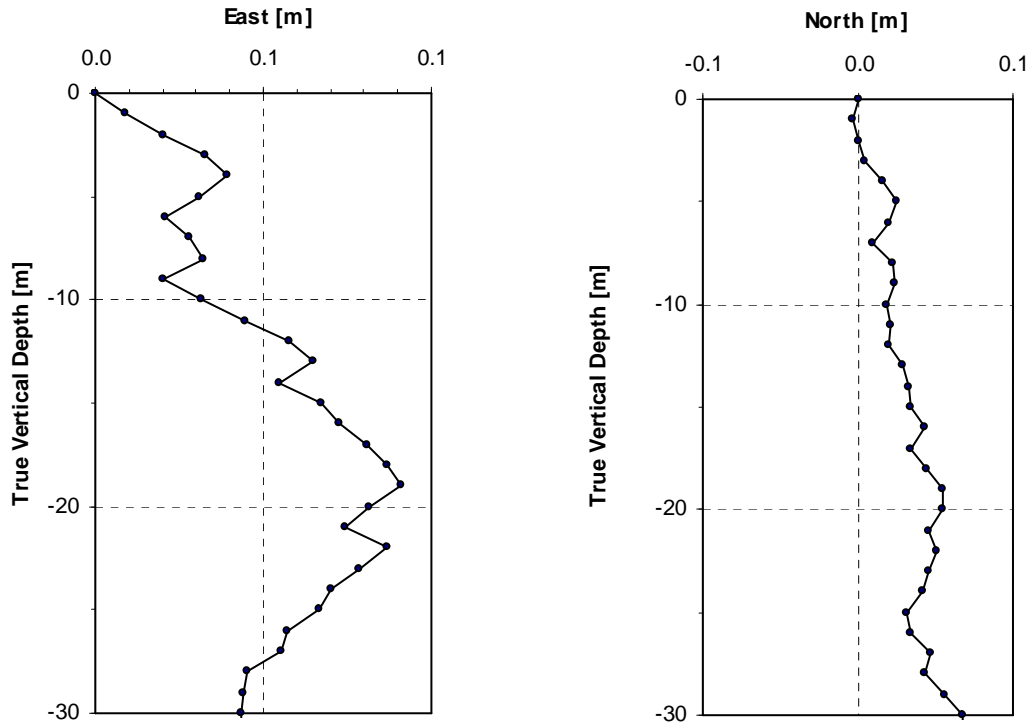
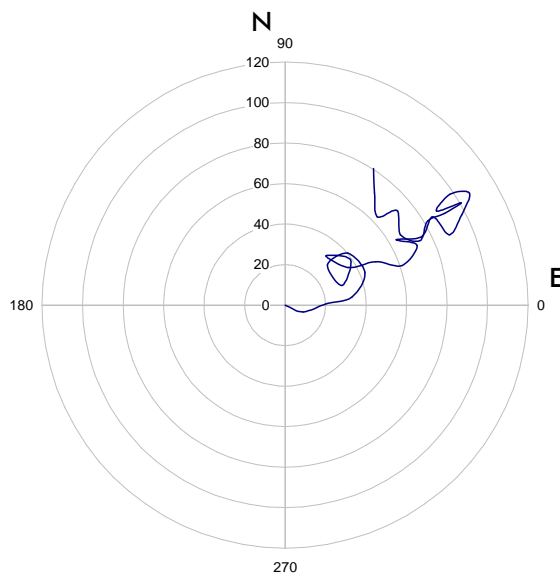


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio BH 606

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

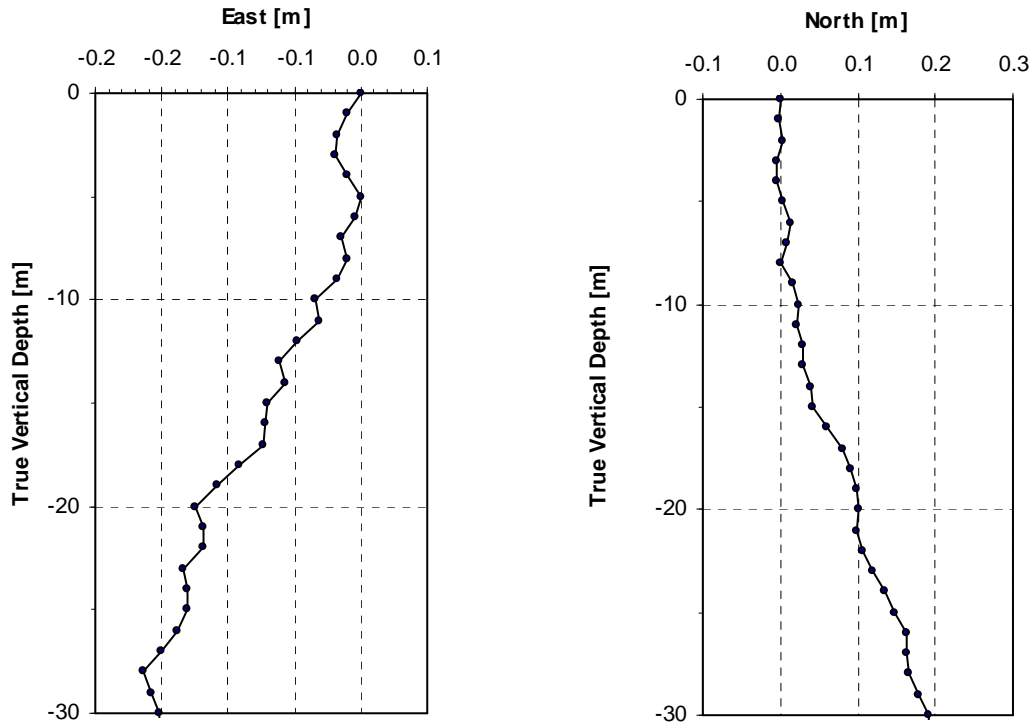
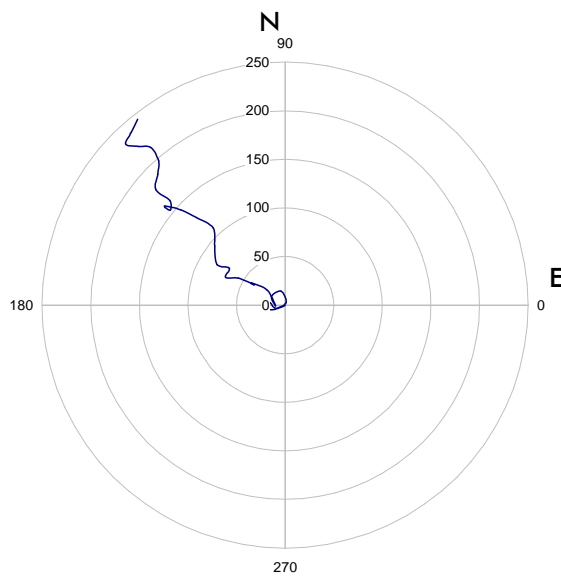


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio CH 606

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

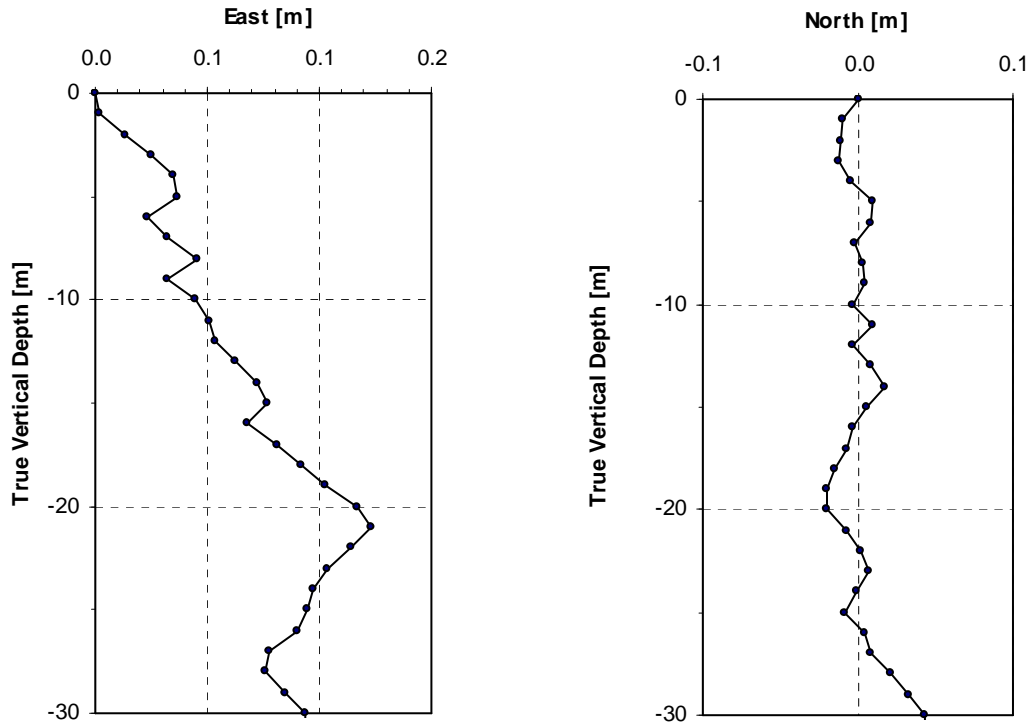
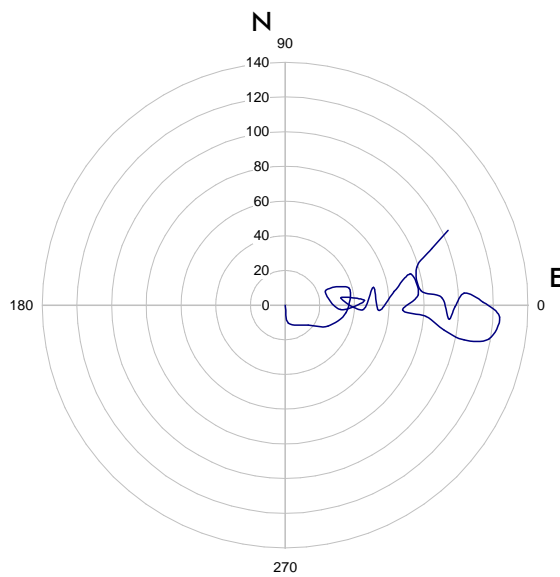


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio 1FEBH09

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

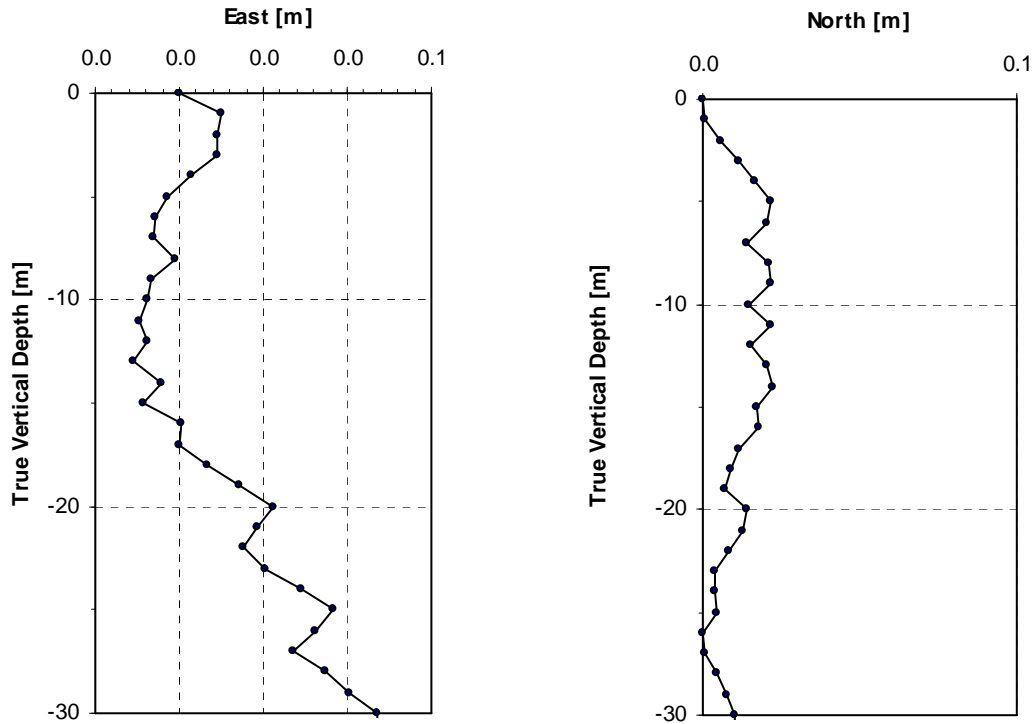
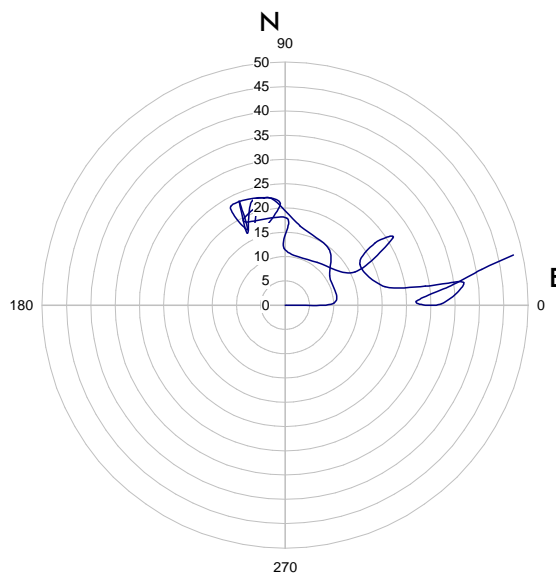


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio 1FECH09

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

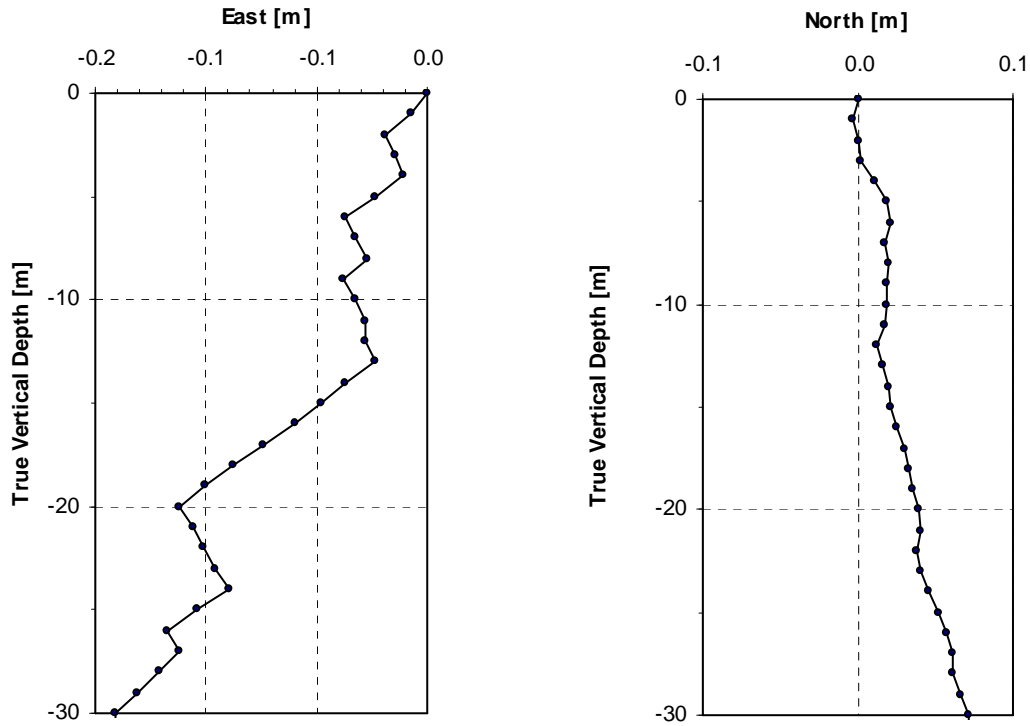
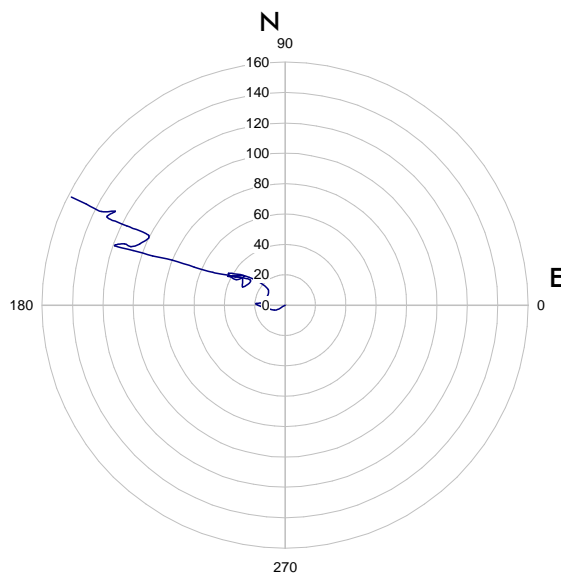


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio 1FEBH12

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

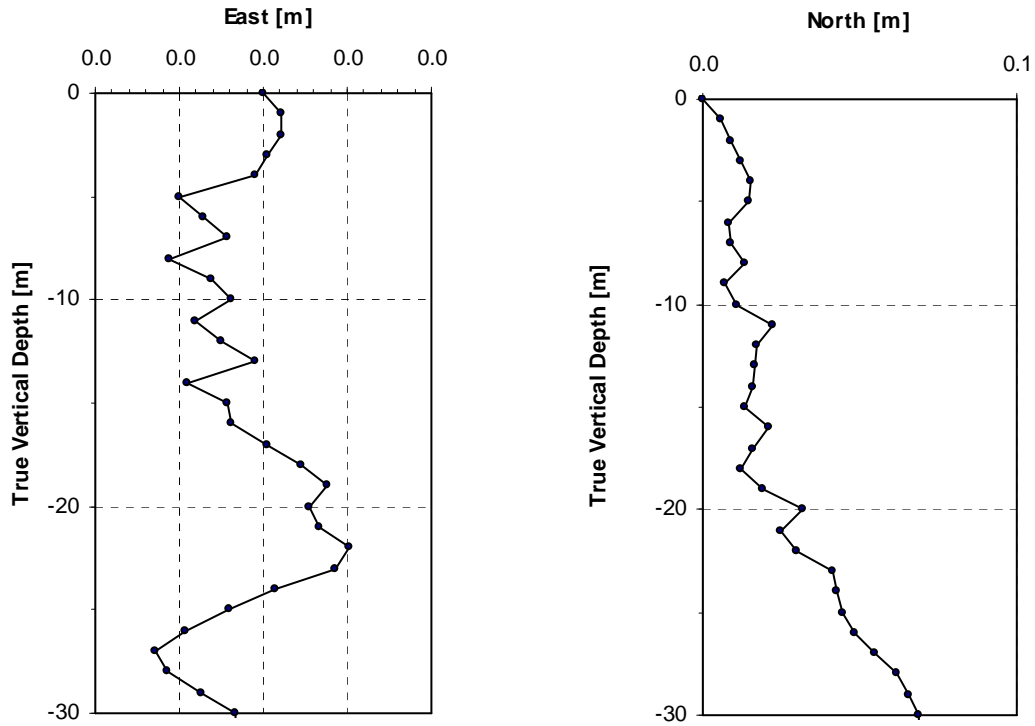
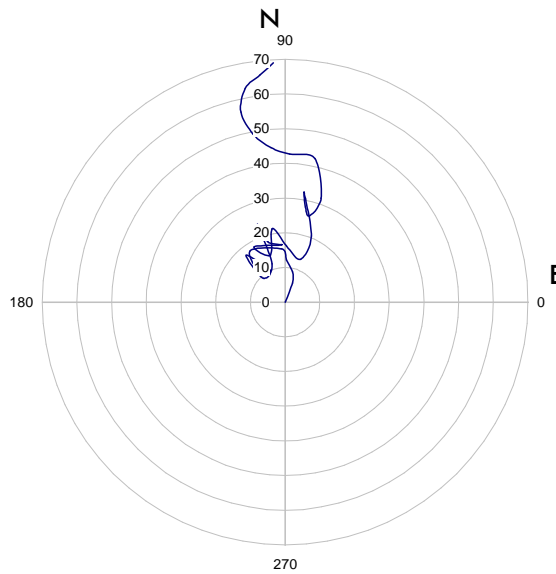


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)



Sondaggio 1FECH12

Diagrammi dello spostamento assoluto lungo l'asse Est e l'asse Nord

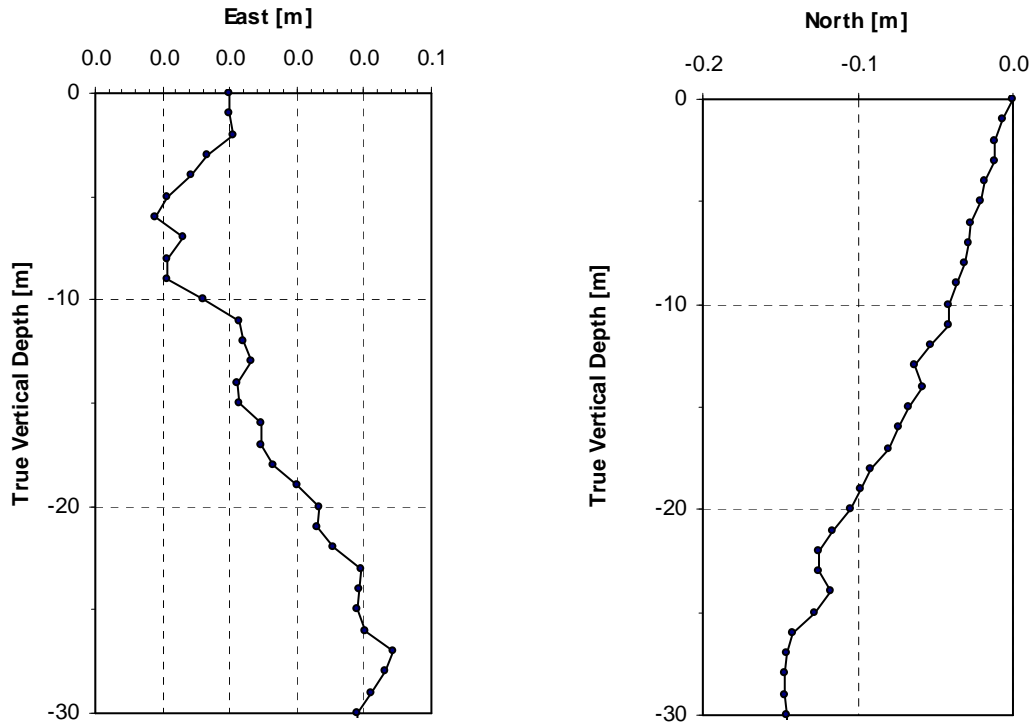


Diagramma polare della deviazione azimutale (mm)

