Politecnica | Hopkins Architects | Dott F Gemmi

Nuovo Ospedale Della Spezia
Progetto Preliminare

Relazione Geologica
Doc. n: 01A\PRE\GNR\R009



15 Aprile 2011

Servizio Sanitario Nazionale - Regione Liguria
Azienda Sanitaria Locale n. 5 "Spezzino"
LA SPEZIA

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

Convenzione Attuativa Tra
Asl5 E Infrastrutture Liguria S.R.L.
Del 9 Settembre 2009

NUOVO OSPEDALE DELLA SPEZIA

RELAZIONE GEOLOGICA

Rev	Data	Sez	Pag	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
A	28/02/2011		48	POLI	MI	-	Per Commenti
1	05/04/2011		48	POLI	MI	SB	Per Emissione
2	15/04/2011		48	POLI	MI	SB	Revisione

Sommario

1. PREMESSA 3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, LITOSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO 4
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 9
4. PERICOLOSITÀ 12
5. ZONIZZAZIONE GEOLOGICA E SUSCETTIBILITÀ D'USO DEL TERRITORIO 14
6. CAMPAGNA GEOGNOSTICA 15
7. STRATIGRAFIA 18
8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 28
9. SISMICITÀ 42
10. NOTE CONCLUSIVE 47

ALLEGATI:
- Carta geomorfologica
- Ubicazione dei punti di indagine
- Sezioni geologiche
- Indagini sismiche DOWNHOLE e indagini sismiche a rifrazione
- Certificati prove di laboratorio
- Elaborazione prove SPT
- Stratigrafie sondaggi campagna 2011 e documentazione fotografica

1. PREMESSA

Il presente lavoro è parte inegrante degli elaborati relativi al Progetto Preliminare del Nuovo Ospedale Felettino. In questa Relazione Geologica vengono illustrate le caratteristiche geologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, geomorfologiche e macrosismiche dell'area di progetto allo scopo di individuare eventuali fattori limitanti e/o condizionanti la fattibilità progettuale. Per comporre il quadro conoscitivo assunto come base del presente lavoro è stato consultato il seguente materiale:

- PUC della Spezia
- Carta Geologica Regionale, F. 248 - La Spezia
- Indagini geologico tecniche pregresse (1989/1997/2001) effettuate a supporto di precedenti progetti e/o studi sull'area
- Piano di Bacino di rilievo Regionale Ambito 20, Golfo della Spezia.

In considerazione delle caratteristiche dell'intervento in progetto che prevede la demolizione della struttura esistente e la realizzazione di un nuovo edificio, si è ritenuto opportuno completare il quadro conoscitivo con una campagna geognostica specifica allo scopo di fornire informazioni anche più dettagliate rispetto al livello di progettazione ed allo stesso tempo ridurre, nella progettazione stessa, i margini di incertezza dovuti a lacune nell'informazione geologica. La campagna di indagini, svoltasi nei mesi di Gennaio e Febbraio 2011, ha compreso l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT in perforo, prove di laboratorio, prove sismiche downhole, sismica a rifrazione.

La presente Relazione ottempera la seguente normativa:

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**
  Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
  Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
  Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n°36 del 27.07.2007
- **Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture**

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

- **Eurocodice 7.1 (2005)**
  Progettazione tecnica parte1
- **Eurocodice 7.2 (2002)**
  Progettazione geotecnica – Parte 2: progettazione assistita da prove geotecniche.
- **Eurocodice 7.3 (2002)**
  Progettazione geotecnica – Parte 2
- **PUC del Comune della Spezia**



Fig. 1. Localizzazione dell'area di progetto da foto da satellite (GOOGLE EARTH)

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, LITOSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Il golfo della Spezia rappresenta il margine sudorientale di una depressione tettonica allungata secondo la direzione appenninica NW/SE, compresa tra due promontori, costituiti ad ovest da una piega rovesciata che coinvolge le formazioni della Falda Toscana, ad est da un'anticlinale in posizione normale in cui sono implicate più Unità tettoniche. Queste strutture sono il risultato di una fase tettonica distensiva, iniziata nel Pliocene medio-superiore e ancora attiva, che ha interessato l'Appennino settentrionale originando sistemi di horst e graben delimitati da faglie dirette allineate circa NW/SE con rigetti anche notevoli, attivatasi su una precedente fase

compressiva, culminata nel Miocene superiore, che ha causato una struttura a falde di ricoprimento con sovrascorrimento delle Unità liguridi su quelle toscane. Una di queste faglie dirette è la discontinuità che dalla Spezia si sviluppa fino a Carrodano raggiungendo nella parte meridionale un rigetto di circa 2000 metri, mettendo a contatto i terreni triassici della Falda Toscana con le formazioni dell'Unità ligure di M. Gottero. All'interno del golfo si rinvengono potenti depositi quaternari di ghiaie, sabbie e argille di origine fluviale e marina (Fig 2).

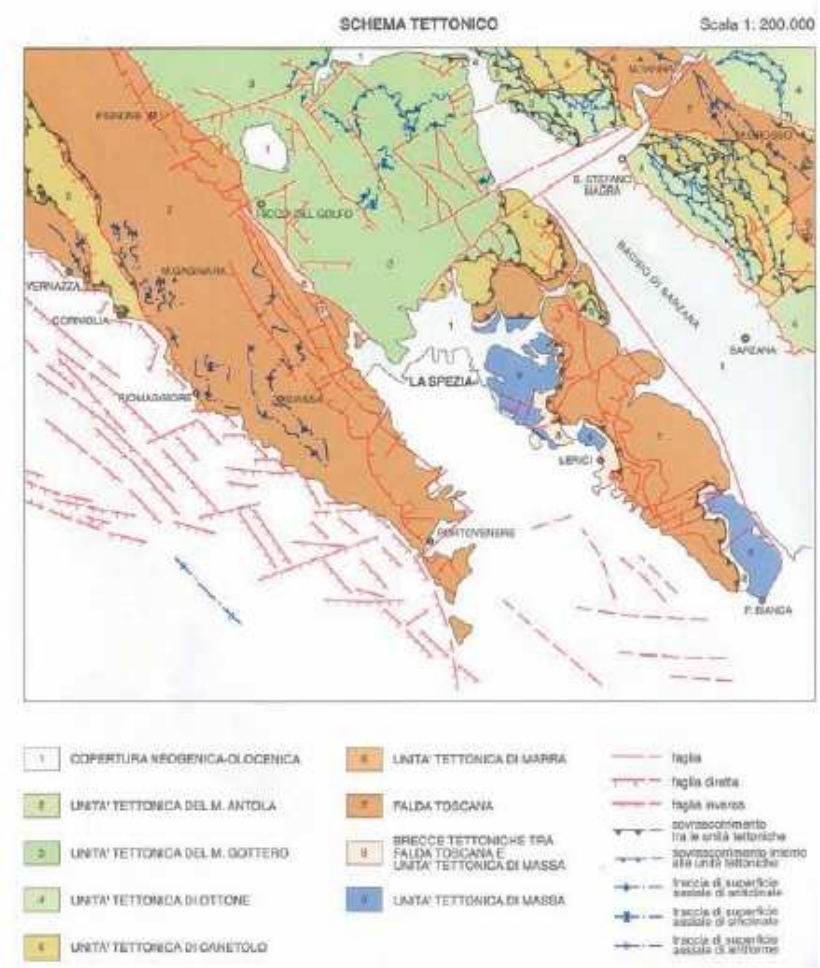


Fig. 2. Schema tettonico estratto da Carta geologica d'Italia Foglio 248 – La Spezia, scala 1:50.000 (ISPRA).

Nell'area vasta di studio sono pertanto presenti molte unità tettoniche, riconducibili a bacini sedimentari con un substrato costituito da crosta e mantello oceanici o di transizione oceanico/continentali (Unità Liguri e Subliguri) o, infine, da crosta di margine continentale (Unità del Dominio Toscano). Assumendo un trasporto tettonico prevalente verso E/NE, l'attuale posizione geometrica delle unità tettoniche e le affinità litostratigrafiche rilevabili tra le formazioni che le compongono suggeriscono una successione areale dei vari domini paleogeografici,

ciascuno caratterizzato da una propria sequenza stratigrafica e storia deformativa (Fig. 3). Le varie unità tettoniche non sono sempre presenti con spessori costanti; in molti casi hanno subito laminazioni che ne determinano talora la completa scomparsa.

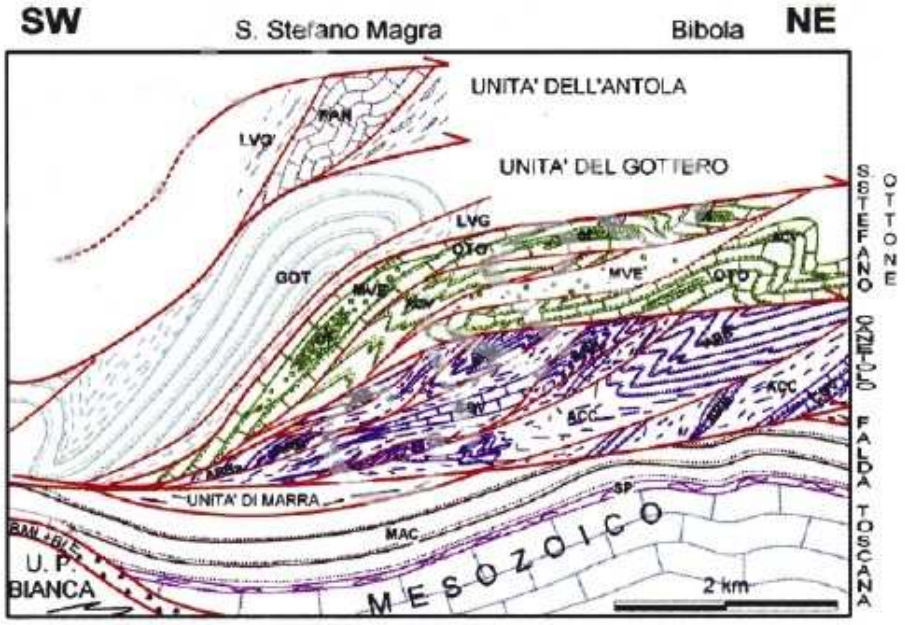


Fig.3. Schema dei rapporti stratigrafici delle unità tettoniche del Foglio "La Spezia" (Note illustrative del Foglio 248, Progetto CARG). LVG = Argilliti di Val di Lavagna; FAN = Formazione di M. Antola; GOT = Arenaride del Gottero; OTO = Flysch di Ottone; MVE = Complesso di M. Veri (of – ofioliti); ACV = Arenarie di Casanova; ARB = Arenarie del Bratica; CGV = Calcari di Groppo del Vescovo; ACC = Argille e Calcari di Canetolo; MAC = Arenarie del Macigno; SP = Scaglia Toscana.

In ordine di sovrapposizione dall'alto verso il basso le unità che affiorano nell'area vasta di studio sono: le Unità appartenenti al Dominio Ligure Interno (Unità tettonica di M. Gottero), le Unità del Dominio Ligure Esterno (Unità tettonica di Ottone), le Unità del Dominio Subligure (Unità tettonica di Canetolo) ed infine le Unità del Dominio Toscano (Falda Toscana e Unità tettonica di Massa) .

In particolare nell'area di progetto, da quanto si evince dalla Carta geologica di supporto al Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di La Spezia (Fig. 4) è presente **l'Unità tettonica di M. Gottero** con le Arenarie di M. Gottero (**arG**): si tratta di depositi torbiditici in strati di spessore anche notevole che raggiungono talora i 7m (in media circa 3). La parte basale degli strati varia da grossolana a medio.fine, ma non sono rari i livelli basali microconglomeratici e le amalgamazioni. Il rapporto arenaria/pelite è superiore a 4. Frequenti i filoni sedimentari arenacei nella frazione pelitica degli strati più potenti. La litofiacies prevalente è essenzialmente areaceo-pelitica, subordinatamente pelitica (Età: Senoniano – Paleocene).

Le arenarie di M. Gottero sono in contatto tettonico con le Arenarie di Ponte Bratica (**arBs/arBa**) appartenenti all'**Unità tettonica di Canetolo** costituite da arenarie torbiditiche, micacee, a

granulometria medio-fine, grigie, in strati spessi mediamente 15-20 cm (raramente superano i 50 cm). Comuni sono gli interstrati argillitici grigio-chiari o avana, spessi in genere sui 5-20 cm, mentre sono occasionali gli strati calcarenitici, per lo più alterati. (Oligocene superiore).

Altre litologie affioranti nelle aree adiacenti alla zona di progetto appartengono ai **Depositi quaternari** quali conoidi fluviali, coltri detritiche e depositi di origine prevalentemente fluviale.



Fig. 4. Stralcio Carta geologica estratto da PUC del Comune della Spezia –Servizio Informativo Territoriale (scala 1:5.000).

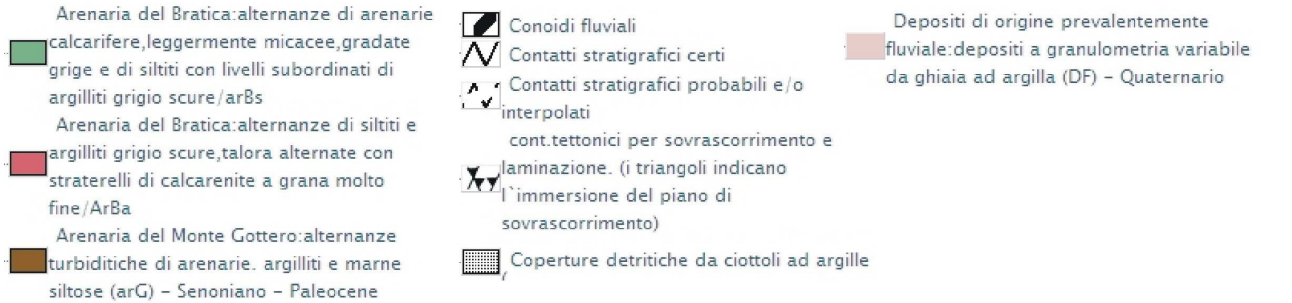


Fig. 4. Legenda Carta geologica estratto da PUC del Comune della Spezia –Servizio Informativo Territoriale (scala 1:5.000).

Note di idrogeologia

Dal punto di vista igrogeologico, l'area di progetto è interessata dalla presenza di due unità idrogeologiche principali:

- la copertura eluvio-colluviale e/o alluvionale di conoide
- la Formazione del Gottero.

Nel primo caso si tratta di materiali prevalentemente incoerenti, a granulometria grossolana con presenza sisgnificativa di scheletro litoide. I materiali sono caratterizzati da permeabilità primaria da media ad elevata per porosità.

Nel secondo caso si tratta di alternanze di siltiti/argilliti ed arenarie da fini a grossolane; la successione è localmente molto fratturata. A livello di successione la permeabilità è medio-bassa per fratturazione grazie alla presenza di significativi spessori di siltiti alterate che riducono molto la permeabilità. Le arenarie, prese come formazione singola, sono molto fratturate, hanno spessori consistenti a partire dai 25m di profondità, e sono caratterizzate da permeabilità medio-alta per fratturazione. La misura effettuata nel piezometro installato nel sondaggio S1 ha fatto rilevare la presenza di acqua a partire da 1,6m da p.c.. Non si dispongono informazioni sulla presenza o meno di acqua nei sondaggi S2 e S3 in quanto questi ultimi sono stati attrezzati con tubo per le prove downhole. I sondaggi di riferimento delle precedenti campagne geognostiche mostrano la presenza di acqua a partire da quote comprese tra i 2,2m ed i 3,5m da piano campagna. A questo punto è opportuno fare alcune considerazioni.

La presenza di acqua è certa all'interno della coltre di copertura, sede di una falda non confinata e, in virtù della buona permeabilità dei terreni (prevalentemente grossolani) da considerarsi ad alta vulnerabilità. Le caratteristiche della falda nella coltre superfciale dipendono dalla presenza o meno di materiali di conoide. In quest'ultimo caso, considerata l'ampiezza del bacino di alimentazione, è infatti probabile la presenza di acqua per tutto l'anno, sia pure con variazioni stagionali di livello. Laddove la coltre superficiale è costituita esclusivamente da materiale colluviale (e dunque proveniente dal versante a monte, è probabile che la falda sia soggetta a significative variazioni stagionali.

Per quanto riguarda il flysh, rappresentato da siliti e argilliti anche molto alterate, si ritiene che localmente possa rappresentare un impermeabile relativo che separa la copertura dalle arenarie sottostanti, fratturate e mediamente permeabili (per fratturazione) e sede potenziale di falda acquifera. In considerazione della stratigrafia rilevata (si veda di seguito), si ritiene opportuno considerare la presenza di due falde acquifere distinte: una superficiale, ospitata nella coltre

superficiale, ed una più profonda, ospitata nelle arenarie. Nelle sezioni geologiche allegate è rappresentata una linea che indica una superficie piezometrica teorica basata sulla presenza di acqua a partire dalla coltre senza considerare l'effetto barriera delle argilliti. Gli opportuni approfondimenti di indagine da effettuarsi a supporto della progettazione definitiva saranno, tra l'altro, mirati alla verifica della situazione idrogeologica.

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di progetto, caratterizzata dalla presenza dell'edificio che ospita l'attuale Ospedale Felettino, è collocata ad una quota media di circa 47m.s.l.m. ai piedi di un versante collinare che dalla loc. Pastine degrada in direzione SSW con pendenze medie variabili tra il 28% nella porzione a monte ed il 10% nella porzione a valle. Risulta evidente un controllo litologico sull'acclività: la porzione a monte del versante è interessata da litotipi competenti (arenarie) anche in affioramento, mentre la parte bassa del versante è caratterizzata dalla presenza di depositi di falda o conoidi alluvionali.

Le quote all'interno dell'area ospedaliera variano dai circa 51m.s.l.m. in corrispondenza del serbatoio antincendio localizzato dietro il magazzino dell'economato, ai circa 34m in corrispondenza del cancello di entrata. Ne deriva un dislivello di 17m ed una acclività media del 9% circa all'interno dell'area.

L'area di progetto è caratterizzata da un elevato grado di antropizzazione: l'elemento principale è rappresentato dall'Ospedale Felettino stesso e dalle sue pertinenze, che "marcano" in modo indelebile il territorio. All'area ospedaliera (risalente agli anni '30) si aggiungono le recenti opere (tuttora in fase di realizzazione) connesse alla nuova viabilità di collegamento con la Via Aurelia che passa ai piedi dell'Ospedale stesso. Ad Est dell'area è poi presente l'abitato di Felettino che lambisce l'area ospedaliera.

A monte dell'area il territorio è occupato da bosco ceduo degradato, mentre la porzione inferiore del versante, dove le pendenze sono più dolci, è occupata da oliveti disposti su terrazzamenti antropici.

Il drenante principale dell'area è il T. Dorgia che scorre in direzione W-E ai piedi dell'area ospealiera. In esso confluiscono i due fossi che corrono in fregio all'area ad Ovest e ad Est della stessa e che scorrono rispettivamente in direzione NO-SE e N-S.

A livello generale risulta piuttosto evidente un controllo di tipo litologico e strutturale sulla morfologia. I versanti in sinistra del Fosso Dorgia sono caratterizzati dalla presenza di litotipi competenti ai quali corrisponde una morfologia aspra, con versanti maggiormente acclivi ed interessati da linee di impluvio marcate ed incise; al contrario il versante in destra idrografica, è

caratterizzato dalla presenza di litotipi più plastici, con versanti più blandi e impluvi meno marcati. Il controllo strutturale è evidente soprattutto a livello di reticolo idrografico: il Fosso della Quercia ed il Fosso Pellizzara, nel loro tratto iniziale hanno andamento subparallelo NO-SE, analogamente all'impluvio che costeggia l'area ospedaliera ad Ovest.
Vi è poi un interessante allineamento NE-SO (antiappenninico) che unisce ilsecondo tratto del Fosso della Quercia fino alla confluenza nel T. Dorgia, la vallecola dell'abitato di Buon Viaggio ed il secondo tratto del Canale Bottagna. Anche altri corsi d'acqua affluenti del T. Dorgia hanno andamento antiappenninico, mentre il T. Dorgia, tra l'inizio della Valle della Dorgia e l'area ospedaliera ha andamento O-E in relazione ad una linea di sovrascorrimento tra le Arenarie del Gottero (Unità liguri interne) e le Unità subliguri.

Gli elementi morfologici che caratterizzano il contesto in cui è inserita l'area di progetto sono sostanzialmente riconducibili a due tipologie:

- a) forme e depositi dovuti alla gravità
- b) forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

a) Forme e depositi dovuti alla gravità
Nel primo caso si tratta di accumuli di versante (falde detritiche) molto diffusi sui versanti a monte e nell'intorno dell'ospedale. I depositi gravitativi ricoprono il substrato in posto e spiegano la presenza di un bosco ceduo sul versante a monte dell'area ospedaliera. La presenza di vegetazione rende difficile la delimitazione geometrica degli accumuli gravitativi, per cui i limiti riportati in mappa devono essere intesi come indicativi.
Nel precedente studio geologico/geomorfologico (2001) erano stati cartografati, in corrispondenza del versante in sinistra del T. Dorgia degli elementi morfologici riconducibili a dissesti gravitativi. Il rilievo effettuato in sito e lo studio di foto aeree non hanno confermato la precedente lettura morfologica del paesaggio. In considerazione di quanto rilevato si ritiene che gli unici elementi dovuti a fenomeni di instabilità siano due modesti colamenti (peraltro antichi e non attivi, oltre che difficilmente identificabili sia in foto che in campagna) ed un modesto fenomeno di crollo localizzato in corrispondenza della parte apicale dell'impluvio che costeggia ad Ovest l'area ospedaliera. In generale l'area di progetto ed un suo significativo intorno sono esenti da fenomeni di dissesto attivi o quiescenti, e si delinea una situazione di stabilità confermata anche dall'assenza sulle opere civili di tracce ricollegabili a dissesti in atto o pregressi.

b) Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

In questa categoria rientrano essenzialmente le conoidi alluvionali, o più precisamente, un sistema di conoidi alluvionali presenti ad Est dell'area di progetto. La conoide principale è quella del Fosso della Quercia/Pellizzara che, a valle dell'area ospedaliera confluisce nel T. Dorgia. Vi sono poi due piccole conoidi in corrispondenza degli impluvi che scorrono in fregio all'ospedale che, insieme alla sopra citata conoide principale, costituiscono un modesto sistema di conoidi pedemontano.

Il sistema delle conoidi è parzialmente obliterato dall'area ospedaliera, che insiste sul bordo occidentale della stessa compromettendone l'integrità.

L'elevato grado di antropizzazione non consente di distinguere nei fondovalle del T. Dorgia e del Fosso Pellizzara terrazzi alluvionali, orli di terrazzo o altre forme tipiche della dinamica fluviale; gli alvei sono in gran parte rettificati o antropizzati e la presenza di viabilità ed aree urbanizzate nei fondovalle stessi hanno fortemente modificato lo stato dei luoghi.

Area parcheggio

L'area destinata a parcheggio localizzata ad Est dell'area ospedaliera, ha forma pressochè triangolare ed è compresa tra Via il Forno, via dello Strigo, via dei Pilastri e l'ospedale. L'area è interamente impostata sulla conoide del T. Pellizzara, ha un'acclività del 6-8% ed è caratterizzata dalla presenza di terrazzamenti di origine antropica realizzati per scopi agricoli: l'area è infatti occupata da un oliveto inerbito. I terrazzamenti hanno altezza contenuta (max 1,5m circa) e in alcuni casi sono sostenuti da muretti a secco. Il rilievo effettuato non ha messo in evidenza la presenza di dissesti attivi o di elementi tali da essere ricollegabili a situazioni di dissesto pregresse. Il confine con l'area ospedaliera è marcato dalla presenza di un piccolo impluvio che immette nel T. Dorgia e la cui modesta conoide è coalescente, come detto, con la più grande conoide del T. Pellizzara.

Area ospedaliera

L'area ospedaliera in senso stretto è fortemente antropizzata. L'edificio che ospita l'ospedale è indubbiamente l'elemento caratterizzante: esso è stato realizzato a seguito di importanti sbancamenti della porzione convessa della porzione di versante su cui è impostato, come ricavato anche dalle stratigrafie dei sondaggi effettuati nell'ambito del resede, che mostrano la presenza della formazione in posto a partire dal piano campagna, a testimonianza degli scavi effettuati. Sul fronte dell'ospedale, tra il fabbricato e Via del Forno, è presente un'area sistemata a verde attraversata dalla viabilità di accesso; l'area è caratterizzata dalla presenza di terrazzamenti

subpianeggianti sostenuti da muretti, e probabilmente vi è stata collocata gran parte del terreno derivato dagli sbancamenti.
Purtroppo non è disponibile cartografia storica a scala adeguata e dunque tale da consentire la ricostruzione della morfologia originale del sito.

Per quanto concerne l'idrografia, come già detto il drenante principale dell'area è il T. Dorgia, che scorre in direzione Ovest-Est ai piedi dell'area ospedaliera ed in cui immettono i due fossi che scorrono in fregio all'area stessa ad Est e ad Ovest. Le acque meteoriche sono regimate dalle fognature asserventi l'area.

4. PERICOLOSITÀ

Relativamente alla pericolosità geomorfologica ed idraulica dell'area in cui è previsto l'intervento in progetto sono stati esaminati gli elaborati cartografici del Piano di Bacino di rilievo regionale "Ambito 20 – Golfo della Spezia".

Dall'analisi della Carta della suscettività al dissesto dei versanti (pericolosità geomorfologica) di cui si riporta stralcio in Fig. 5, si evidenzia che l'area di indagine ricade in **classe suscettività al dissesto bassa (P1)**: "*aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una bassa incidenza sulla instabilità*".
"Nelle aree a suscettività al dissesto bassa (P1) si demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante" (Art. 16 – com. 8, Norme di Piano).

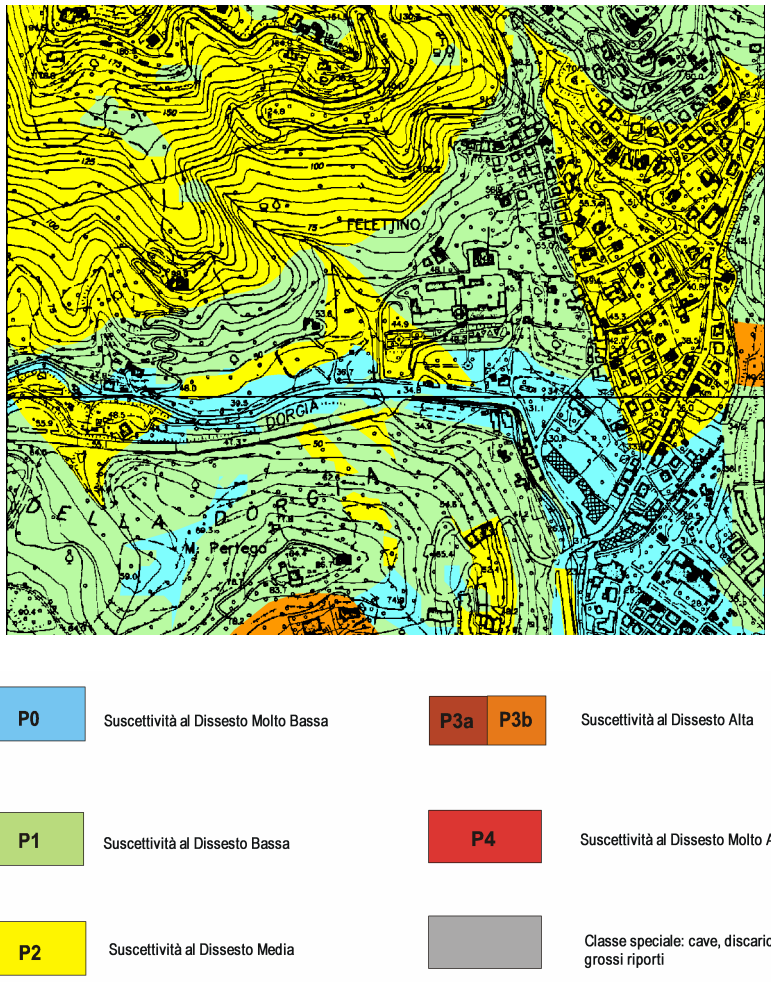


Fig.5: Stralcio Carta della suscettività al dissesto dei versanti estratto da Piano di Bacino Regionale "Ambito 20 – La Spezia", Provincia della Spezia (scala 1:10.000).

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica è stata esaminata la Carta delle Fasce di inondabilità di supporto al Piano di Bacino (Fig.6), in cui sono rappresentate le aree inondabili articolate in fascia A, B e C rispettivamente di pericolosità idraulica molto elevata, media e bassa. L'area di progetto non ricade in ogni modo in nessuna delle suddette aree.

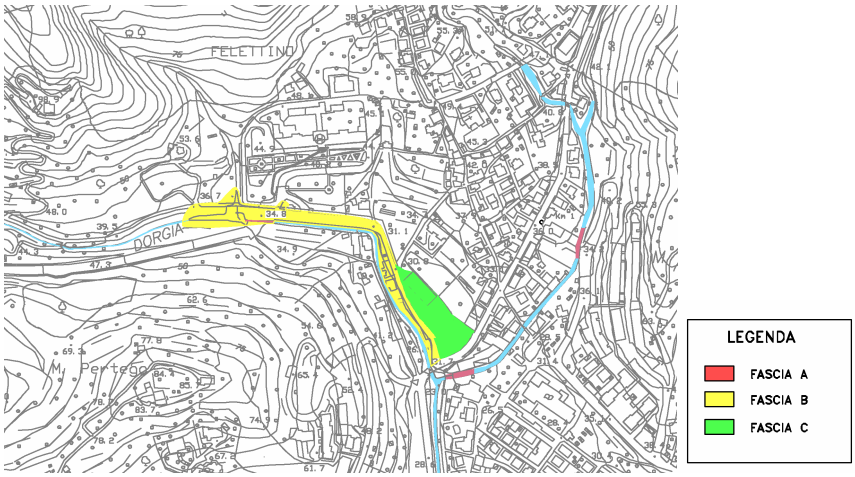


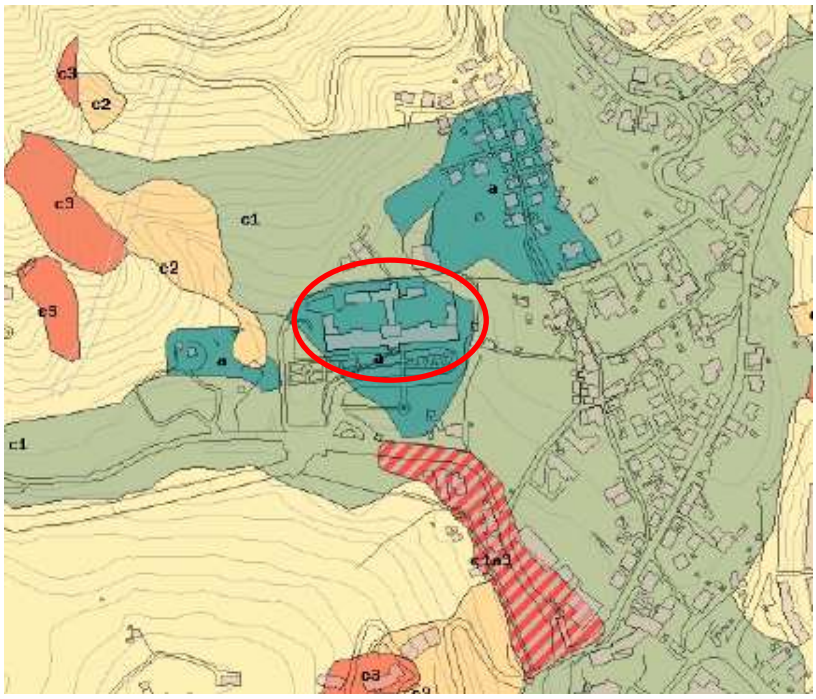
Fig. 6: Stralcio Carta delle fasce di inondabilità estratto da Piano di Bacino Regionale "Ambito 20 – La Spezia", Provincia della Spezia (scala 1:5.000).

5. ZONIZZAZIONE GEOLOGICA E SUSCETTIBILITÀ D'USO DEL TERRITORIO

Il Piano Urbanistico Comunale del Comune della Spezia ha redatto la "Carta di zonizzazione e di suscettibilità d'uso del territorio" che suddivide il territorio in classi di utilizzo che raggruppano aree omogenee per caratteristiche e problematiche geologico-tecniche. Il territorio comunale è stato suddiviso in tre tipologie di suscettibilità d'uso: ampia; condizionata; limitata, ad ognuna delle quali corrisponde un livello di pericolosità crescente. Dette tipologie sono ulteriormente suddivise in classi, a ciascuna delle quali sono attribuite determinate caratteristiche di suscettibilità d'uso:

- Suscettibilità d'uso ampia (A)
- Suscettibilità d'uso condizionata (C) distinta in quattro classi (C0, C1, C2, C3)
- Suscettività d'uso limitata (L)
- Aree potenzialmente soggette a fenomeni di alluvionamento e/o ristagno (A3)

Dall'esame di suddetta carta, di cui si riporta stralcio in Fig. 7, si evidenzia che l'area di indagine ricade in **area con suscettibilità ampia (A)**, che comprende in generale le aree con un livello di pericolosità basso, con limitati condizionamenti di ordine geologico in senso lato per interventi mediamente o notevolmente incidenti sull'attuale assetto. Nelle suddette aree gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988 n. 47.



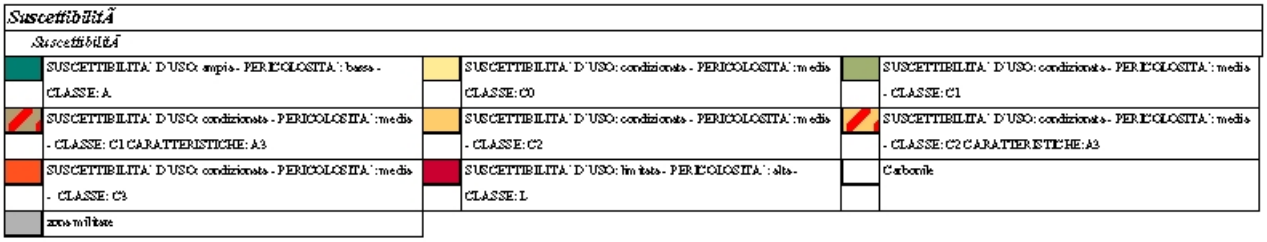


Fig. 7. Stralcio Carta di zonizzazione e di suscettibilità d'uso del territorio estratto da PUC del Comune della Spezia –Servizio Informativo Territoriale (scala 1:5.000).

6. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Nell'ambito dell'area di progetto, a supporto della progettazione preliminare del nuovo ospedale, è stata effettuata una campagna geognostica allo scopo di completare il quadro conoscitivo con informazioni qualitative e quantitative.

Sono altresì disponibili alcuni dati stratigrafici e geotecnici derivati da campgne geognostiche pregresse effettuate nell'area in occasione di altri progetti riguardanti l'area ospedaliera di Felettino. Si fa specifico riferimento ad una campagna del 1989, ad una campagna del 1997 ed ad una campagna del 2001.

Campagna geognostica 1989

La campagna del 1989 ha compreso l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT, di prove penetrmetriche statiche, di sondaggi elettrici (SEV) e di stese sismiche. Ai fini del presente lavoro saranno utilizzati i dati stratigrafici dei seguenti sondaggi:

- S2
- S5
- S6
- S7
- S8

Saranno altresì utilizzati, a scopo statistico, i valori delle prove SPT effettuate in tutti i sondaggi della campagna 1989

Campagna geognostica 1997

La campagna del 1997, effettuata a supporto di una proposta di ampliamento dell'ospedale nell'area ad Ovest dello stesso, ha compreso, analogamente al caso precedente, sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT, prove penetrmetriche e stese sismiche. A completamento del quadro conoscitivo locale saranno utilizzate le stratigrafie dei seguenti sondaggi:

- S6
- S8

Analogamente al caso precedente saranno inoltre utilizzati a scopo statistico i valori delle prove SPT effettuate in tutti i sondaggi della campagna 1997.

Campagna geognostica 2001

La campagna geognostica del 2001 è stata effettuata ad integrazione di quella del 1997 a supporto di una ulteriore proposta di ampliamento dell'ospedale verso Ovest. Anche in questo caso la campagna ha compreso sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche ed indagini geofisiche. Putroppo le indagini della campagna 2001 ricadono al di fuori dell'area di progetto, tuttavia sia i dati stratigrafici che penetrometrici potranno essere usati a titolo di confronto e taratura delle osservazioni. Solo il sondaggio G1 ricade all'interno dell'area di progetto e la relativa stratigrafia potrà essere utilizzata per la ricostruzione del modello stratigrafico.

Campagna geognostica 2011

La campagna geognostica effettuata a supporto della progettazione preliminare del nuovo ospedale si è svolta tra il 17 Gennaio 2011 ed il 14 Febbraio 2011. La ditta incaricata per l'esecuzione della stessa è IGETECMA S.a.s. di Montelupo Fiorentino, regolarmente in possesso delle necessarie autorizzazioni ministeriali per le indagini effettuate.

La campagna ha compreso l'esecuzione di:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, di cui uno di profondità 30m e due di profondità 40m; un foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto e due con tubo in pvc spessorato per la prova downhole
- prove SPT in perforo
- prove di laboratorio sia su terre che su roccia
- n. 2 prove sismiche downhole
- indagini geofisiche di sismica a rifrazione con misura di Vp e Vsh ed elaborazione secondo la metodologia MASW per un totale di 350m di stendimenti.

Nella seguente tabella I è sintetizzata la situazione relativa sondaggi effettuati:

N. sondaggio	profondità raggiunta	tipo attrezzatura installata	SPT - prof.	campioni - prof.	litologia	tipo
S1	30m	tubo piezometrico aperto	SPT1 - 3,50m SPT2 - 6,00m SPT3 - 9,00m SPT4 - 12,00m SPT5 - 15,00m	S1C1 3,50-3,70	T	r
				S1C2 5,50-6,00	T	r
				S1C3 10,50-11,00	T	r
S2	40m	tubo in pvc spessorato per prova downhole	SPT1 - 3,00m SPT2 -11,50m SPT3 - 15,50m	S2C1 20,50-20,80	R	
				S2C2 27,10-27,30	R	
				S2C3 28,00-28,20	R	
S3	40m	tubo in pvc spessorato per prova downhole	SPT1 - 3,50m SPT2 - 6,00m SPT3 - 9,00m SPT4 - 12,00m SPT5 - 15,00m	S3C1 3,00-3,30	T	r
				S3C1 BIS 10,00-10,50	T/R	
				S3C2 21,20.21,50	R	
				S3C3A 21,50-21,70	R	
				S3C3B 23,00-23,20	R	
				S3C4 27,70-27,80	R	
				S3C5 29,00-29,15	R	

T=terra; R=roccia; r=rimaneggiato

Tab. I. Sondaggi effettuati nella campagna 2011

Sui campioni prelevati sono state effettuate, in funzione della litologia, prove geotecniche e geomeccaniche per la individuazione dei parametri fisici e meccanici. Le prove effettuate sono riassunte nella seguente tabella II.

N. CAMPIONE	PROFONDITA'	GRANULOMETRIA	LIMITI DI ATTERBERG	PESO SPECIFICO DEI GRANI	PESO DI VOLUME	TAGLIO DIRETTO	COMPRESSIONE UNIASSIALE	POINT LOAD	SCLEROMETRO
S1C1 r	3,50-3,70	*	*	*	*				
S1C2 r	5,50-6,00	*	*	*	*	*			
S1C3 r	10,50-11,00	*	*	*	*	*			
S2C1	20,50-20,80								*
S2C2	27,10-27,30								*
S2C3	28,00-28,20								*
S3C1 r	3,00-3,30	*	*	*	*	*			
S3C1 BIS	10,00-10,50	*	*	*	*	*			
S3C2	21,20.21,50				*		*	*	
S3C3A	21,50-21,70								*
S3C3B	23,00-23,20								*
S3C4	27,70-27,80								
S3C5	29,00-29,15								

Tab. II. Campioni e prove di laboratorio della campagna 2011

7. STRATIGRAFIA

In questo paragrafo, sulla base della correlazione tra dati stratigrafici relativi ai sondaggi delle campagne geognostiche pregresse (1989, 1987, 2001) di quelli relativi alla campagna effettuata per questa fase progettuale (Gennaio-Febbraio 2011), ed in base alle risultanze delle stese sismiche della medesima campagna, viene introdotta la stratigrafia dell'area di progetto.

Campagna geognostica 1989

Come già accennato, della campagna del 1989 vengono utilizzate le stratigrafie dei seguenti sondaggi:

- S2
- S5

- S6
- S7
- S8

S2-quota p.c. 47m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA
0-8,5		argille limoso-sabbiose beige con ghiaia, sabbia limoso-argillosa beige, clasti arenacei beige più o meno arrotondati in matrice da sabbiosa ad argillosa	n.d.
8,5-32,00		argilliti beige molto fratturate ed alterate argilliti grigie alternate a calcari marnosi e marne grigi, molto fratturati ed alterati. Argilliti nerastre al piede	

S5-quota p.c. 46m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-9		alternanza di argille beige con ciottoli arenacei e di ghiaie e ciottoli arenacei in matrice argilloso-sabbiosa	3,50
9-12		sabbie ghiaiose debolmente argillose	
12-18		alternanze di argilliti grigie, molto fratturate ed alterate, con arenarie grigie molto alterate e fratturate	
18-30		arenarie grigie molto fratturate in alternanza con argilliti grigie molto fratturate (in subordine)	

S6-quota p.c. 49m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-6,00		clasti, ciottoli e ghiaie arenacei in matrice argilloso-limosa o sabbioso-argillosa; sabbie argillose al tetto ed al piede dello strati	3,50
6,00-13,00		argilliti ed argilloscisti grigio scuro molto fratturati ed alterati con scarsi livelli di arenaria grigia	
13,00-23,00		arenaria grigia con livelli di argilloscisti	
23,00-26,00		argilliti grigio scuro molto fratturate	

S7 - quota p.c. 50,50m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-6,00		sabbie ocracee e beige, debolmente argillose, con intercalazioni di argilla limosa grigia, clati arenacei nella parte inferiore	2,20
6,00-15,50		arenarie grigio-verdastre, con intercalazioni decimetriche di argilliti nerastre	
15,50-26,50		argilliti nerastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti grigie	
26,50-30,00		calcareniti grigie molto fratturate con vene di calcite	

S8 - quota p.c. 35m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-5,00		ghiaie e ciottoli arenacei beige, in matrice sabbioso-argillosa, talora dominante, intercalate a sabbie argillose grigie con clasti arenacei	n.d.
5,00-24,00		arenaria grigio-verdastra grossolana argilliti ed argilloscisti grigi con intercalazioni di arenarie grigio verdastre nella parte superiore alternanza di argilloscisti nerastri, calcareniti grigie ed argilliti	

Campagna geognostica 1997

Per la campagna geognostica del 1997 vengono acquisite le stratigrafie dei seguenti sondaggi:

- S6
- S8

S6 - quota p.c. 39m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-4,60		clasti eterometrici prevalentemente arenacei, da angolari a subarrotondati, addensati (diametro max 10cm), in matrice sabbioso-limosa marrone chiaro, talora dominante.	n.d.
4,60-15,00		siltiti argillose grigie, dure, scagliose, intervallate da livelli centimetrici e decimetrici di arenarie, in strati sottili, molto fratturati e disaricolati, presenza di vene di calcite	

S8 - quota p.c. 46m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-2,30		riporto prevalentemente sabbioso con clasti	3,40
2,30-14,00		sabbia media, limosa, ghiaiosa, nocciola e grigia, con clasti alterati (diametro max >10cm), clasti arenacei eterometrici, angolari ed arrotondati, (diametro max. 10cm) in matrice sabbioso-limosa nocciola	
14,00-20,00		siltiti argillose grigie, dure, scagliose, siltiti argillose marroni, scagliose, molto alterate al tetto, con intercalazioni di arenarie fini in strati sottili. Arenarie medio-grosse, in strati sottili, grigio-verdastro, molto fratturate con inercalate siltiti grigie	

Campagna geognostica 2001

Coma già accennato, la campagna geognostica del 2001 è stata effettuata in massima parte nell'area collocata ad Ovest dell'area di progetto; ai fini del presente lavoro sarà utilizzata solo la stratigrafia del sondaggio G1.

G1 - quota p.c. 51,80m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-4,50		materiale di riporto: clasti, ciottoli, e frammenti di laterizi in matrice sabbioso-limosa beige chiara	3,40
4,50-6,50		strato di argilla grigia con subordinata frazione siltoso-ghiaioso-sabbiosa	
5,50-10,80		materiale eluvio-colluviale: clasti prevalentemente arenacei ed eterometrici in matrice sabbioso-siltoso-argillosa	
10,80-11,70		arenarie	
11,70-19,50		alternanza di siltiti ed argilliti grigio scure, con livelli micacei	

Campagna geognostica 2011

La campagna geognostica effettuata nel 2011 ha compreso anche l'esecuzione di tre sondaggi a carotaggio continuo S1, S2, S3, spinti rispettivamente fino alle profondità di 30, 40 e 40m dal piano campagna. Le stratigrafie ricavate dai sondaggi sono le seguenti:

S1 - quota p.c. 51m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-1,20		terreno di riporto e/o rimaneggiato: sabbia limosa con elementi litoidi eterometrici, colore marrone giallastro scuro (10YR4/4)	1,60
1,20-4,15		sabbia e sabbia limosa con elementi litoidi (20% circa) arenacei molto alterati, colore marrone grigiastro (10YR5/2)	
4,15-16,30		sabbia e sabbia limosa con elementi litoidi da 25 a 150mm di diametro in percentuale dal 40 al 70% colore grigio scuro bluastro e grigio verdastro (5B4/1 e 5BG5/1); tra 8,70 e 9,10 colore grigio molto scuro (10YR3/2), presenza di s.o. poco decomposta alla profondità di circa 5,50m	
16,30-25,80		flysh molto alterato: alternanza di siltiti/argilliti scagliettate molto alterate e areniti fini alterate e fratturate di colore grigio verdastro	
25,80-30,00		arenarie fini e molto fini, fratturate, colori grigio scuro	

S2 - quota p.c. 45,50m.s.l.m

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-0,75		cementazione + terreno di riporto	
0,75-1,20		arenaria molto alterata, colore marrone	
1,20-4,80		alternanza di siltiti/argilliti fogliettate e livelli di calcare marnosoe arenaria molto fine (5cm di spessore medio), colore grigio scuro	
4,80-9,80		arenaria grossolana fratturata di colore grigio chiaro, presenza di fratture riempite con calcite spatica	
9,80-20,50		alternanza si siltiti/argilliti, arenarie fini e calcari marnosi (livelli di spessore medio 5.7cm), di colore grigio scuro	
20,50-22,30		arenarie fini, colore grigio scuro, fratturate con sottili livelli siltitici	
22,30-24,80		alternanza di arenarie fini (5-10cm) e siltiti/argilliti grigio scuro	
24,80-42,00		arenaria grossolana molto fratturata, colore grigio con rari inetrstrati di siltite (5-20cm di spessore)	

S3 - quota p.c. 45,60m.s.l.m.

PROFONDITA' m da p.c.		LITOLOGIA	FALDA m. da p.c.
0-1,20		riempimento: sabbia e laterizi	
1,20-2,30		terreno di riporto: sabbia limosa con laterizi e d elementi litoidi eterogenei	
2,30-5,10		limo argilloso, sabbia limosa e sabbia con elementi litoidi arenacei molto alterati, colore bruno olivastro chiaro (2,5Y5/6) e grigio bluastro (5PB4/1)	
5,10-5,90		marne molto alterate e fratturate di colore marrone	
5,90-16,00		siltiti/argilliti fogliettate ed alterate di colore grigio, con rare intercalazioni di arenarie fini (spessore medio 5cm) e calcare marnoso	
16,00-29,20		arenarie fini, colore grigio scuro, fratturate alternate a rare siltiti in livelli di 30-40cm di spessore	
29,20-42,50		arenaria grossolana grigio chiaro fratturata e mediamente alterata	

Considerazioni generali

Come si può osservare, nonostante le differenze descrittive dovute alla "mano" o alla sensibilità del logger, i sondaggi relativi alle quattro campagne geognostiche hanno messo in evidenza un quadro piuttosto chiaro della situazione stratigrafica locale.

Oltre al riporto, presente in modo discontinuo nell'ambito dell'area di progetto, sono stati identificati tre gruppi principali di litotipi, riferibili all'Unità Tettonica di M. Gottero (arG): "*depositi torbiditici in strati di spessore anche notevole che raggiungono talora i 7m (in media circa 3). La parte basale degli strati varia da grossolana a medio.fine, ma non sono rari i livelli basali microconglomeratici e le amalgamazioni. Il rapporto arenaria/pelite è superiore a 4. Frequenti i filoni sedimentari arenacei nella frazione pelitica degli strati più potenti. La litofiacies prevalente è essenzialmente areaceo-pelitica, subordinatamente pelitica (Età: Senoniano – Paleocene)*".

UNITA' LITOLOGICA	SPESSORE	DESCRIZIONE
copertura superficiale	2,8-16,30	Si tratta di materiale eterogeneo derivato sia dall'accumulo colluviale sia, nella porzione ad Est dell'area di progetto, da accumulo in conoide. Il materiale parentale è analogo (le arenarie del Gottero affiorano diffusamente sui rilievi a monte dell'area) e pertanto, indipendentemente dalle modalità di mesa in posto, la litologia dei materiali è analoga, come si evince dalle descrizioni. Nettamente predominante è una faces sabbioso-limosa debolmente argillosa con elementi litoidi arenacei molto alterati; in subordine sono presenti materiali in facies fine e medio-fine, sempre con elementi litoidi arenacei ed intervallati con la facies più grossolana.
flysh	6-10,9	questa unità è costituita principalmente da siltiti/argilliti grigie, fogliettate, da alterate a molto alterate, in cui sono a tratti intercalati sottili livelli di arenaria fine o marne, in entrambi i casi fratturate
arenaria	0,9-21,5	l'arenaria è stata rinvenuta in quasi tutti i sondaggi e sono state distinte due facies: una fine, spesso con intercalazioni siltitiche, ed una grossolana, in cui le intercalazioni siltitiche sono da rare a molto rare. Probabilmente nel primo caso si tratta di un membro delle siltiti, ma non ci sono gli elementi per verificare questa teoria. Le arenarie sono in genere molto fratturate e alterate.

Tab. III. Descrizione delle tre unità litostratigrafiche individuate nell'area di progetto

Nelle seguenti Tabelle IV-VI sono riportate, per ciascuna unità litologica individuata, le quote, in valore assoluto, del tetto e della base dello strato; è ovvio che per le unità di fondo foro la quota della base dello strato corrisponde alla quota di fondo foro. Ci sono alcuni casi "anomali" in quanto nella descrizione della stratigrafia sono stati accorpati delle unità litologiche senza specificare le quote. Le anomalie sono le seguenti:

- *Sondaggio S8/89*: è descritta un'alternanza di arenarie e argilliti ma non sono riportati gli spessori, per cui in questa sede è stato considerato un unico intervallo attribuito alle arenarie
- *Sondaggio S8/97*: analogamente al caso precedente è descritta un'alternanza tra arenarie e argiiliti/siltiti, ma non sono specificate le quote, per cui in questa sede è stato considerato un unico intervallo attribuito al flysh.

UNITA' LITOLOGICA **COPERTURA**		
SONDAGGIO	QUOTA TETTO	QUOTA BASE
S2/89	47	38,5
S5/89	46	34
S6/89	33	36
S7/89	50,50	44,50
S8/89	35	30
S6/97	39	34,40
S8/97	43,70	29,70
G1/01	47,30	36,50
S1/11	49,80	34,70
S2/11	--	--
S3/11	43,30	40,15

Tab. IV. Quota tetto e quota base della copertura superficiale

UNITA' LITOLOGICA **FLYSH**		
SONDAGGIO	QUOTA TETTO	QUOTA BASE
S2/89	38,5	15,00
S5/89	34	28,00
S6/89	43	36,00
	26	23,00
S7/89	35	24,00
S8/89	--	--
S6/97	34,40	24,00
S8/97	32	26,00
G1/01	40,1	32,30
S1/11	34,70	25,20
S2/11	44,30	40,70
	35,70	25,00
S3/11	40,5	29,60

Tab. V. Quota tetto e quota base dell'unità flysh

UNITA' LITOLOGICA **ARENARIA**		
SONDAGGIO	QUOTA TETTO	QUOTA BASE
S2/89	--	--
S5/89	28	16
S6/89	36	26
S7/89	44,50	35,00
	24	18
S8/89	30	11
S6/97	--	--
S8/97	--	--
G1/01	41	40,1
S1/11	25,20	21
S2/11	44,85	44,30
	40,70	35,70
	25	3,5
S3/11	29,60	3,1

Tab. VI. Quota tetto e quota base dell'unità arenaria

Nelle seguenti Figure 8-10 sono riportati graficamente gli andamenti, in quote assolute, del tetto e della base delle tre unità litostratigrafiche individuate al fine di individuare eventuali trend statistici nella distribuzione dei litotipi con la profondità. Nel caso della copertura, il tetto dello strato è naturalmente rappresentato dal piano campagna.

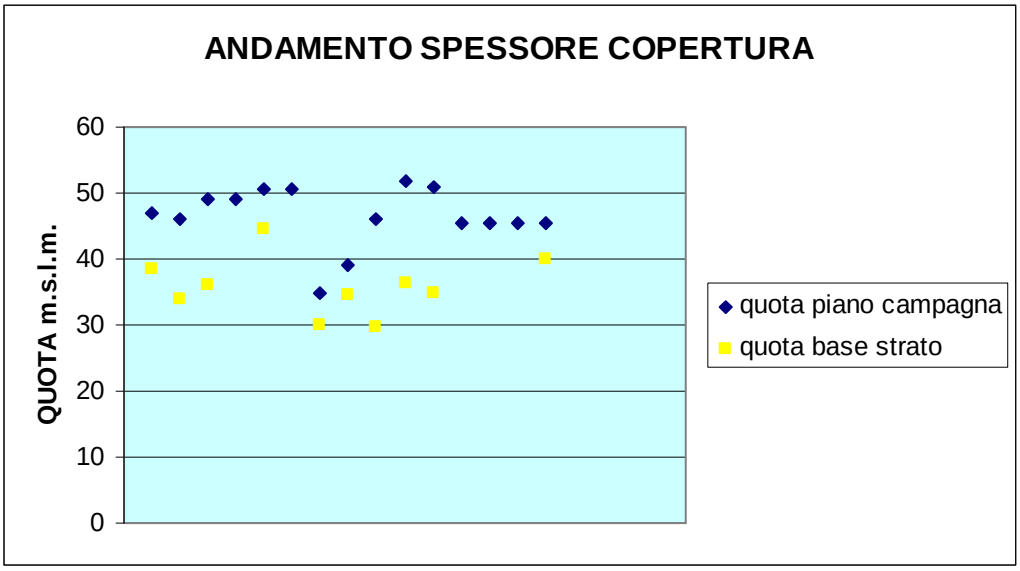


Fig. 8. Andamento altimetrico della base dello strato di copertura superficiale

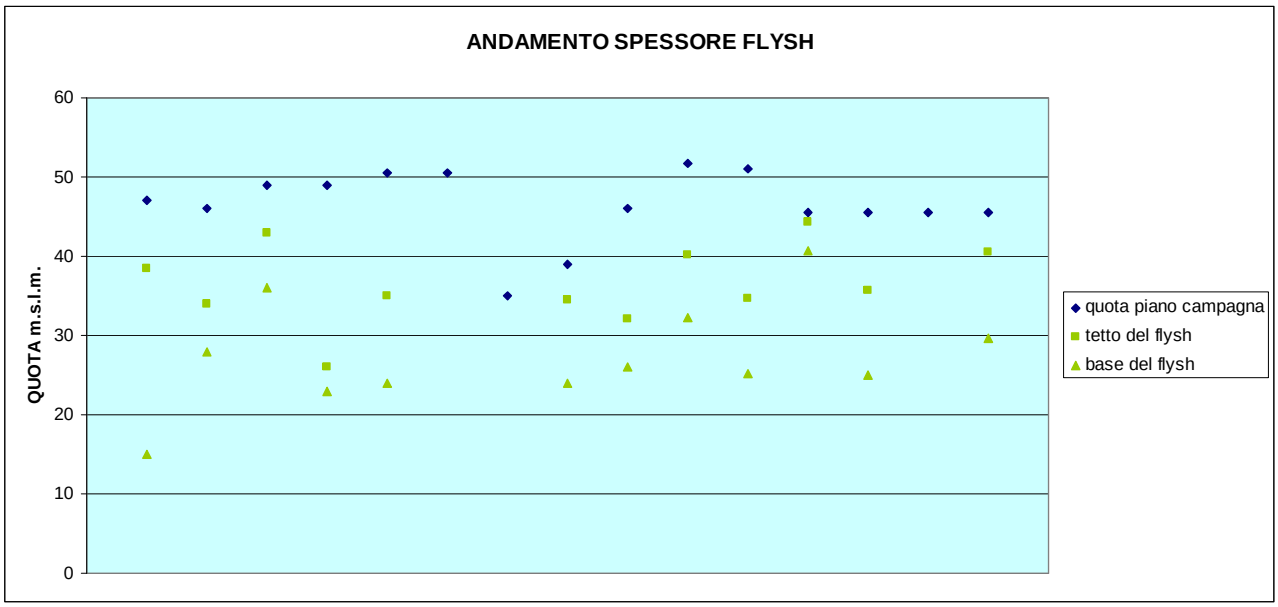


Fig. 9. Andamento altimetrico del tetto e della base dell'unità litostratigrafica Flysh

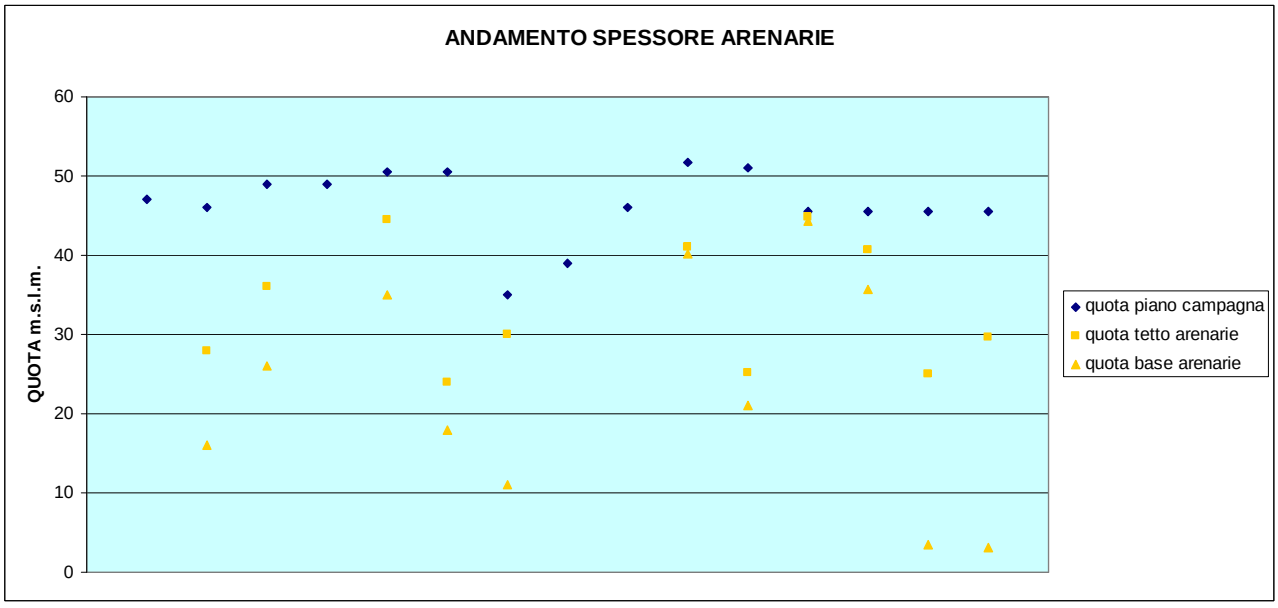


Fig. 10. Andamento spessore arenarie

La Fig. 8, relativa all'andamento dello spessore della copertura superficiale, mostra una certa variabilità dello spessore della coltre, con massimi in corrispondenza delle aree il cui piano campagna si trova a quota più elevata. La base dello strato, indipendentemente dalla quota altimetrica del piano campagna si trova invece in massima parte collocata entro un intervallo di profondità compreso tra i 30 ed i 40m.s.l.m.

Per quanto concerne l'unità litostratigrafica denominata flysh, la Fig. 9 mostra che il flysh, con spessori compresi tra 6 e 10m, è collocato quasi sempre nell'intervallo di profondità compreso tra i 22 ed i 40m.s.l.m., talvolta anche in più strati in alternanza con le arenarie.
Le arenarie, come mostrato dalla Fig. 10 sono presenti in tutto l'intervallo di profondità considerato. E' possibile fare una distinzione in base agli spessori: gli strati meno potenti si trovano mediamente tra i 30 ed i 50m.s.l.m., mentre gli strati più importanti si trovano a partire da 30m.s.l.m.

Sismica a rifrazione

Come già accennato, la campagna geognostica ha compreso la realizzazione di indagini geofisiche mediante stendimenti di sismica a rifrazione. Sono stati realizzati sei stendimenti di sismica a rifrazione, ubicati come da planimetria allegata.
L'elaborazione dei dati sismici ha fornito indicazioni quali-quantitative circa la stratigrafia nell'area di intervento.
Si distinguono due zone: la zona destinata a parcheggio, ad Est dell'Ospedale e la Zona ospedaliera in senso stretto.
Zona destinata a parcheggio. I tre stendimenti (ST1, ST2, ST3) mostrano, al di sotto di una coltre di terreno agrario (2m di spessore massimo), un accumulo di materiale a bassa velocità con spessori compresi tra 4 e 9m circa ed attribuibile ai depositi alluvionali di conoide; alla base, con un passaggio netto di velocità, è presente il substrato in posto (cfr. sezioni sismostratigrafiche in allegato).
Zona Ospedaliera. Nella zona ospedaliera, molto interessanti sono le sezioni sismostratigrafiche ST4 e ST5, realizzate in corrispondenza del fronte dell'ospedale lungo la viabilità che passa in fregio al medesimo. Le due stese hanno messo in evidenza la presenza di un notevole spessore di materiale a bassa velocità. Si tratta con grande probabilità di materiale in parte originale (eluvio-colluviale, nella parte bassa, al contatto con il substrato) ed in parte di materiale riportato in occasione della realizzazione dell'ospedale stesso: Si ricordi che l'area a verde di fronte all'ospedale è caratterizzata dalla presenza di terrapieni sostenuti da muri a retta, con le opere più imponenti a sostegno delle curve della strada nella parte EST dell'area. L'elevato spessore di materiale a bassa velocità rilevato dall'indagine sismica impone ulteriori verifiche puntuali finalizzate a definire la natura dei materiali sia dal punto di vista litologico sia dal punto di vista geotecnico. In tal modo sarà anche possibile determinare se i riporti sono stati effettuati con il solo materiale proveniente dagli sbancamenti o se è stato utilizzato anche materiale proveniente da aree di approvigionamento esterne.

Lo stendimento ST6, realizzato a tergo del fabbricato, conferma i dati stratigrafici dei sondaggi di riferimento, ovvero la presenza di circa 5-6m di materiale di copertura poggiante sul litotipo in posto.

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica dei terreni deriva sia dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni, sia sulla elaborazione dei dati relativi alle prove in situ (SPT) eseguite nel corso della perforazione. In considerazione dei dati analitici disponibili, la caratterizzazione qui di seguito proposta deve intendersi a carattere preliminare e dunque un primo stadio di approfondimento che supporta la progettazione preliminare delle opere. Sulla base di quanto emerso da questo stadio di caratterizzazione e sulla base delle esigenze della progettazione si procederà, ove necessario, ad integrare e/o implementare i dati geotecnici con indagini mirate da eseguirsi a supporto della progettazione definitiva.

Prove SPT

Allo scopo di determinare eventuali tendenze dell'andamento del valore di SPT con la profondità, sono stati presi tutti i valori di SPT disponibili, ovvero quelli delle campagne pregresse e quelli della campagna del 2011 e sono stati graficati in finzione della profondità.

In Tab. VII sono riportati i valori di NSPT utilizzati, la profondità di prova ed il litotipo in cui la prova è stata effettuata

SONDAGGIO	PROFONDITA' DA P.C. m	NSPT	LITOLOGIA
S1/89	3,50	38	copertura
	4,50	25-R	copertura
	10,00	40-R	argilliti
	14,50	42-R	argilliti
S2/89	4,00	23	copertura
	5,5	33	copertura
	10,00	25-R	argilliti
	14,00	45-R	argilliti
S3/89	2,75	35	copertura
S4/89	2,50	53-R	copertura
	6,50	75	copertura
	12,00	8	copertura
S5/89	4,50	24	copertura
	6,00	61	copertura
	10,00	28	copertura
	15,00	R	argilliti
S6/89	2,00	27	copertura

SONDAGGIO	PROFONDITA' DA P.C. m	NSPT	LITOLOGIA
	6,00	47	argilliti
	9,00	67	argilliti
	12,50	67-R	argilliti
S7/89	2,50	16	copertura
	4,80	66	copertura
	11,00	11-R	argilliti
S8/89	2,00	10	copertura
	6,50	50-R	copertura
	8,00	R	copertura
S1/97	2,50	36	copertura
	5,80	30	copertura
	8,50	81	argilliti
	11,00	98	argilliti
	14,00	R	argilliti
S2/97	3,00	27	copertura
	4,70	86	copertura
	6,00	85	argilliti
	9,00	R	argilliti
S3/97	1,50	23	copertura
	3,20	R	copertura
	5,00	40	copertura
	7,30	96	copertura
	12,50	54	copertura
	15,00	R	argilliti
S4/97	2,70	33	copertura
	4,00	64	copertura
	6,6	35	copertura
	10,50	64	copertura
	13,50	72	copertura
	20,00	98	argilliti
	24,50	50	argilliti
S5/97	3,60	44	copertura
	6,00	74	copertura
	9,00	87	copertura
S6/97	2,00	84	copertura
	4,00	21	copertura
	6,20	97	copertura
S7/97	2,60	47	copertura
	4,30	50-R	copertura
	6,70	53	copertura
	8,50	50-R	copertura
	12,00	R	copertura
S8/97	3,00	50-R	copertura
	4,20	50-R	copertura
	6,00	91	copertura
	8,00	50	copertura
	13,00	49	copertura
	15,00	67	argilliti
G1/01	5,50	29	copertura
	9,00	26-R	copertura

SONDAGGIO	PROFONDITA' DA P.C. m	NSPT	LITOLOGIA
G2/01	4,00	50-R	copertura
	6,80	93	argilliti
G3/01	1,00	29	copertura
	3,00	18	copertura
	6,00	65-R	argilliti
G4/01	1,60	18	copertura
	4,00	81	copertura
	5,50	60-R	copertura
S1/11	3,50	77	copertura
	6,00	74	copertura
	9,00	75	copertura
	12,00	72	copertura
	15,00	67	copertura
S2/11	3,00	38-R	argilliti
	11,50	36-R	argilliti
	15,50	34-R	argilliti
S3/11	3,50	31	copertura
	6,00	60	argilliti
	9,00	70	argilliti
	12,00	36-R	argilliti
	15,00	32-R	argilliti

Tab. VII. Valori di SPT relativi a tutti i sondaggi di tutte le campagne geognostiche.

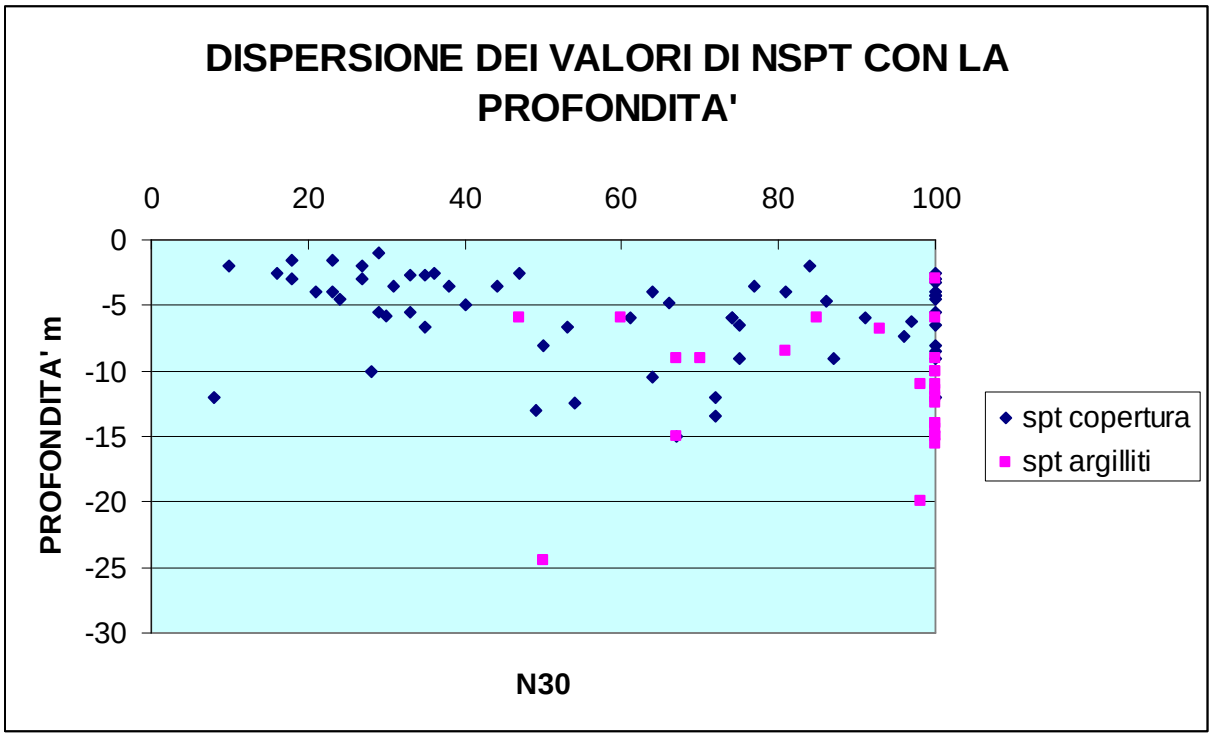


Fig. 11. Dispersione dei valori di SPT con la profondità

In Fig. 11 è riportato il grafico della dispersione dei valori di SPT con la profondità in cui sono state distinte le prove effettuate nella copertura (blu) e le prove effettuate nelle argilliti (fucsia). Per convenzione le prove andate a rifiuto sono state riportate con il valore NSPT=100. Dal grafico si ricavano le seguenti informazioni:

- le argilliti sono caratterizzate da un elevato numero di prove andate a rifiuto indipendentemente dalla profondità, ad indicare in generale una elevata consistenza dei materiali; le prove non andate a rifiuto, effettuate probabilmente in situazione di alterazione o di elevata fratturazione, sono comunque comprese tra NSPT=45 e NSPT=98 valori, questi, sempre riferibili a materiali consistenti o molto consistenti; non è evidente una dipendenza tra NSPT e profondità.
- la distribuzione delle numerose prove effettuate nella copertura (si ricorda che nel termine sono ricompresi sia i materiali di conoide sia gli accumuli colluviali) mostrano una estrema variabilità dei valori, a testimonianza dell'eterogeneità dei materali stessi; è osservabile una debole tendenza all'aumento di NSPT con la profondità, ma questa interpretazione potrebbe risultare fuorviante visto l'elevato numero di prove che si discosta da questa tendenza (basto osservare che tra 0 e 5m di profondità NSPT varia tra <10 ed il rifiuto).

Il quadro che deriva dall'esame della distribuzione delle SPT è il seguente:

Copertura. Si tratta evidentemente di materiale eterogeneo, prevalentemente incoerente costituito da una matrice sabbioso-limosa inglobante elementi litoidi arenacei eterometrici e molto alterati, l'estremo intervallo di variazione dei valori di SPT in questi materiali è dovuto essenzialmente a due fattori: le modalità di messa in posto e la presenza dello scheletro litoide. Nel primo caso si ricorda che i materiali sono di origine recente, e la messa in posto avviene sia per gravità sia per trasporto da parte delle acque o per combinazione di tutti e due i fattori. Ne deriva che la distribuzione della densità apparente è casuale e dipendente dalle condizioni verificatesi al contorno al momento della deposizione. Nel secondo caso la distribuzione non omogenea dello scheletro litoide all'interno dei materiali della coltre può essere la causa di numerosi "picchi" dei valori di SPT nonché dei rifiuti.

Flysh. Si tratta di materiale da molto consistente ad estremamente consistente nello spessore indagato, corrispondente, in quanto più superficiale, alla porzione più alterata. Le correlazioni per i parametri geotecnici su questi terreni hanno significato nullo.

Dalle prove SPT è possibile, tramite note correlazioni, ricavare i valori dei principali parametri geotecnici per i materiali della coltre. Nei materiali di coltre sono stati prelevati dei campioni rimaneggiati sui quali sono state effettuate delle prove di laboratorio per la determinazione, tra l'altro, dei parametri di resistenza. Appare immediatamente evidente che i risultati delle prove non tengono conto della presenza dello scheletro litoide, peraltro abbondante, che indubbiamente contribuisce ad incrementare i valori di reistenza al taglio a livello della massa dei materiali stessi.
Per tale ragione è stata effettuata una elaborazione dei dati penetrometrici con il software DYNAMIC 2010 di GEOSTRU, che attraverso l'uso ottimale di note correlazioni (cfr. Allegati), consente di ricavare i principali parametri geotecnici dei materiali.
L'elaborazione è stata effettuata solo sulle prove relative alla coltre superficiale nei sondaggi di riferimento individuati nel par. 7 ed in quelli della campagna 2011 (cfr. Tab. VIII); sono state escluse le prove andate a rifiuto.

SONDAGGIO	PROFONDITA' DA P.C. m	NSPT	LITOLOGIA
S2/89	4,00	23	copertura
	5,5	33	copertura
S5/89	4,50	24	copertura
	6,00	61	copertura
	10,00	28	copertura
S6/89	2,00	27	copertura
S7/89	2,50	16	copertura
	4,80	66	copertura
S8/89	2,00	10	copertura
S6/97	2,00	84	copertura
	4,00	21	copertura
	6,20	97	copertura
S7/97	2,60	47	copertura
	6,70	53	copertura
S8/97	6,00	91	copertura
	8,00	50	copertura
	13,00	49	copertura
G1/01	5,50	29	copertura
S1/11	3,50	77	copertura
	6,00	74	copertura
	9,00	75	copertura
	12,00	72	copertura
	15,00	67	copertura
S3/11	3,50	31	copertura

Tab. VIII. Prove elaborate con Dynamic 2010

In considerazione della distribuzione "casuale" dei valori di SPT e dell'ampio intervallo di variazione degli stessi, anche i parametri geotecnici derivati dalle elaborazioni mostrano un andamento piuttosto disperso in funzione della profondità.

Nelle seguenti Figg. 12-14 sono riportati i calori della densità relativa, dell'angolo di attrito e del peso di volume in funzione della profondità

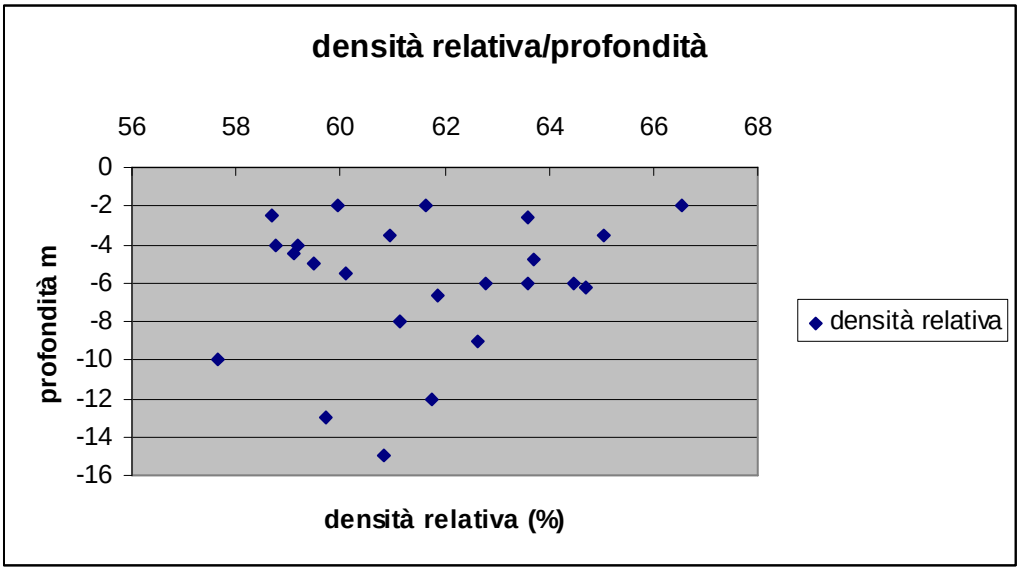


Fig. 12. Densità relativa in funzione della profondità

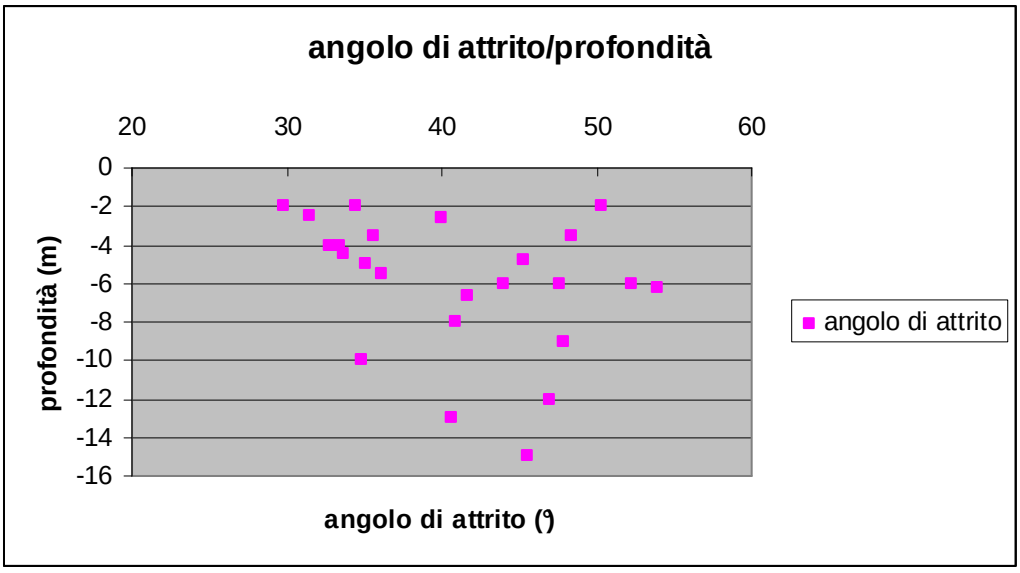


Fig. 13. Angolo di attrito in funzione della profondità

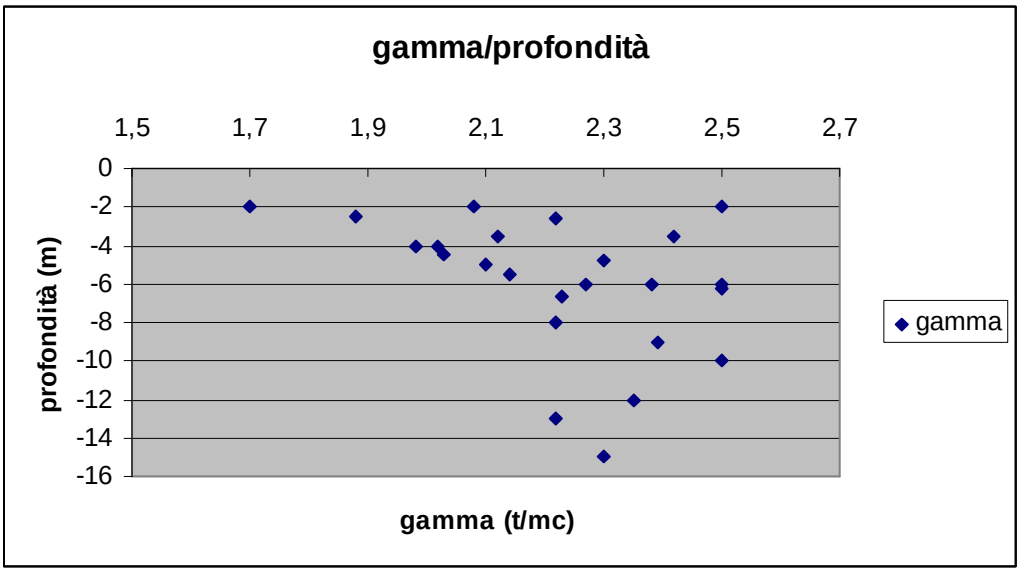


Fig. 14. Peso di volume in funzione della profondità

Come si può osservare, i tre grafici, essendo derivati da elaborazioni in funzione di NSPT, mostrano andamenti analoghi.

Per quanto concerne la densità relativa, non è rilevabile una tendenza in funzione della profondità: i dati sono piuttosto dispersi avvalorando l'ipotesi di sedimenti giovani messi in posto con modalità omogenee nella tipologia ma non nelle condizioni di deposizione. I valori di densità relativa risultano però concentrati entro un intervallo piuttosto ristretto, tra 57,63% e 66,54% nonostante la dispersione dei dati.

I valori di angolo di attrito sono molto dispersi sia come valori sia in funzione della profondità. L'angolo di attrito varia tra 29,78 e 53,95° ma la maggior parte dei valori è compresa tra 33 e 45° circa. Non è individuabile un a tendenza in funzione della profondità.

Il peso di volume, i cui valori sono probabilmente sovrastimati nella maggior parte dei casi, mostra una debole tendenza all'aumento con la profondità, con la maggior parte dei valori compresi tra 2,0 e 2,3t/mc.

Nella seguente Tabella IX vengono riportati i valori dei principali parametri geotecnici della coltre di copertura, così come derivati dalla elabotazione dei dati delle SPT con il software DYNAMIC 2010. Per ogni parametro viene indicato il valore massimo, il valore minimo ed il valore medio ricavato dalla semplice media aritmetica di tutti i valori registrati.

UNITA' LITOSTRATIGRAFICA	SPESSORE m		Dr %	φ °	Ey kg/cmq	Eed kg/cmq	γ t/mc	μ
Copertura superficiale	2,8-16,30	min	57,63	29,78	194,57	177,27	1,7	0,17
		max	66,54	53,95	1145,2	910,38	2,5	0,34
		med	61,58	40,94	633,91	516,08	2,22	0,26

Dr=densità relativa, φ=angolo di attrito interno, Ey=modulo di Young, Eed=modulo edometrico, γ=peso di volume, μ=Poisson
Tab. IX. Valori dei principali parametri geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT

RQD

Nel corso della campagna di indagini sono state altresì effettuate delle misure di RQD (Rock Quality Designation) laddove le condizioni della carota lo consentivano. Le misure sono state effettuate sul litotipo arenaceo, in quanto l'unico a presentare le caratteristiche tali da consentire alcune misure. Il litotipo in questione è interessato da un elevato grado di fratturazione, e, in particolare, sono state identificate due famiglie di fratture principali: una parallela alla direzione di perforazione ed una ad essa obliqua. La combinazione di queste due discontinuità (spesso combinate con altre minori) hanno prodotto carote molto sblocchettate sulle quali è stato piuttosto complesso reperire degli intervalli sui quali effettuare misure di RQD (cfr. Figg. 15-16).

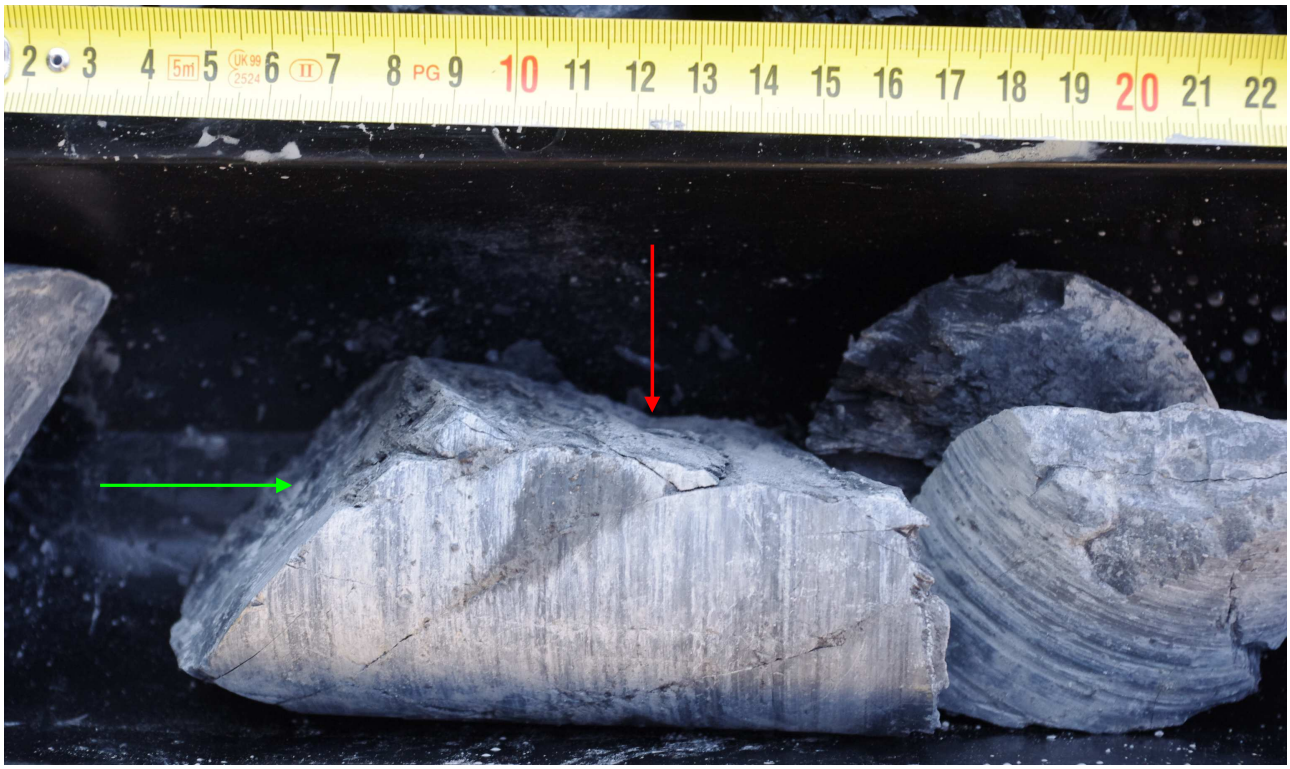


Fig. 15. La freccia rossa indica il piano di fratturazione parallelo alla direzione di perforazione, la freccia verde indica il piano di fratturazione obliquo.



Fig. 16. Effetti della discontinuità parallela alla direzione di perforazione

Nella seguente Tabella X sono riportate le misure di RQD

N. SONDAGGIO	PROFONDITA' DI INIZIO MISURA m	LUNGHEZZA TRATTO DI MISURA cm	LUNGHEZZA SINGOLI SPEZZONI cm	RQD %
S1	25,80	380	15, 11, 10, 12	12,6
S2	4,80	500	11, 16, 11, 12, 11, 11	14,4
	20,50	180	14, 16, 12, 17	33
	25,00	700	12, 12, 21, 12, 17, 17, 11, 11	16,14
S3	16,00	200	13, 11	12
	18,00	200	13, 12, 12, 21	29
	20,00	400	24, 18, 17, 26, 15, 20, 16, 19, 15, 11, 20	50,25
	24,00	400	14, 12, 20, 13	14,75

Tab. X. Valori di RQD misurati in vari tratti

Come si può osservare, i valori di RQD misurati confermano con dati oggettivi le osservazioni effettuate durante la descrizione delle carote.

In base alle definizioni di cui alla Tab. XI, risulta evidente che la qualità del materiale in funzione di RQD va da bassa a molto bassa con una netta predominanza dei valori <25%

QUALITA' DEL MATERIALE IN FUNZIONE DI RQD	
Qualità	**%**
Eccellente	90-100
Buona	75-90
Media	50-75
Bassa	25-50
Molto bassa	< 25

Tab. XI. Qualità del materiale in funzione di RQD

Dati di laboratorio

Copertura superficiale/terre

Le caratteristiche litologiche dei terreni della copertura superficiale erano tali da non consentire il campionamento indisturbato con fustella: la presenza di elementi litoidi anche di grandi dimensioni ha impedito di fatto il campionamento. Sono stati pertanto prelevati dei campioni rimaneggiati sui quali sono state effettuate le prove di laboratorio elencate in Tab. II.

Nella seguente Tab. XII sono riportati i parametri geotecnici derivati dalle prove di laboratorio

SONDAGGIO	**S1**			**S3**	
CAMPIONE	**C1**	**C2**	**C3**	**C1**	**C1bis**
PROFONDITA'	**3,5-3,7**	**5,5-6,0**	**10,5-11,0**	**3,0-3,3**	**10,0-10,5**
Gs (kN/m^3)	26,50	26,24	26,53	26,84	27,46
γ (kN/m^3)	19,9	18,9	20,1	20,1	22,0
w (%)	23,04	21,52	12,05	20,37	8,95
Sr (%)	97,42	82,92	78,31	76,40	75,56
e (%)	0,640	0,673	0,516	0,838	0,378
A (%)	17,1	11,9	6,8	33,8	13,2
L (%)	27,7	29,6	19,6	38,5	24,3
S (%)	46,3	54,5	49,5	25,6	49
G (%)	9	4,1	24,1	2,1	13,5
φ' (°)	--	37,3	35,6	19,9	22,7
c' (kPa)	--	0	0,3	5,4	33,2
LL (%)	31,2	23,8	22,2	40,4	21,4
LP (%)	21,9	17,1	16,5	24,5	15,3
IP	9,4	6,7	5,7	16	6,1

Tab. XII. Parametri geotecnici da prove di laboratorio. Gs=peso specifico dei grani; γ=peso di volume; w=contenuto naturale di umidità; Sr=grado di saturazione; e=indice dei vuoti; A=argilla; L=limo; S=sabbia; G=ghiaia; φ'=angolo di attrito efficace; c'=coesione efficace;.

I dati di laboratorio confermano che, salvo un'eccezione (S3C1) il materiale che compone la matrice del terreno di copertura è prevalentemente incoerente, non plastico, e la frazione argillosa è scarsamente rappresentata.

Si fa notare che il campione S3C1bis è stato prelevato non proprio nella copertura superficiale, ma nelle siltiti alterate immediatamente sottostanti. In tal modo è stato possibile ottenere di valori di laboratorio di tali materiali che sono presenti in tutta l'area di progetto.

Roccia

Le caratteristiche dei materiali hanno reso piuttosto difficoltosa l'esecuzione delle prove di laboratorio sui campioni di roccia: l'elevato grado di fratturazione, l'alterazione dei litotipi argillitici e la non omogeneità del campione hanno posto dei seri limiti alla parte sperimentale.

Su molti dei campioni prelevati, scelti, tra l'altro, tra gli spezzoni di qualità migliore, sono state effettuate solo delle prove sclerometriche, mentre solo in due casi è stato possibile fare delle misure di point load e delle campressioni uniassiali con misura del modulo elastico tangente.

Nella sottostante Tabella XIII sono riportati i risultati delle prove di laboratorio:

Campione	Profondità	peso di volume γ kN/mc	sclerometro	point load σ a rottura MPa	resistenza alla compressione uniassiale MPa	modulo elastico tangente iniziale MPa
S2C1	20,5-20,8		siltite 12,7 arenaria 30			
S2C2	27,1-27,3		argillite 0 arenaria 33			
S2C3	28,0-28,2		arenaria 38			
S3C2 provino A	21,2-21,5	27,0			22,0	4784
S3C2 provino B		27,2		6,2		
S3C2 provino C		27,1		6,4		
S3C3A	21,5-21,7		argillite 0			
S3C3B	23,0-23,3		argillite 0 arenaria 33			

Tab. XIII. Prove di laboratorio su roccia

Risulta evidente che per l'unità stratigrafica definita "Flysh" non si dispone di dati analitici per la caratterizzazione dei materiali. La caratterizzazione quantitativa di detti materiali può essere fatta utilizzando il software Roclab 1.0, che partendo da un input di dati qualitativi basati sull'osservazione del litotipo consente di ricavare una stima sufficientemente accurata dei principali parametri geotecnici dell'ammasso. Qui di seguito si propone l'elaborazione effettuata.

Materiale Flysh

Hoek Brown Classification

sigci	3	MPa
GSI	10	
mi	7	
D	0	
Ei	750	

Hoek Brown Criterion

mb	0.281288
s	4.53999e-005
a	0.585357

Failure Envelope Range

Application	General	
sig3max	0.75	MPa

Mohr-Coulomb Fit

c	0.0490127	MPa
phi	15.4208	degrees

Rock Mass Parameters

sigt	-0.0004842	MPa
sigc	0.00860887	MPa
sigcm	0.128725	MPa
Erm	22.8779	MPa

Legenda: *sigci=resistenza alla compressione semplice della roccia intatta (valore medio); GSI=Geological Strength Index; D=disturbo, Ei=modulo intatto (stimato); mi=fattore calcolato sulla base di GSI; mb, s, a, =fattori calcolati sulla base di GSI; c=coesione riferita all'ammasso; phi=angolo di attrito riferito all'ammasso; sigt=resistenza alla trazione riferita all'ammasso; sigcm=resistenza alla compressione semplice riferita all'ammasso; sigcm=resistenza globale dell'ammasso; Erm=modulo di deformazione dell'ammasso;*

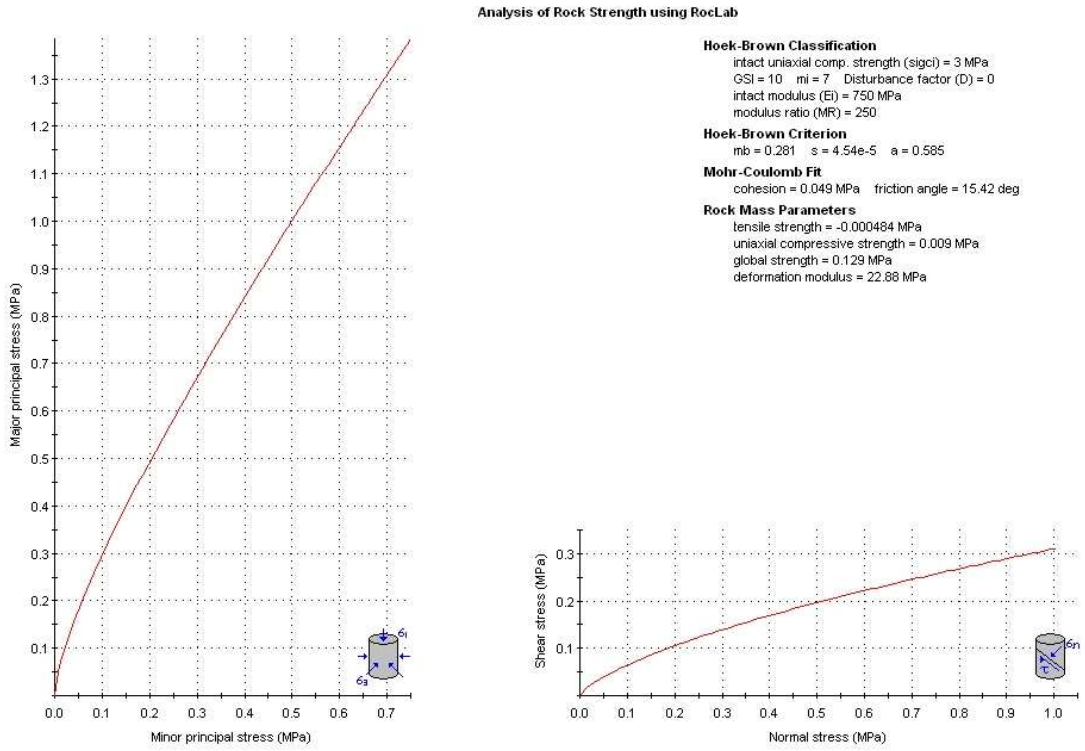




Fig. 17. Elemento del flysh: si possono notare le condizioni del materiale

Per quanto concerne il materiale arenaria, i dati di laboratorio si riferiscono alla roccia intatta, ma per un utilizzo progettuale devono essere trasformati in dati riferiti all'ammasso roccioso. Sempre utilizzando il software Roclab 1.0 ma inserendo come valori di input i parametri derivati dalle prove di laboratorio unitamente alla descrizione del litotipo così come derivata dall'osservazione delle carote stratigrafiche. Qui di seguito sono riportati i risultati delle elaborazioni:

Materiale arenaria

Hoek Brown Classification

sigci	22	MPa
GSI	55	
mi	17	
D	0	
Ei	6050	

Hoek Brown Criterion

mb	3.40781	
s	0.00673795	
a	0.504048	

Failure Envelope Range

Application	General	
sig3max	5.5	MPa

Mohr-Coulomb Fit

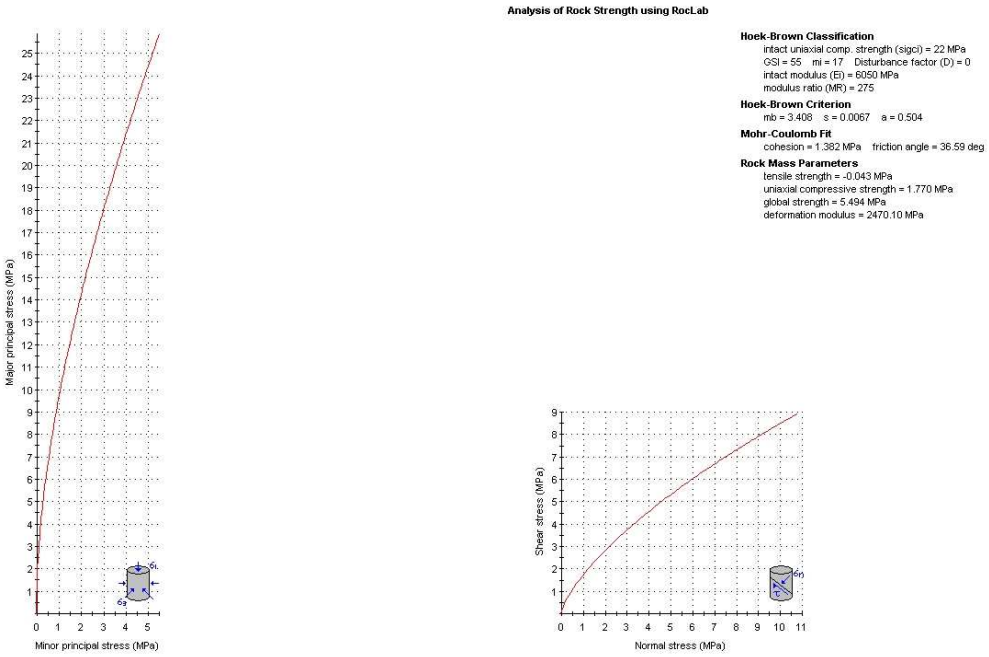
c	1.382	MPa
phi	36.5884	degrees

Rock Mass Parameters

sigt	-0.0434985	MPa

sigc	1.76969	MPa
sigcm	5.49422	MPa
Erm	2470.1	MPa

Legenda: *sigci=resistenza alla compressione semplice della roccia intatta (valore medio); GSI=Geological Strength Index; D=disturbo, Ei=modulo intatto (stimato); mi=fattore calcolato sulla base di GSI; mb, s, a, =fattori calcolati sulla base di GSI; c=coesione riferita all'ammasso; phi=angolo di attrito riferito all'ammasso; sigt=resistenza alla trazione riferita all'ammasso; sigcm=resistenza alla compressione semplice riferita all'ammasso; sigcm=resistenza globale dell'ammasso; Erm=modulo di deformazione dell'ammasso;*



Discretizzazione dati

Ai fini progettuali, in base alle risultanze delle prove di laboratorio, viene qui di seguito proposta una discretizzazione dei dati geotecnici per ciascuna delle tre unità litologiche individuate. Per quanto riguarda la copertura, è stato considerato un comportamento prevalentemente incoerente; il valore dell'angolo di attrito e del peso di volume derivano dalla media dei valori ottenuti dalle prove di laboratorio e dalla elaborazione delle prove SPT; gli altri parametri derivano dalle prove SPT.

Per quanto concerne il Flysh, per la parte in alterazione sono considerati i valori della prova di laboratorio (campione S3C1bis), mentre per l'ammasso vengono considerati i valori derivati da Roclab. Analogamente per le arenarie vengono considerati i valori relativi all'ammasso, derivati da Roclab utilizzando i parametri di laboratorio.

UNITA'	γ kN/mc	Dr %	φ °	c' MPa	φ'	Eed MPa	Ey Mpa	sigt MPa	sigc MPa	Erm MPa
Copertura	20,2	61,58	37,9			50,61	62,16			
Flysh alterato	22			0,0332	22,7					
Flysh ammasso	24			0.049013	15.421			-0.000484	0.0086089	22.8779
Arenaria	27			1.382	36.5884		4784	-0.043498	1.7697	2470.1

Legenda: *γ=peso di volume; Dr=densità relativa; φ=angolo di attrito (terreni incoerenti); c'=coesione efficace (per le rocce è riferita all'ammasso), φ'=angolo di attrito efficace (per le rocce è riferito all'ammasso); Eed=modulo edometrico, Ey= modulo di young; sigt=resistenza alla trazione riferita all'ammasso; sigcm=resistenza alla compressione semplice riferita all'ammasso;; Erm=modulo di deformazione dell'ammasso;*

Per i parametri dinamici si rimanda alle elaborazioni delle prove DOWNHOLE riportate in allegato.

9. SISMICITÀ

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003). Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto nazionale di geologia e vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR. n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul BURL n. 47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria.

Secondo la suddetta classificazione il comune di La Spezia ricade in zona 3 sottozona 3A con ag max = 0.150g (bassa pericolosità).

Recentemente è stata approvata la nuova classificazione sismica con D.G.R. 19/11/10, n. 1362, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria (B.U.R.L.) n. 50 del 15/12/10, parte II, che ha sostituito la precedente di cui alla D.G.R. 24/10/08, n. 1308, in cui il Comune di La Spezia è stato classificato in **zona sismica 3**.

Macrosismicità

L'area in cui è inserito l'intervento di progetto è inquadrata tra una fascia ad alta sismicità che va dalla Garfagnana all'alta Val Taro e una zona a macrosismicità praticamente assente che comprende tutto il margine tirrenico dell'Appennino ligure tra Lerici e Portofino (Fig. 18).

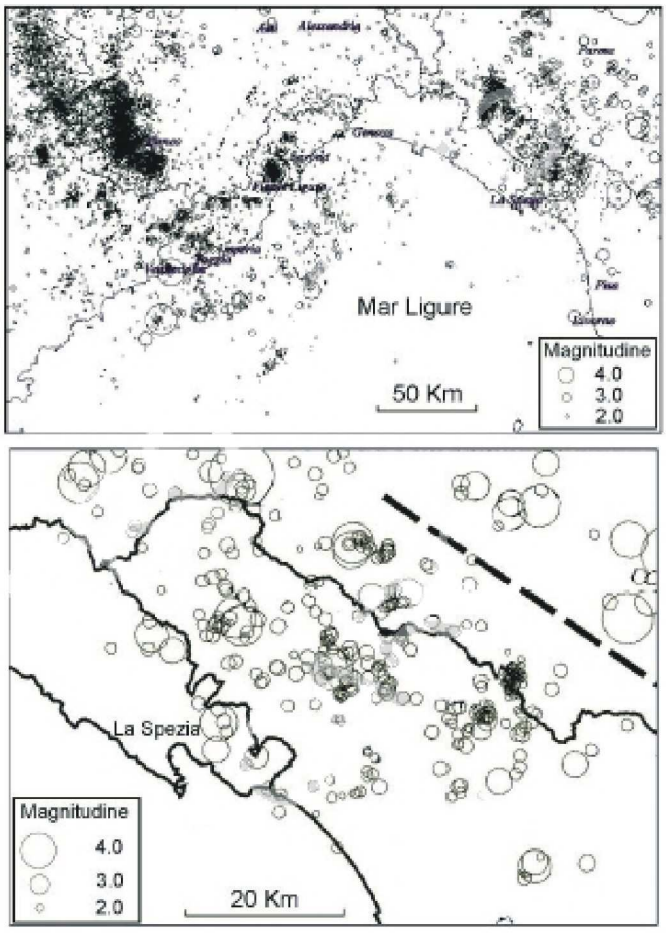


Fig. 18. Epicentri e magnitudo dei sismi registrati nel Mar Ligure e delle aree di catena circostanti (1982-1997, DA Eva et alii, 2001). In basso è riporta la sismicità delle aree circostanti (da Ferretti et alii, 2002, modificato). La linea tratteggiata rappresenta il limite tradizionale tra zone in distensione e in compressione (estratto da Note Illustrative del Foglio 248 – La Spezia).

È ovviamente interessata dagli effetti dei terremoti garfagnini, ma è essa stessa sede di ipocentri di fenomeni a bassa magnitudo, localizzati in Val Magra e nei dintorni di La Spezia. A mare eventi relativamente rari e di scarsa energia separano i due semi-*graben* del golfo e del Magra dalla parte più depressa del Bacino di Viareggio. Queste considerazioni sono basate su dati di catalogo rilevati dal 1882 al 1997 il cui margine di incertezza, quanto a ubicazione degli epicentri è troppo elevato per la taratura di un modello neotettonico. La sismicità strumentale degli ultimi anni (1999-2001) mostra un considerevole addensamento di attività a bassa magnitudo lungo la bassa Val Magra e lungo una struttura traversale che limita la zona attiva verso S e verso mare.

Risposta sismica locale

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" la stima della pericolosità viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".
L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Secondo il D.M. 14 gennaio 2008 "**Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni**", *la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa* ***ag***, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Ai fini della suddetta normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag accelerazione orizzontale massima al sito
Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T*c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di ag, F e TC necessari per la determinazione delle azioni sismiche di riferimento. Nella Relazione di Progetto saranno indicati periodo di riferimento, coordinate del sito, vita nominale, tipo di costruzione TR, PVr etc. nonché sarà definita l'azione sismica del sito.

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. XIV).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m s e 800 m s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m s e 360 m s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

Tabella XIV – Categorie di sottosuolo

In funzione della categoria di sottosuolo del sito in esame è possibile poi determinare attraverso la Tabella XV le espressioni per il calcolo di Ss e di CC.

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

Tab. XV

Come accennato in premessa, la campagna geognostica ha compreso anche l'esecuzione di due prospezioni sismiche downhole dalla elaborazione delle quale è derivato che il valore del parametro Vs30, calcolato secondo la relazione:

$$Vs30 = 30 / \Sigma i=1,N\ (hi/Vi)$$

dove *hi* è lo spessore dello strato *i*-esimo e *Vi* è la velocità in m/s dello strato *i*-esimo. Le prove effettuate nei sondaggi S2 ed S3 hanno fornito i seguenti risultati:

- S2 Vs30 da p.c. 797m/s
  Vs30 da -10m da p.c. 785m/s,
- S3 Vs30 da p.c. 504m/s
  Vs30 da-7m da p.c. 765m/s

In tutti i casi il valore di Vs30 ricade in quelli cha caratterizzano i terreni di **categoria B.**

Anche l'elaborazione delle prove di sismica a rifrazione mediante la metodologia MASW ha dato i seguenti risultati, tutti congruenti con le prove downhole:

ST1 Vs30 527m/s Cat. B
ST2 Vs30 513m/s Cat. B
ST3 Vs30 528m/s Cat. B
ST4 Vs30 477m/s Cat. B
ST5 Vs30 493m/s Cat. B
ST6 Vs30 680m/s Cat. B

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. XVI):

Categoria	Descrizione
T1	**Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°**
T2	Pendii con inclinazione media i>15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15≤i≤30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i>30°

Tabella XVI – Categorie topografiche

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. XVII, in funzione delle

categorie topografiche definite nella tabella precedente e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	St
T1	pianeggiante o poco inclinato	1,00
T2	pendii con inclinazione i>15°	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media ta 15°e 30°	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione superiore a 30°	1,40

Tabella XVII – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Nel caso in esame, in relazione all'orografia e morfologia del sito si ricade in categoria T1 cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica **St=1,0.** Il coefficiente Ss nell'area in studio è pari a

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,20	1,20	1,20	1,18

In questa fase di progetto preliminare non viene effettuata l'analisi della risposta sismica locale; tale analisi è demandata alla fase di progetto definitivo.

10. NOTE CONCLUSIVE

Sulla base degli studi effettuati, dei rilievi, delle prove in situ e di laboratorio vengono esposte le seguenti considerazioni:

- l'area di intervento è esente da fenomeni di dissesto attivi, inattivi o quiescenti
- l'elemento morfologico caratterizzante l'area è un sistema di piccole conoidi alluvionali localizzate ad Est dell'area ospedaliera
- la stratigrafia dell'area risulta essere abbastanza ben definita: è presente una copertura di natura sia colluviale che alluvionale di conoide che raggiunge spessori massimi di 16m; a valle dell'ospedale la copertura in posto è a sua volta ricoperta da material di riporto messo in posto probabilmente all'epoca della costruzione del fabbricato

- le prove in situ e le prove di laboratorio hanno consentito di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico/geomeccanico in via preliminare; rimangono tuttavia alcune lacune di informazione che potranno essere colmate in fase di progettazione definitiva con prove specificamente mirate a tale scopo.
- la falda è sempre presente a partire da profondità comprese tra 1,6 e 2,2m da piano campagna.

Firenze, Marzo 2011

Dott. Geol. Pietro Accolti Gil



CARTA GEOMORFOLOGICA

LEGENDA

FORME E PROCESSI DI ORIGINE FLUVIALE

- Impluvi attivi
- Conoide alluvionale
- Residuo di terrazzo alluvionale molto degradato

FORME E PROCESSI DI ACCUMULO PER GRAVITA'

- Depositi colluviali di spessore consistente

FORME E PROCESSI ANTROPICI

- Area con presenza di riporto
- Area fortemente modificata

FELETTINO

DURGIA

Km

N

Scala 1:2.000

0 20 40 60 80 100 200 m

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

LEGENDA

campagna geognostica 2011

- S1/PZ — Sondaggio attrezzato con piezometro
- S3/DH — Impluvi attivi — Sondaggio attrezzato per Downhole
- A1 — Sondaggio ambientale
- Ps1 — Stendimento sismico a rifrazione
- G1/01 — Sondaggio campagna geognostica 2001
- S6/97 — Sondaggio campagna geognostica 1997
- S2/89 — Sondaggio campagna geognostica 1989
- SEZ. 1 — Traccia di sezione geologica



10 m

Scala grafica

10 m

LEGENDA

Copertura superficiale: sabbia limoso-argillosa con elementi litoidi arenacei eterometrici molto alterati
Origine: colluvio/conoide alluvionale

Flysch: alternanza di siltiti/argilliti con sottili strati di arenaria o marne molto fratturate ed alterate

Arenaria: arenaria a grana fine e grossolona molto fratturate ed alterate

Limite stratigrafico

Limite stratigrafico incerto

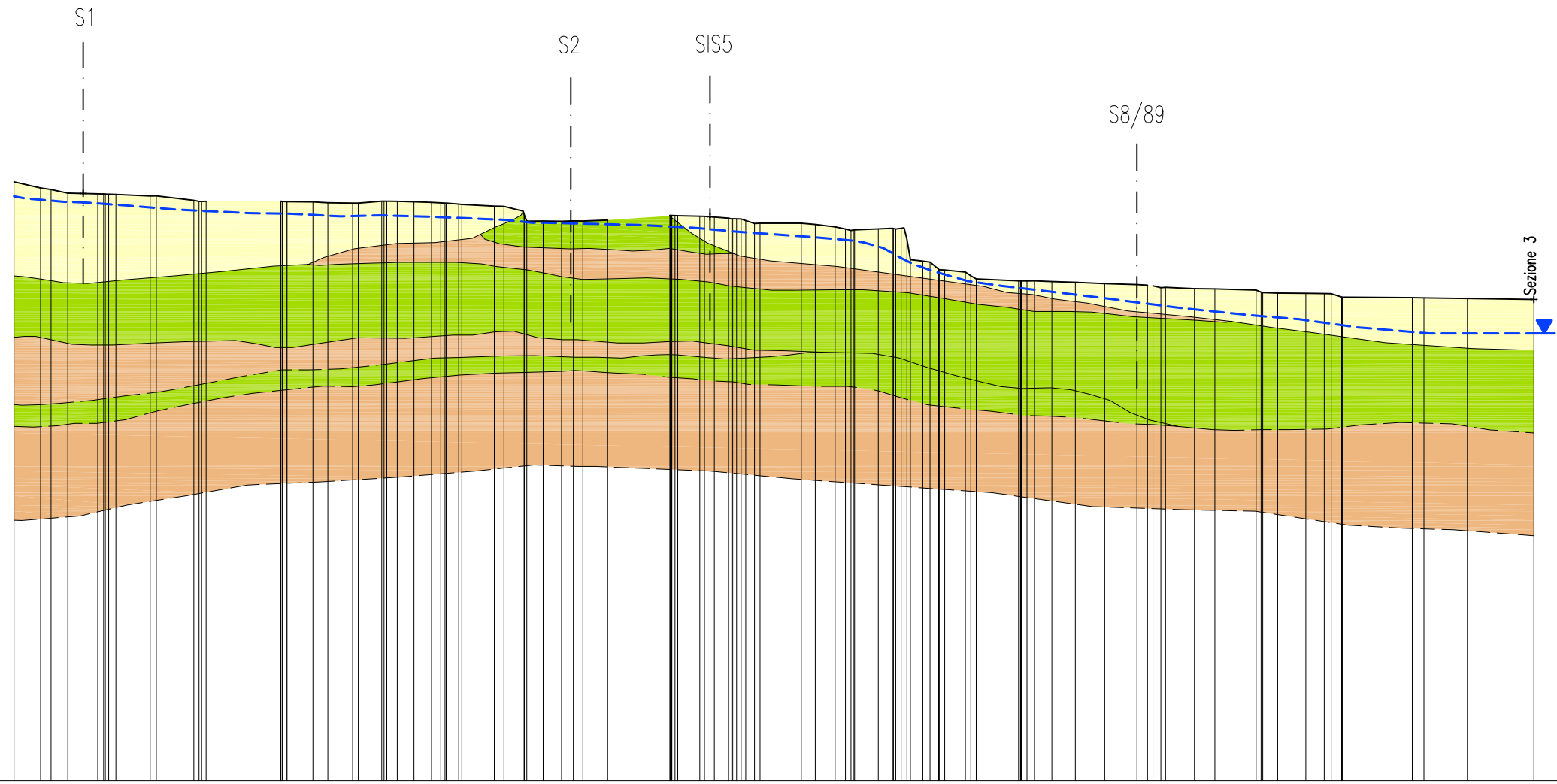
Faglia presunta

Superficie piezometrica ipotetica

SEZIONE N. : 1

UNITA'	γ kN/mc	Dr %	φ °	c' MPa	φ'	Eed MPa	Ey Mpa	sigt MPa	sigc MPa	Erm MPa
Copertura	20,2	61,58	37,9			50,61	62,16			
Flysh alterato	22			0,0332	22,7					
Flysh ammasso	24			0.049013	15.421			-0.000484	0.0086089	22.8779
Arenaria	27			1.382	36.5884		4784	-0.043498	1.7697	2470.1

Legenda: *γ=peso di volume; Dr=densità relativa; φ=angolo di attrito (terreni incoerenti); c'=coesione efficace (per le rocce è riferita all'ammasso), φ'=angolo di attrito efficace (per le rocce è riferito all'ammasso); Eed=modulo edometrico, Ey= modulo di young; sigt=resistenza alla trazione riferita all'ammasso; sigcm=resistenza alla compressione semplice riferita all'ammasso;; Erm=modulo di deformazione dell'ammasso;*



SCALA 1:1000

Quota Rif. −55,00

| | | | | |

LEGENDA

Copertura superficiale: sabbia limoso-argillosa con elementi litoidi arenacei eterometrici molto alterati
Origine: colluvio/conoide alluvionale

Flysch: alternanza di siltiti/argilliti con sottili strati di arenaria o marne molto fratturate ed alterate

Arenaria: arenaria a grana fine e grossolona molto fratturate ed alterate

Limite stratigrafico

Limite stratigrafico incerto

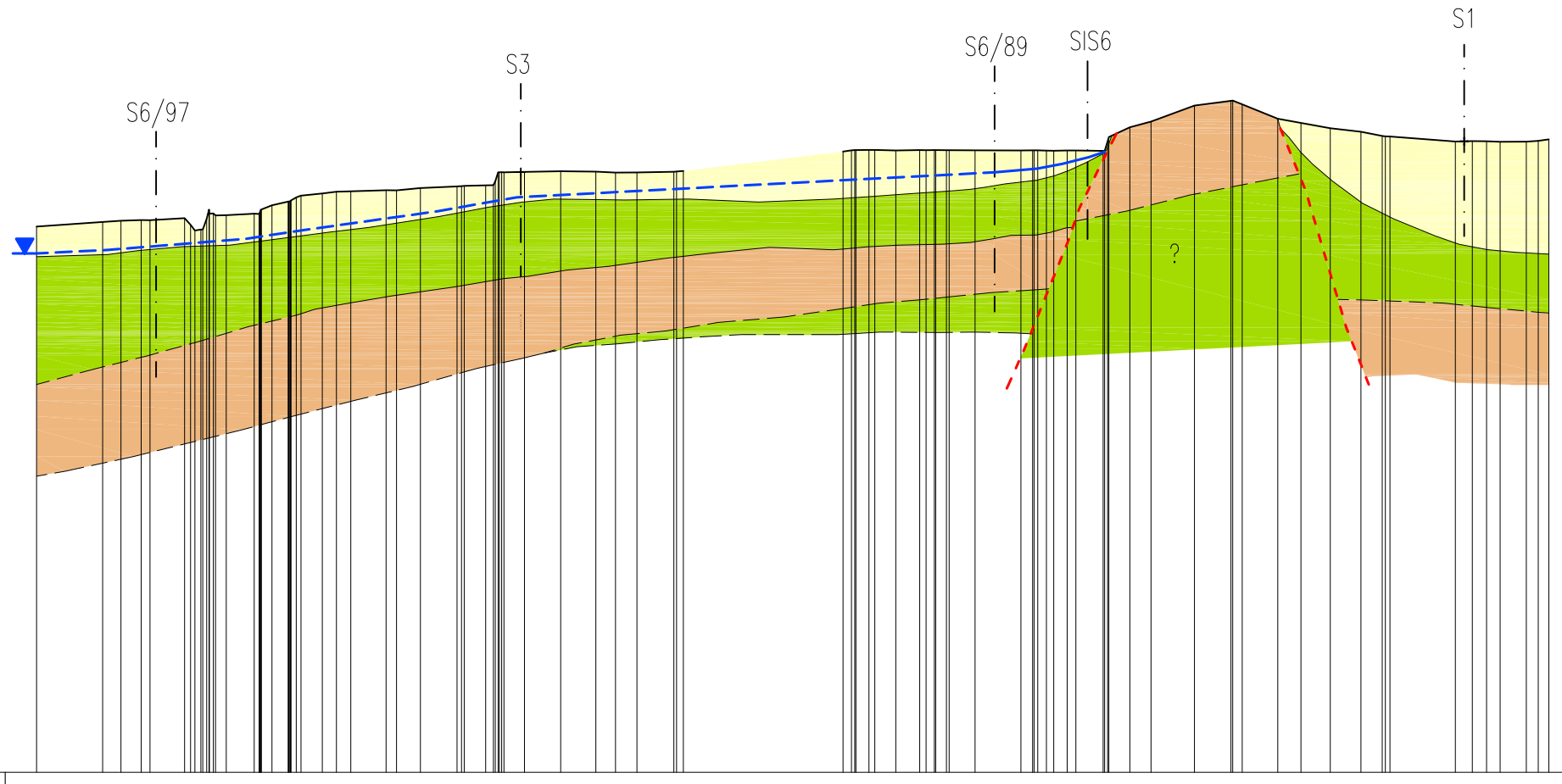
Faglia presunta

Superficie piezometrica ipotetica

SEZIONE N. : 2

UNITA'	γ kN/mc	Dr %	φ °	c' MPa	φ'	Eed MPa	Ey Mpa	sigt MPa	sigc MPa	Erm MPa
Copertura	20,2	61,58	37,9			50,61	62,16			
Flysh alterato	22			0,0332	22,7					
Flysh ammasso	24			0.049013	15.421			-0.000484	0.0086089	22.8779
Arenaria	27			1.382	36.5884		4784	-0.043498	1.7697	2470.1

Legenda: *γ=peso di volume; Dr=densità relativa; φ=angolo di attrito (terreni incoerenti); c'=coesione efficace (per le rocce è riferita all'ammasso), φ'=angolo di attrito efficace (per le rocce è riferito all'ammasso); Eed=modulo edometrico, Ey= modulo di young; sigt=resistenza alla trazione riferita all'ammasso; sigcm=resistenza alla compressione semplice riferita all'ammasso;; Erm=modulo di deformazione dell'ammasso;*



SCALA 1:1000

Quota Rif. −50,00

| | | | | |

IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessone Ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Rapporto di Prova n°72/11/S

SETTORE: Geofisica – Down Hole, sismica a rifrazione con onde P, Multichannel Acquisition of Surface Waves

COMMITTENTE: POLITECNICA

D.L.: Geol. P. Accolti Gil

CANTIERE: Ospedale di Felettino (SP)

RIFERIMENTO: R.P.E. n°64-65-74/11

Indice:

1 Scopo dell'indagine
2 Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici
3 Down Hole con onde P e SH
  2.1 Procedure di campagna
  2.2 Metodo di elaborazione dei dati
3 Sismica a rifrazione onde P
  3.1 Procedure di campagna
  3.2 Metodo di elaborazione dei dati
4 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)
  4.1 Principi teorici
  4.2 Acquisizione ed elaborazione
5 Normativa sismica e calcolo del Vs30
6 Risultati dell'indagine
7 Presentazione dei dati
8 Caratteristiche della strumentazione

Il Direttore del Laboratorio
Ing. F. Politi

Il Tecnico
Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Su incarico dello studio Politecnica è stata eseguita una campagna geofisica presso la struttura dell' ospedale di Felettino, La Spaezia. Sono state eseguite numero 2 prospezioni sismiche in foro, con registrazione di onde P ed SH, in due sondaggi, S2 e S3, spinti fino alla profondità di 40 m e 37 m; numero 6 profili di sismica a rifrazione superficiale, con registrazione di onde P, utilizzando 24 canali, con un'equidistanza di 2.5 m e 2 m, per un totale di 333.5 m, ed elaborazione *Multichannel Acquisition of Surface Waves* (MASW). Lo scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni presenti, finalizzata alla ricostruzione dei rapporti sismostratigrafici, al calcolo dei parametri elastico dinamici e del parametro Vs30 per l'attribuzione della categoria di suolo.

2. Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato **σij** e la deformazione prodotta **єkl**) espressa come:

$$\sigma ij = Cijkl\ \epsilon kl$$

nella quale le costanti di proporzionalità **Cijkl** sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici,diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico (**G**, **E**, **K**, ν), mentre λ rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè λ e μ come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu) (1 – 2 \nu)) \qquad \mu = E / 2 (1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli **E** e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu (3 \lambda + 2 \nu) / (\lambda + \mu) \qquad \nu = \lambda / 2 (\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici **G, E, K** e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante **E** viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, **G**.

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson ν è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **ρ** del materiale.

Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((K + 4/3\ G) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (G / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di V_p e V_s ed il valore **ρ** della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

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

$$G = \rho\ V_s^{\,2}$$

$$E = 2\ \rho\ V_s^{\,2} (1 + \nu)$$

$$K = (2\ \rho\ V_s^{\,2} (1 + \nu)) / (3 (1 - 2\ \nu))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-

dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo Gregory (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra Vp e Vs non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle Vp per i principali litotipi e il range di Vs relative comprese fra i rapporti di Vp/Vs di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto Vp/Vs può aumentare.

Materiale	**V P m/sec**	**V SH m/sec**	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 – 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 – 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 – 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 – 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 – 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 – 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 – 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 – 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I - Principali litotipi e loro velocità sismica (espresse in m/sec)

2 Down Hole con onde P e SH

2.1 Procedure di campagna

Per la registrazione delle onde di compressione e delle onde di taglio in profondità viene utilizzato un geofono da pozzo munito di un ricevitore costituito da tre sensori sensibili alle componenti del moto lungo tre direzioni: uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro.

Il geofono da pozzo, munito di un sistema teleguidato di orientazione azimutale e di ancoraggio meccanico alle pareti del rivestimento, viene calato all'interno del foro di sondaggio, preventivamente attrezzato con un tubo di rivestimento, e ad intervalli determinati vengono registrati i treni d'onda prodotti dalle energizzazioni poste in superficie.

L'orientazione è garantita da una bussola posta all'interno del geofono che posiziona la terna con il 1° sensore orizzontale disposto secondo il Nord.

Energizzando su una piastra posta a diretto contatto con il terreno vengono generate predominanti onde P di compressione, mentre per le onde SH di taglio si utilizza una trave di legno posta a diretto contatto col terreno, gravata dal peso di un automezzo, che viene colpita lateralmente: le battute destra e sinistra vengono sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata in senso orizzontale che viene generata; orientando la sorgente di energizzazione in superficie a 45° rispetto ad punto cardinale, si può così avere un completo controllo nell'analisi del treno d'onda che attraversa i terreni da investigare. In questo modo per ogni punto di energizzazione si hanno due treni d'onda diversi: uno per le onde P e l'altro per le onde SH.

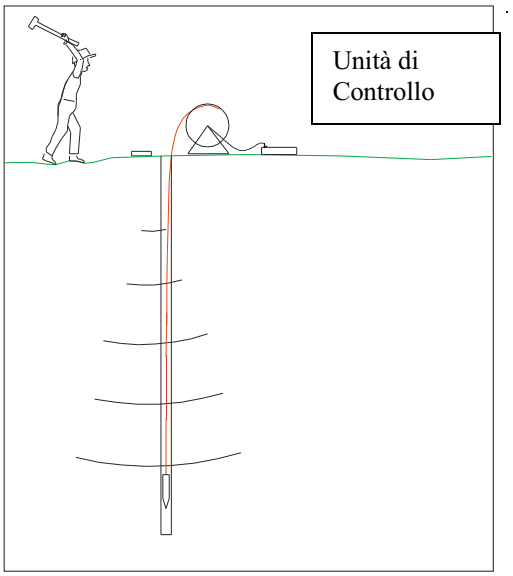


Fig. 1 – Schema del sistema d'acquisizione

Un'unità esterna di controllo gestisce le fasi di ancoraggio e registrazione del geofono da pozzo, mentre le tracce sismiche relative ad ogni intervallo di profondità vengono registrate mediante un sismografo digitale per la loro successiva elaborazione. La distanza sorgente-boccaforo è stata fissata in 4.5 m per S2 e 2.2 m per S3, il passo delle registrazioni è stato di 1 m.

In Allegato sono riportate le registrazioni di campagna separate per onde P e SH, per le prove down-hole.

3 Metodo di elaborazione dei dati

Questa tecnica di prospezione sismica prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione posto in superficie ed il punto di ricezione situato in profondità nel foro di sondaggio.

I tempi letti sui sismogrammi devono poi essere corretti poiché le onde sismiche non percorrono tragitti verticali tra la sorgente in superficie ed il sensore nel foro, ma inclinati rispetto alla verticale: indicando con *tz* il tempo d'arrivo, con *d* la distanza orizzontale tra sorgente ed il boccaforo e con *z* la profondità del sensore, il tempo di arrivo corretto *tc* alla profondità *z* sarà dato dalla relazione:

$$tc = tz * \cos (\alpha z)$$

$$\alpha z = \text{arctang} (d / z)$$

La velocità delle onde P e delle onde SH viene calcolata mediante la pendenza della dromocrona.

Tali valori di velocità vengono quindi diagrammati per visualizzare le variazioni di velocità con la profondità, ed utilizzati per ricavare i moduli dinamici, secondo le formule di paragrafo 1. Dalla variazione delle velocità e dei parametri elastici con la profondità si risale al tipo di materiale in cui sta passando il treno d'onda a quella profondità.

In Allegato sono riportati i grafici delle dromocrone corrette e delle velocità delle onde P e delle onde SH rispetto alla profondità, e le Tabelle numeriche con i moduli elastici dinamici (rapporto di Poisson □, modulo di Taglio G, di Young E, di rigidità volumetrica K espressi in MPa); i valori di peso di volume utilizzati nei calcoli sono stimati sulla base delle litologie.

3 Sismica a rifrazione con onde P

3.1 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche può essere effettuata sia mediante massa battente da 5/60 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.
I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

3.2 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.
I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (*dromocrone*) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (to), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.
Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In Tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche compressionali P (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura.
Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980).
Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.
La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifrattore stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo.
I limiti del metodo a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta

velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta; tale situazione è nota come "orizzonte nascosto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovrastimare o sottostimare lo spessore delle coperture. Quando da altri rilievi si è a conoscenza della possibile presenza di orizzonti sismici nascosti è possibile, in fase di elaborazione dei dati con il metodo G.R.M., la verifica dello spessore di tali zone, poiché negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza. L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

4 MASW (Multichannel Analysis of surface waves)

4.1 Principi teorici

La tecnica MASW si basa sulla registrazione e lo studio della curva di dispersione delle onde superficiali, il cui contributo predominante è caratterizzato dalle onde di Rayleigh che sono onde di superficie che si producono per riflessione di onde S (di taglio) alla superficie. Se il mezzo è omogeneo hanno velocità di fase pari al 92% di quella delle onde S che le hanno generate, altrimenti sono dispersive. I punti investiti da un'onda di Rayleigh si muovono descrivendo ellissi in modo retrogrado rispetto al moto dell'onda. L'ampiezza delle ellissi diminuisce con la distanza dalla superficie ovvero con la profondità.

Partendo dall'assunzione di una variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità (terreno stratificato orizzontalmente) il terreno, agendo da filtro, separa le varie componenti dell'onda di volume caratterizzate ciascuna da diversa velocità di propagazione (velocità di fase) e da diversa lunghezza d'onda. Tale comportamento delle onde si chiama dispersione e proprio sull'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh si basa la tecnica MASW per ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizza le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al

variare della profondità. La velocità delle onde S (Vs) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione delle onde superficiali.
Nella tecnica d'indagine MASW la profondità di investigazione è, in linea teorica, correlata alla lunghezza del profilo e inversamente correlata alla frequenza propria dei sensori usati, mentre la risoluzione verticale è direttamente correlata al numero di sensori utilizzati per registrare il campo d'onda sismico.
Il limite principale del metodo è l'assunzione che siano minime le variazioni orizzontali dei parametri geofisici al di sotto dei sensori. Il maggior pregio è nella possibilità di ottenere buoni dati anche in condizioni in cui risulta difficile l'acquisizione diretta delle onde di taglio.

4.2 Acquisizione ed elaborazione

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con un tempo di registrazione di 1 s. Sono state utilizzate 4 registrazioni con offset (distanza fra il punto di scoppio ed il geofono più vicino) compreso tra 1 m e 40 m, eseguite da entrambi i lati delle sezioni
Le energizzazioni, per ogni postazione, sono state ripetute e sommate fino ad ottenere un sismogramma con un buon rapporto segnale rumore. La fase di elaborazione consiste nell'ottenere la curva di dispersione relativa ad ogni registrazione, ovvero la trasformazione delle serie temporali nel dominio della frequenza F e del numero d'onda K. Sullo spettro Frequenza (Hz) - Velocità di Fase (m/s) vengono individuati i punti di massimo spettrale di energia che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh.
La velocità delle onde S viene stimata su un modello di strati del terreno che viene implementato con un processo iterativo fino a trovare la combinazione finale di velocità delle onde di taglio e spessori degli strati, tale da minimizzare gli scarti fra la curva di dispersione calcolata sul modello e quella misurata sullo spettro della dispersione delle onde superficiali. Essendo questo tipo di elaborazione un procedimento inverso, esso risente di tutti i problemi e delle limitazioni dovute alla convergenza dei metodi iterativi ed alla non unicità delle soluzioni.

5. Normativa sismica e calcolo del parametro V_S30

L'Ordinanza P.C.M. n°3274/03 istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Tali categorie vengono definite in base al calcolo del parametro V_S30 che è dato da:

$$V_s30 = 30 / \Sigma_{i=1,N}(h_i/V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio SH (in m/sec.) dello strato *i*-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Categorie di Suolo di Fondazione	**V_s 30 m/s**	**N_{spt} - C_u**
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	$V_s30 > 800$	
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero Nspt30> 50 nei terreni a grana grossa e cu > 250 kPa nei terreni a grana fine)	$360< V_s30 <800$	$N_{spt} > 50$ $C_u > 250$ kPa
C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero 15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70<cu <250 kPa nei terreni a grana fina)	$180< V_s30 <360$	$15 < N_{spt} < 50$ $70< C_u< 250$ kPa
D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/sec (ovvero Nspt < 15 nei terreni a grana grossa e cu <70 kPa nei terreni a grana fina)	$V_s30 < 180$	$N_{spt}<15$ $C_u <70$ kPa
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con Vs>800 m/sec.	$V_s30 < 360$	
S1 Depositi costituiti da Vs30 inferiori a 100m/s (ovvero 10<cu<20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	$V_s30 < 100$	$10 < C_u< 20$ kPa
S2 Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

Tabella II – Categorie di suolo di fondazione

6. Risultati dell'indagine

Down Hole S2 (40 m): da piano campagna a fondo foro, sulla base della stratigrafia fornita dalla D.L., i valori di velocità delle onde di compressione delle onde di taglio sono riferibili

alle alternanze di siltiti e arenarie. Il diverso comportamento fra le velocità delle onde di compressione e di taglio è riferibile ad una diversa resistenza dei materiali alla compressione ed al taglio e alle variazioni delle pressioni interstiziali dei fluidi.

Il valore di V_S30 calcolato da piano campagna è 797 m/s, quello calcolato dalla profondità di 10 m a 40 m è di 785 m/s, in entrambe i casi per i contrasti di velocità e di rapporti stratigrafici presenti, la zona in esame rientra nella categoria B dei terreni di fondazione.

Down Hole S3 (37 m): da piano campagna a 2 m di profondità la velocità media delle onde di compressione è di 294 m/s e quella delle onde di taglio è di 153 m/s, riferibile, sulla base della stratigrafia del sondaggio fornita dalla D.L., ai materiali di riporto. Da 2 m a 5 m le velocità medie sono di 664 m/s per le onde P e di 290 per le SH, riferibili a limo argilloso e sabbia. Da 5 m a 6 m le velocità sono riferibili ad uno strato di marne alterate. Da 6 m a fondo foro le velocità sono riferibili alle alternanze di siltiti e arenarie del substrato litoide. I valori delle onde di taglio aumentano sensibilmente da 16 m di profondità. Il diverso comportamento fra le velocità delle onde di compressione e di taglio è riferibile ad una diversa resistenza dei materiali alla compressione ed al taglio e alle variazioni delle pressioni interstiziali dei fluidi.

Il valore di V_S30 calcolato da piano campagna è 504 m/s, quello calcolato dalla profondità di 7 m a 37 m è di 756 m/s, in entrambe i casi per i contrasti di velocità e di rapporti stratigrafici presenti, la zona in esame rientra nella categoria B dei terreni di fondazione.

Profili Ps1, Ps2, Ps3: eseguiti nel terreno antistante l'ospedale. L'elaborazione G.R.M. ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti con le seguenti classi di velocità per le onde di compressione P:

V1 = 181 - 419 m/s

V2 = 960 - 1093 m/s

V3 = 2441 - 3070 m/s

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 1.2 m e 2.3 m e può essere riferito al terreno naturale e a depositi poco consolidati. Il secondo orizzonte sismico, con uno spessore variabile fra 1.9 m e 7.7 m, raggiunge profondità comprese fra 3.4 m e 9.2 m e può essere riferito a depositi consolidati e all'alterazione del substrato. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili al substrato litoide.

Profili Ps4, Ps5: eseguiti davanti all'ingresso dell'ospedale. L'elaborazione G.R.M. ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti con le seguenti classi di velocità per le onde di compressione P:

V1 = 200 - 290 m/s

V2 = 800 - 908 m/s

V3 = 2241 - 4494 m/s

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 1.7 m e 4.2 m e può essere riferito al terreno naturale e a depositi poco consolidati. Il secondo orizzonte sismico, con uno spessore variabile fra 2.2 m e 8.0 m, raggiunge profondità comprese fra 4.2 m e 10.1 m e può essere riferito a depositi consolidati e all'alterazione del substrato. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili al substrato litoide.

Profili Ps6: eseguiti sul retro dell'ospedale. L'elaborazione G.R.M. ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti con le seguenti classi di velocità per le onde di compressione P:

V1 = 623 - 733 m/s

V2 = 1450 m/s

V3 = 2389 - 2555 m/s

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 1.5 m e 2.2 m e può essere riferito ai materiali di riporto consolidati. Il secondo orizzonte sismico, con uno spessore variabile fra 2.6 m e 5.8 m, raggiunge profondità comprese fra 4.7 m e 7.3 m e può essere riferito a depositi consolidati e all'alterazione del substrato. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili al substrato litoide.

Elaborazione MASW: le curve di dispersione ricavate dalle registrazioni sono state elaborate separatamente e i profili verticali di velocità delle onde di taglio derivanti sono stati mediati fra loro per ottenere la curva che descrive l'andamento della Velocità delle onde S con la profondità: questo procedimento è stato effettuato per minimizzare gli errori dovuti a possibili variazioni laterali lungo il profilo.

Il valore di V_S30 calcolato per il profilo Ps1 è 527 m/s, per il profilo Ps2 è 513 m/s,per il profilo Ps3 è 528 m/s,per il profilo Ps4 è 477 m/s,per il profilo Ps5 è 493 m/s,per il profilo Ps6 è 680 m/s,. Per i contrasti di velocità e di rapporti stratigrafici presenti, le zone in esame rientrano nella categoria B dei terreni di fondazione.

Prova	V_S30	Categoria		V_S30	Categoria
DH - S2	797 - 785	B	MASW - Ps 3	528	B
DH - S3	504 - 756	B	MASW - Ps 4	477	B
MASW - Ps 1	527	B	MASW - Ps 5	493	B
MASW - Ps 2	513	B	MASW - Ps 6	680	B

7. Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- planimetria con ubicazioni delle indagini

Down Hole:

- tabulati numerici dei tempi d'arrivo, delle velocità sismiche e dei parametri geofisici
- grafici delle dromocrone dei tempi di arrivo e delle velocità Vp e Vsh
- registrazioni di campagna effettuate e rimontate separatamente per le onde P ed SH

Sismica a rifrazione con onde P

- sezioni sismiche interpretate, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica
- registrazioni di campagna e dromocrone relative.

Sismica MASW

- profilo medio di velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità
- profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità per ciascuna registrazione eseguita
- registrazioni di campagna
- curve di dispersione F-k per ciascuna registrazione eseguita

8. Caratteristiche della strumentazione

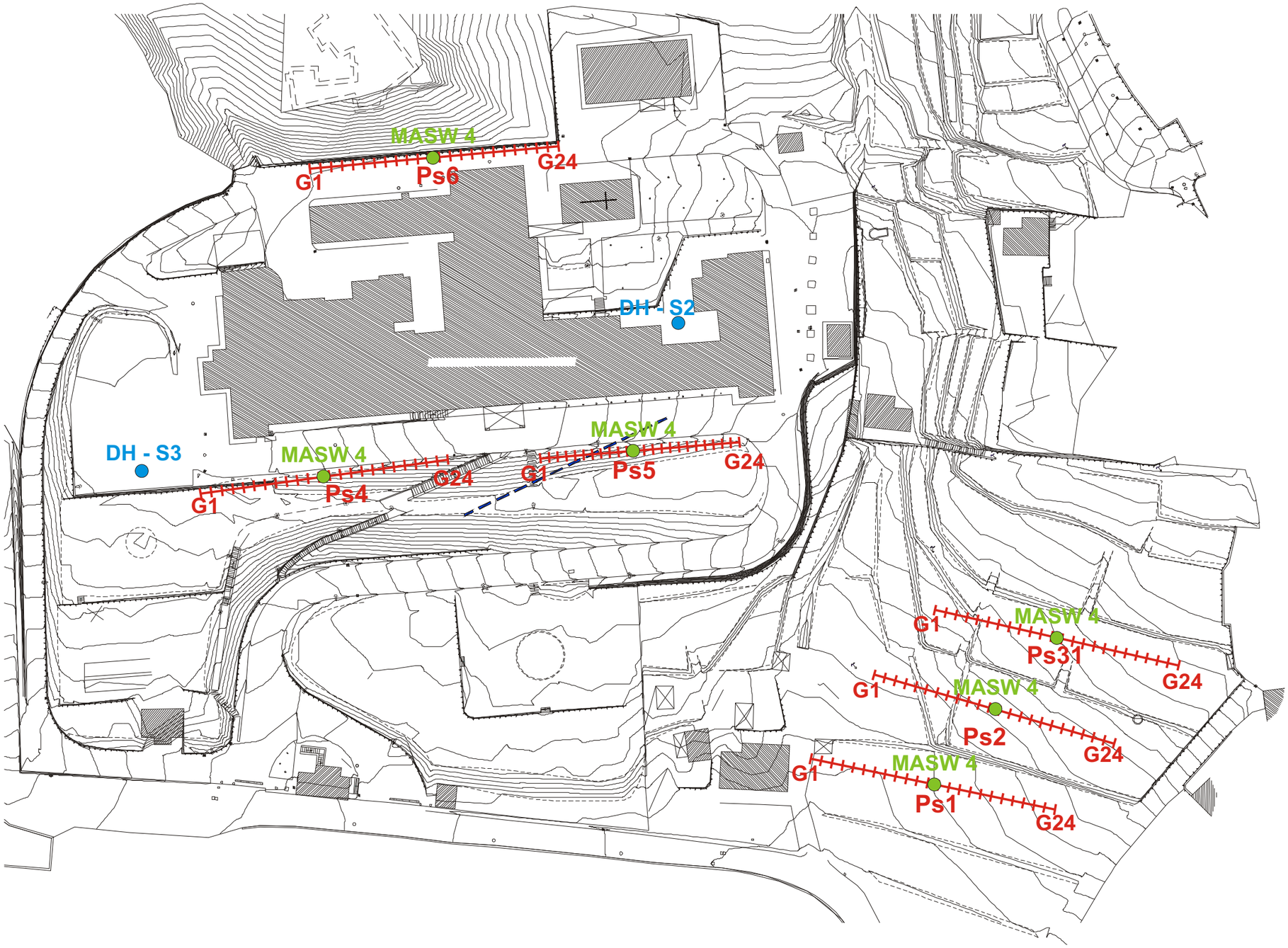
Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagine è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz;
- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch;
- precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms;

- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- sistema di starter (trigger) mediante accelerometro;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg, minibang calibro 8, grave da 30/60 kg.

Ubicazione delle indagini



Scala 1:1000

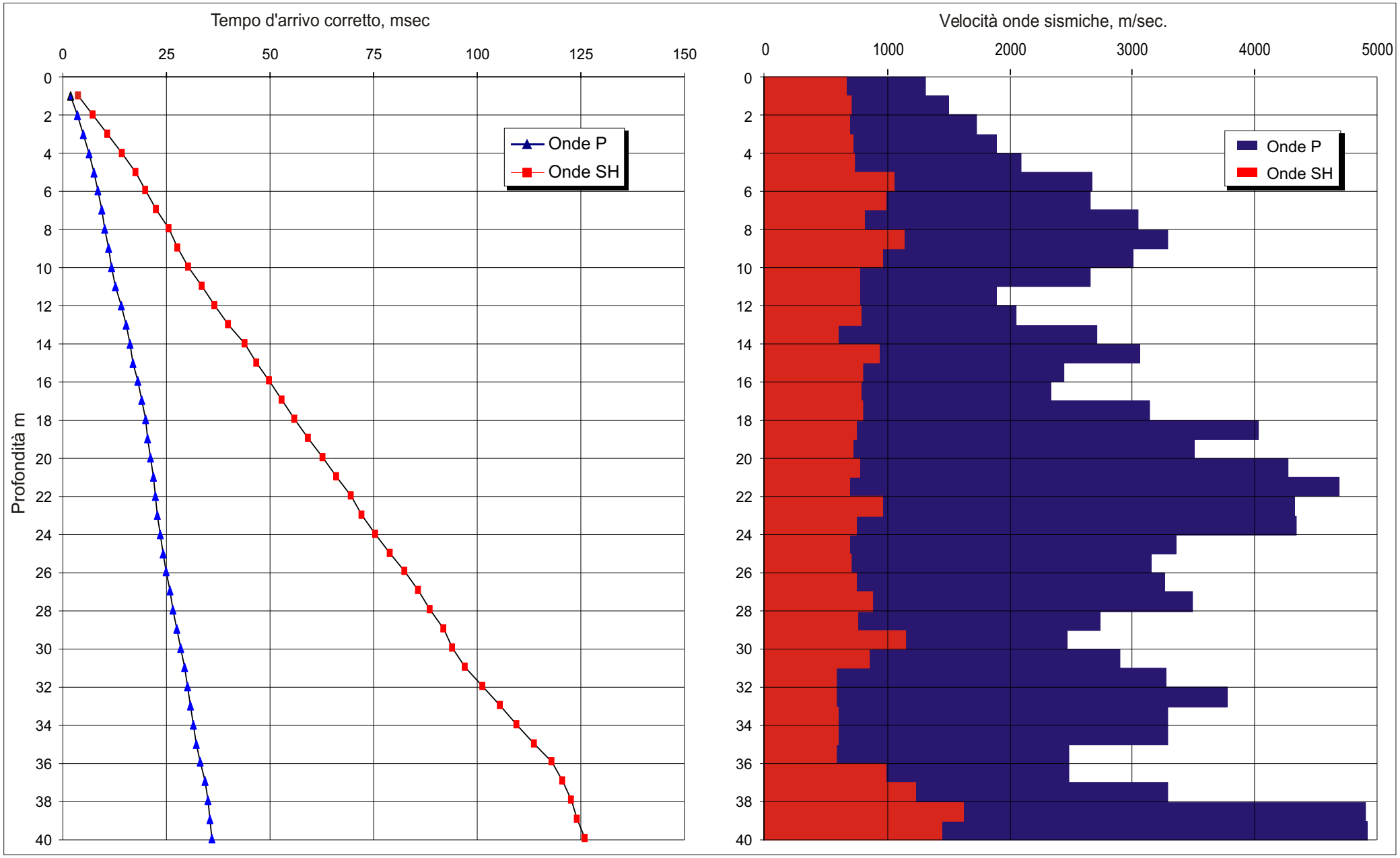
Felettino (SP) - S2

Z m	Tp ms	Ts ms	Tp Corr. ms	Ts Corr. ms	VP m/sec.	VS m/sec.	t / m^3	-	G MPa	E MPa	K MPa
1	3.50	6.80	0.76	1.48	1317	678	1.9	0.32	873	**2305**	2132
2	3.50	7.10	1.42	2.88	1510	710	2.0	0.36	1008	**2738**	3216
3	3.60	7.80	2.00	4.33	1738	693	2.0	0.41	972	**2732**	4816
4	3.80	8.60	2.52	5.71	1895	721	2.0	0.42	1064	**3013**	5934
5	4.04	9.50	3.00	7.06	2091	742	2.1	0.43	1140	**3256**	7532
6	4.22	10.00	3.38	8.00	2680	1065	2.1	0.41	2377	**6686**	11879
7	4.46	10.70	3.75	9.00	2662	999	2.1	0.42	2116	**6000**	12191
8	4.68	11.72	4.08	10.21	3055	824	2.1	0.46	1453	**4245**	18057
9	4.90	12.40	4.38	11.09	3293	1142	2.2	0.43	2822	**8081**	19716
10	5.17	13.30	4.71	12.13	3013	964	2.2	0.44	2033	**5869**	17160
11	5.50	14.50	5.09	13.42	2660	774	2.2	0.45	1326	**3856**	13897
12	6.00	15.70	5.62	14.70	1896	781	2.2	0.40	1365	**3817**	6219
13	6.46	16.90	6.10	15.97	2055	787	2.3	0.41	1402	**3964**	7677
14	6.80	18.50	6.47	17.61	2709	609	2.3	0.47	847	**2496**	15630
15	7.10	19.50	6.80	18.68	3060	939	2.3	0.45	2034	**5892**	18901
16	7.49	20.69	7.21	19.92	2441	807	2.3	0.44	1517	**4366**	11868
17	7.90	21.90	7.64	21.17	2343	798	2.4	0.43	1499	**4300**	10937
18	8.20	23.10	7.96	22.41	3143	807	2.4	0.46	1549	**4536**	21431
19	8.43	24.40	8.20	23.74	4034	750	2.4	0.48	1352	**4009**	37293
20	8.70	25.74	8.49	25.11	3512	730	2.4	0.48	1295	**3825**	28200
21	8.92	27.00	8.72	26.40	4270	776	2.5	0.48	1476	**4377**	42703
22	9.12	28.40	8.94	27.82	4695	703	2.5	0.49	1221	**3636**	52894
23	9.34	29.40	9.17	28.85	4325	972	2.5	0.47	2358	**6950**	43573
24	9.56	30.70	9.40	30.17	4347	757	2.5	0.48	1444	**4287**	45710
25	9.85	32.10	9.69	31.59	3356	705	2.5	0.48	1265	**3738**	26979
26	10.16	33.48	10.01	32.99	3155	716	2.6	0.47	1316	**3875**	23812
27	10.46	34.79	10.32	34.32	3262	754	2.6	0.47	1472	**4332**	25627
28	10.74	35.90	10.60	35.45	3493	886	2.6	0.47	2054	**6021**	29186
29	11.10	37.20	10.97	36.76	2741	761	2.6	0.46	1527	**4453**	17798
30	11.50	38.05	11.37	37.63	2475	1151	2.7	0.36	3527	**9608**	11611
31	11.84	39.20	11.72	38.79	2903	859	2.7	0.45	1982	**5755**	20007
32	12.14	40.90	12.02	40.50	3284	585	2.7	0.48	929	**2757**	27990
33	12.40	42.60	12.29	42.21	3780	586	2.7	0.49	937	**2789**	37809
34	12.70	44.24	12.59	43.86	3290	607	2.8	0.48	1015	**3010**	28506
35	13.00	45.90	12.89	45.53	3293	600	2.8	0.48	1000	**2966**	28833
36	13.40	47.60	13.30	47.23	2483	586	2.8	0.47	963	**2831**	16019
37	13.80	48.60	13.70	48.24	2484	988	2.8	0.41	2739	**7702**	13661
38	14.10	49.40	14.00	49.06	3299	1230	2.8	0.42	4247	**12055**	24871
39	14.30	50.00	14.21	49.67	4912	1631	2.8	0.44	7460	**21456**	57736
40	14.50	50.68	14.41	50.36	4917	1445	2.8	0.45	5850	**16996**	59909

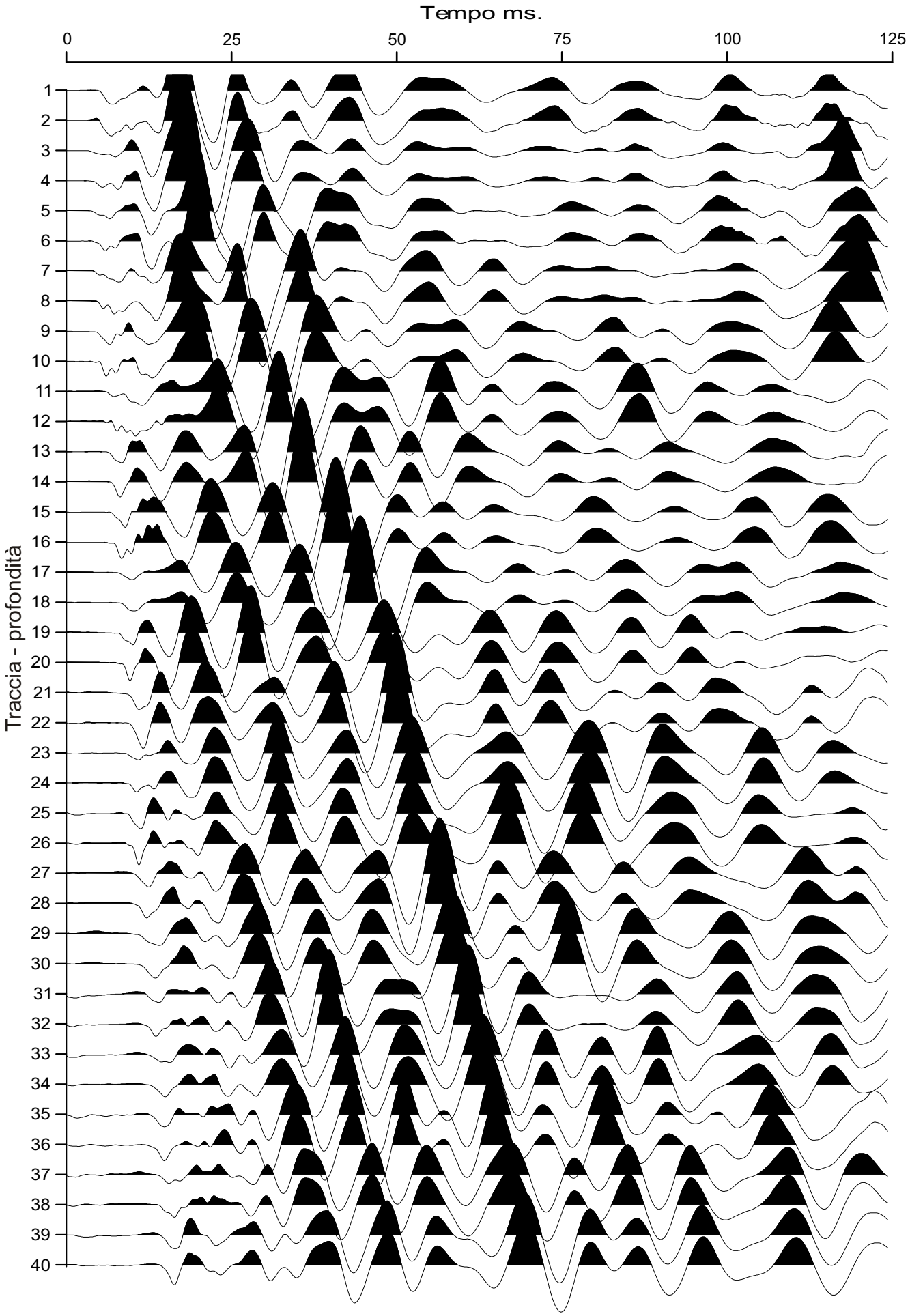
Z	**Profondità**		**Densità**
Tp	**Tempo di arrivo onde di compressione**		**Modulo di Poisson**
Ts	**Tempo di arrivo onde di taglio**	**G**	**Modulo taglio**
Tp Corr.	**Tempo di arrivo corretto onde di compressione**	**E**	**Modulo di Young**
Ts Corr.	**Tempo di arrivo corretto onde di taglio**	**K**	**Modulo di rigidità volumetrica**

Distanza sorgente-boccaforo: 4.5 m

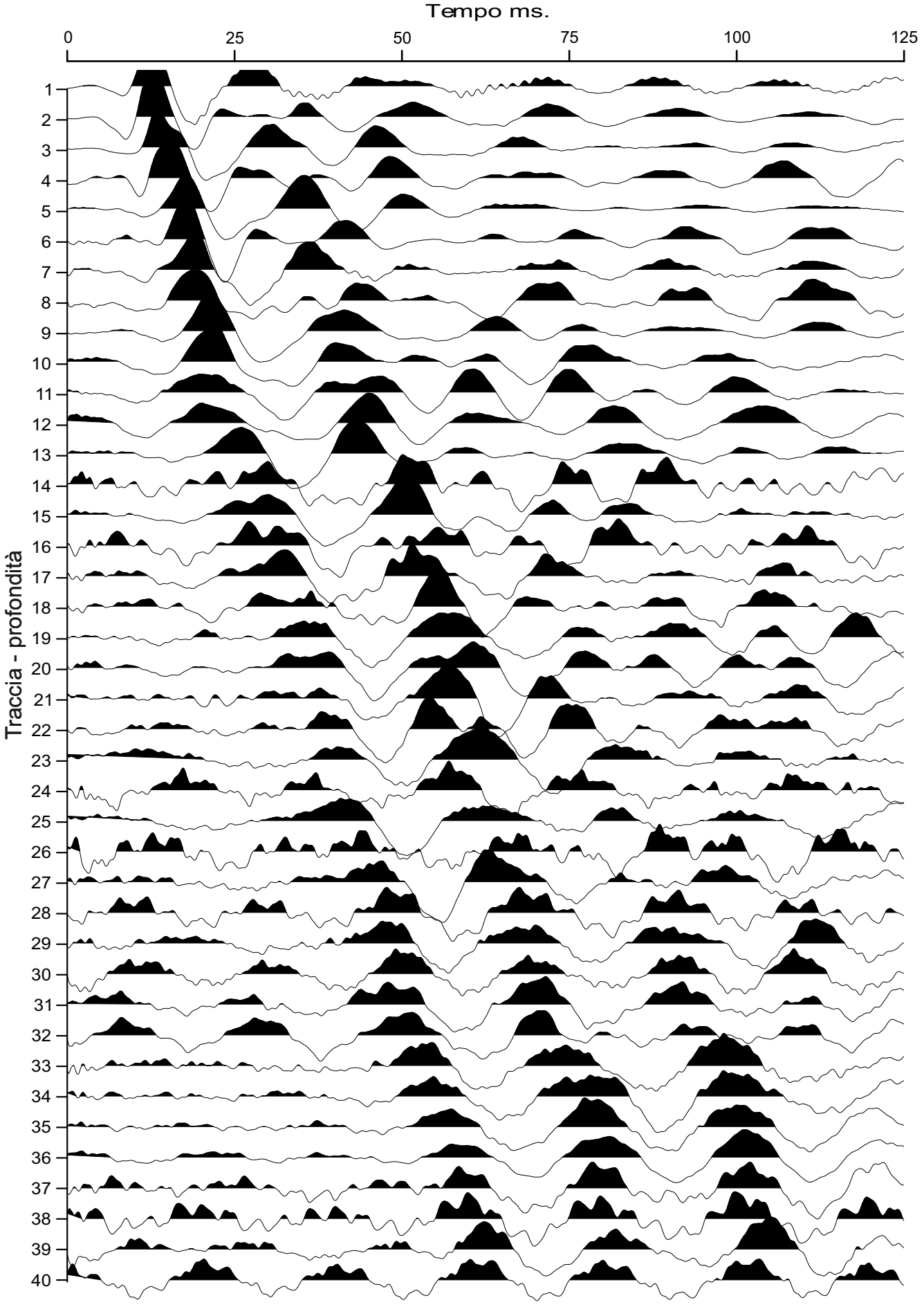
Felettino (SP) - S2



Felettino (SP) - S2 - Sismogrammi onde P - geofono verticale



Felettino (SP) - S2 - Sismogrammi onde SH - Somma geofoni orizzontali



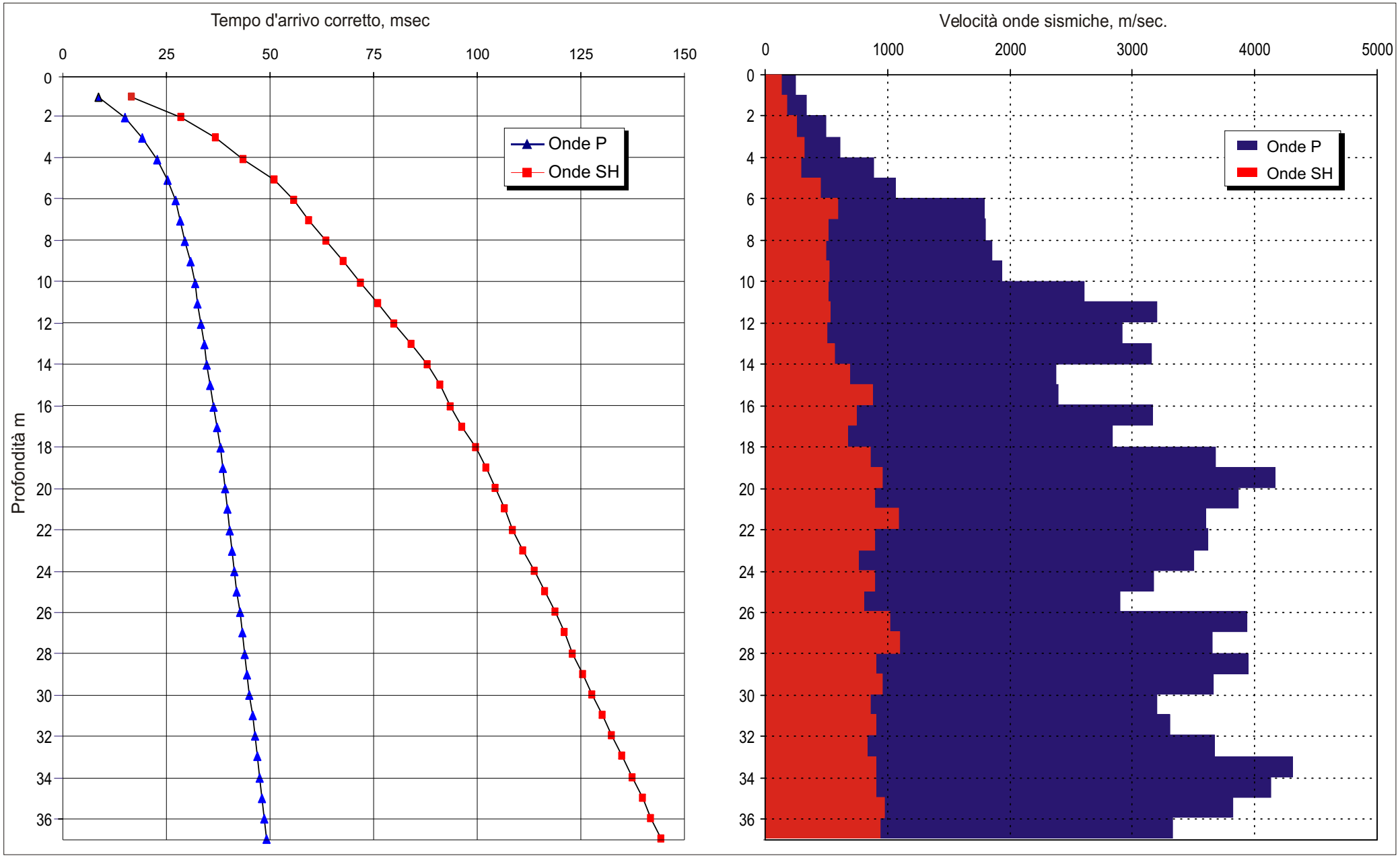
Felettino (SP) - S3

Z m	Tp ms	Ts ms	Tp Corr. ms	Ts Corr. ms	VP m/sec.	VS m/sec.	t / m^3	-	G MPa	E MPa	K MPa
1	9.67	18.77	4.00	7.77	250	129	1.9	0.32	31	**83**	77
2	10.35	19.90	6.96	13.39	338	178	1.9	0.31	60	**157**	137
3	11.11	21.42	8.96	17.27	501	257	1.9	0.32	126	**332**	309
4	12.10	23.30	10.60	20.42	609	318	1.9	0.31	192	**505**	447
5	12.82	26.00	11.73	23.80	883	296	1.9	0.44	166	**477**	1261
6	13.50	27.70	12.67	26.01	1063	453	2.0	0.39	410	**1139**	1714
7	13.87	29.03	13.23	27.69	1795	593	2.1	0.44	737	**2122**	5784
8	14.30	30.73	13.79	29.63	1798	517	2.1	0.45	564	**1641**	6076
9	14.75	32.58	14.33	31.65	1852	496	2.1	0.46	522	**1525**	6592
10	15.20	34.35	14.84	33.55	1935	526	2.1	0.46	592	**1730**	7211
11	15.53	36.21	15.23	35.51	2608	510	2.2	0.48	560	**1658**	13878
12	15.80	38.00	15.54	37.38	3199	535	2.2	0.49	618	**1837**	21310
13	16.11	39.90	15.88	39.34	2914	509	2.2	0.48	564	**1675**	17717
14	16.40	41.60	16.20	41.10	3154	570	2.2	0.48	710	**2107**	20817
15	16.80	43.00	16.62	42.54	2375	690	2.2	0.45	1048	**3046**	11017
16	17.20	44.10	17.04	43.69	2395	874	2.2	0.42	1690	**4811**	10439
17	17.50	45.40	17.36	45.02	3169	749	2.2	0.47	1247	**3668**	20676
18	17.84	46.85	17.71	46.50	2833	676	2.2	0.47	1022	**3005**	16598
19	18.10	47.98	17.98	47.66	3681	864	2.3	0.47	1679	**4939**	28253
20	18.33	49.00	18.22	48.71	4163	957	2.3	0.47	2073	**6104**	36441
21	18.58	50.10	18.48	49.83	3864	892	2.3	0.47	1810	**5328**	31560
22	18.85	51.00	18.76	50.75	3603	1087	2.3	0.45	2705	**7844**	26082
23	19.12	52.10	19.03	51.86	3614	896	2.3	0.47	1845	**5416**	27585
24	19.40	53.40	19.32	53.18	3498	761	2.3	0.48	1340	**3953**	26510
25	19.71	54.50	19.63	54.29	3173	898	2.3	0.46	1876	**5466**	20912
26	20.05	55.73	19.98	55.53	2903	806	2.3	0.46	1517	**4424**	17675
27	20.30	56.70	20.23	56.51	3932	1019	2.4	0.46	2441	**7148**	33073
28	20.57	57.60	20.51	57.42	3652	1099	2.4	0.45	2851	**8269**	27701
29	20.82	58.70	20.76	58.53	3944	902	2.4	0.47	1932	**5689**	34368
30	21.09	59.74	21.03	59.58	3661	954	2.4	0.46	2173	**6361**	29097
31	21.40	60.90	21.35	60.75	3197	857	2.4	0.46	1762	**5149**	22181
32	21.70	62.00	21.65	61.85	3305	904	2.4	0.46	1969	**5749**	23724
33	21.97	63.20	21.92	63.06	3671	829	2.4	0.47	1667	**4912**	30448
34	22.20	64.30	22.15	64.17	4304	904	2.4	0.48	1993	**5888**	42499
35	22.44	65.40	22.40	65.27	4130	905	2.5	0.47	2005	**5914**	39116
36	22.70	66.42	22.66	66.30	3818	975	2.5	0.47	2343	**6866**	32768
37	23.00	67.48	22.96	67.36	3314	939	2.5	0.46	2183	**6359**	24276

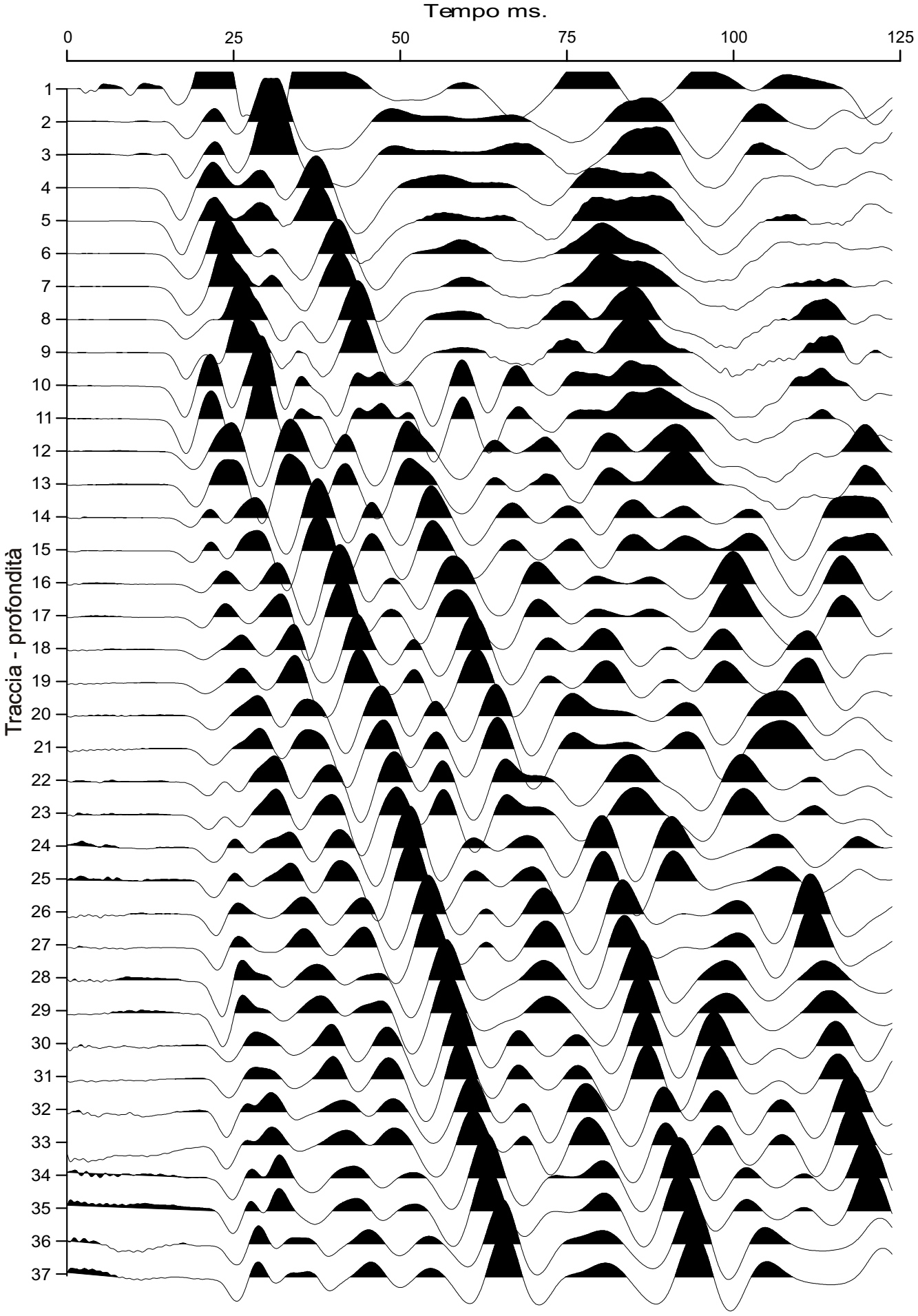
Z	**Profondità**		**Densità**
Tp	**Tempo di arrivo onde di compressione**		**Modulo di Poisson**
Ts	**Tempo di arrivo onde di taglio**	**G**	**Modulo taglio**
Tp Corr.	**Tempo di arrivo corretto onde di compressione**	**E**	**Modulo di Young**
Ts Corr.	**Tempo di arrivo corretto onde di taglio**	**K**	**Modulo di rigidità volumetrica**

Distanza sorgente-boccaforo: 2.2 m

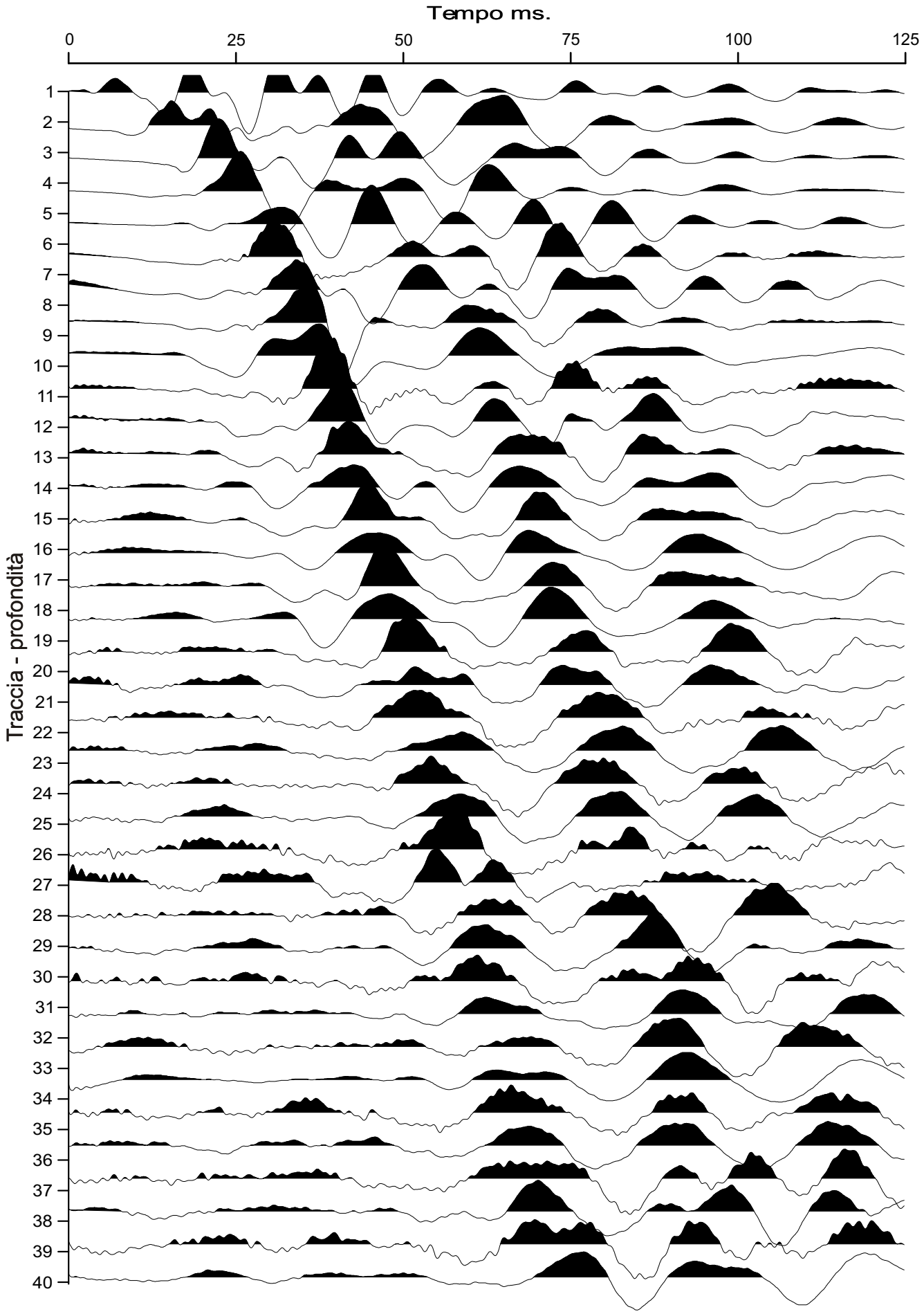
Felettino (SP) - S3



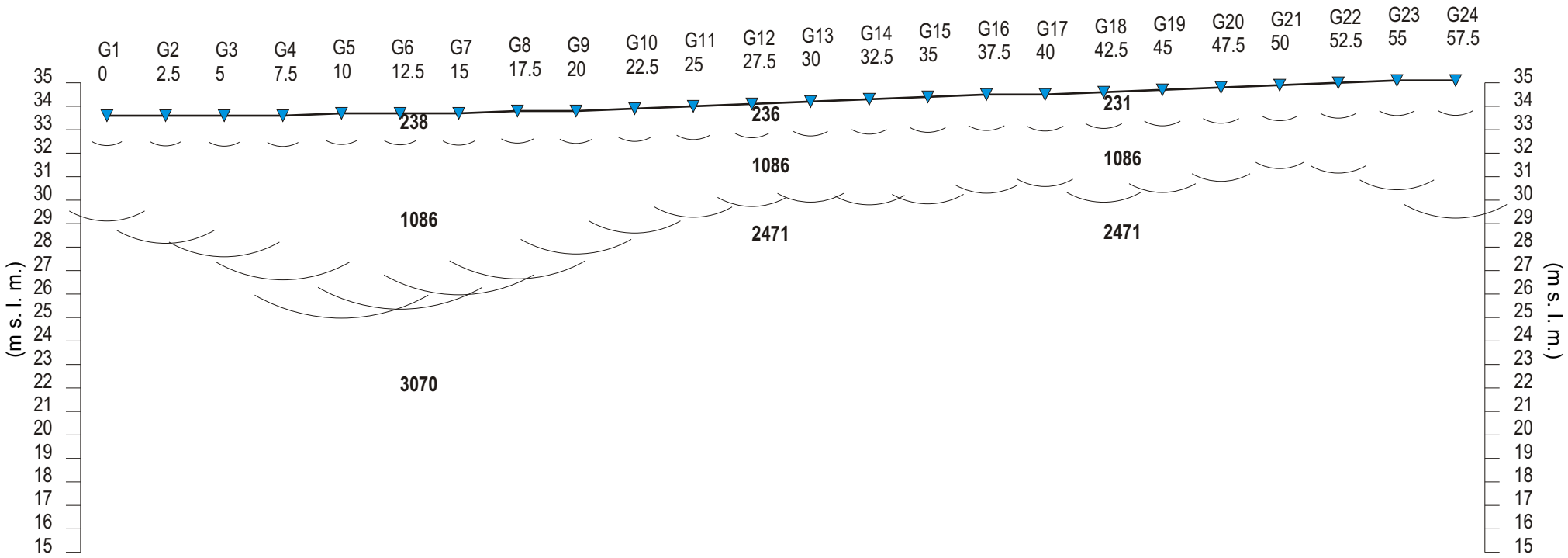
Felettino (SP) - S3 - Sismogrammi onde P - geofono verticale



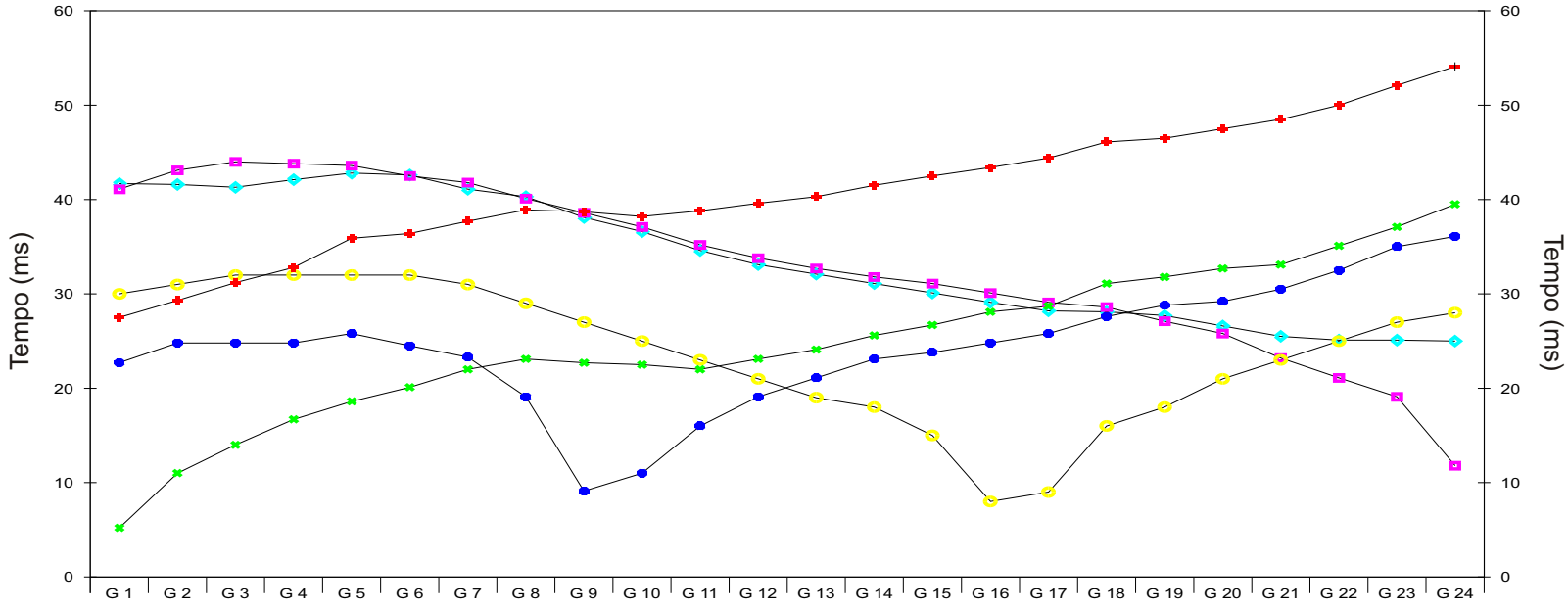
Felettino (SP) - S3 - Sismogrammi onde SH - Somma geofoni orizzontali



Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde P



Dromocrone



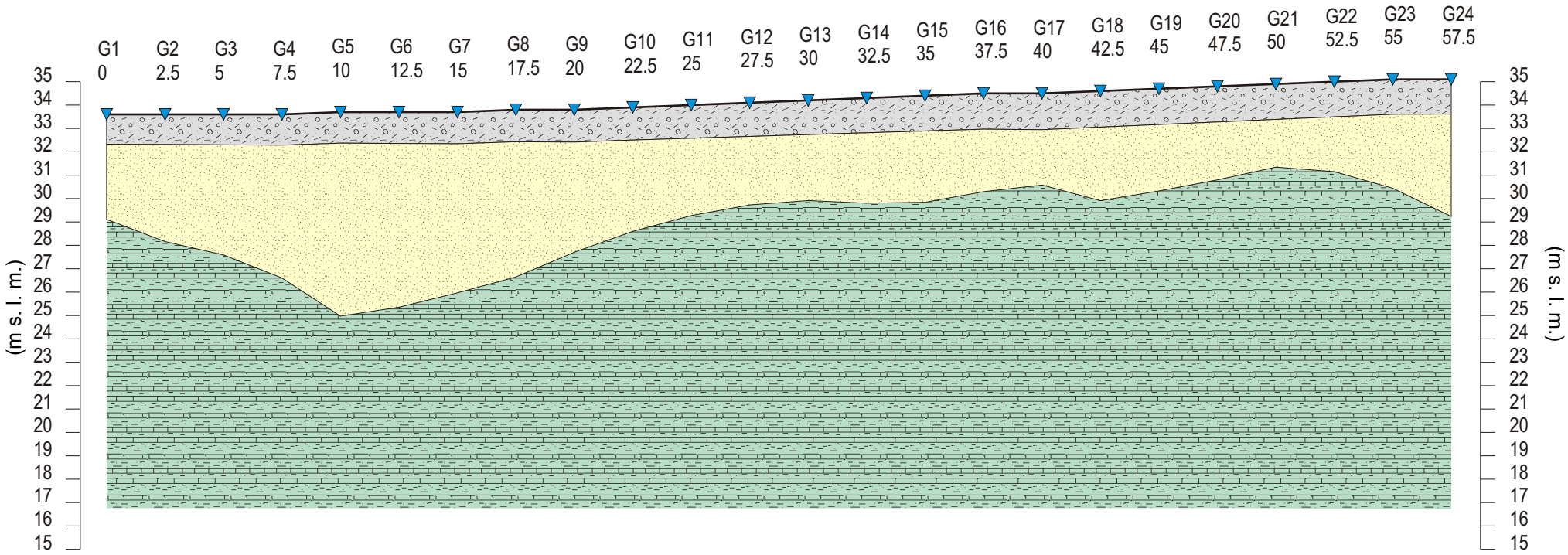
Legenda

- Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici Faglie presunte

Scala 1:250

- A Estremo sinistro
- B Centrale
- C Centrale
- D Estremo destro
- E Estremo destro

Ps1 - onde P- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Z2 (m)	3.2	4.2	4.7	5.7	7.4	7.0	6.4	5.8	4.7	3.9	3.3	2.9	2.8	3.0	3.0	2.7	2.4	3.1	2.8	2.5	2.0	2.3	3.2	4.4
H2 (m)	4.5	5.4	6.0	7.0	8.7	8.3	7.7	7.2	6.1	5.3	4.7	4.4	4.3	4.5	4.6	4.2	3.9	4.7	4.4	4.0	3.6	3.8	4.7	5.9
V1 (m/s)	318	318	298	278	258	238	218	198	209	220	231	236	242	248	253	246	238	231	221	212	202	193	183	183
V2 (m/s)	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086
V3 (m/s)	3070	3070	3070	3070	3070	3070	2649	2649	2649	2471	2471	2471	2471	2471	2471	2471	2471	2471	2441	2441	2441	2441	2441	2441

Legenda:

- Terreno naturale - materiali di riporto
- Sabbie con elementi litoidii
- Siltiti-argilliti-arenarie

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
Z2 = Spessore del secondo orizzonte
H2 = Profondità del secondo orizzonte
V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
V3 = Velocità del terzoorizzonte sismico

Dati Ps1 - onde P

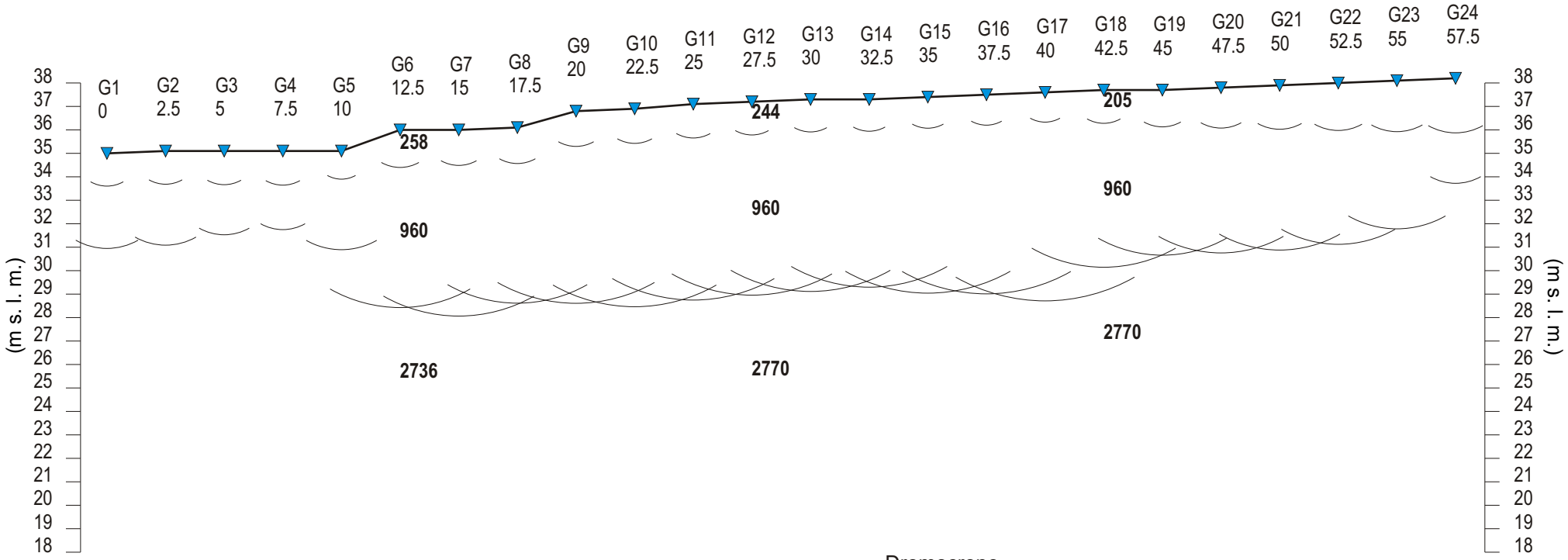
Tempi di arrivo

Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0.0	27.50	5.20	22.70	30.00	41.10	41.70	33.6	318	1.3	32.3	1086	3.2	4.5	29.1	3070
2	2.5	29.30	11.00	24.80	31.00	43.10	41.60	33.6	318	1.3	32.3	1086	4.2	5.4	28.2	3070
3	5.0	31.20	14.00	24.80	32.00	44.00	41.30	33.6	298	1.3	32.3	1086	4.7	6.0	27.6	3070
4	7.5	32.80	16.70	24.80	32.00	43.80	42.10	33.6	278	1.3	32.3	1086	5.7	7.0	26.6	3070
5	10.0	35.90	18.60	25.80	32.00	43.60	42.80	33.7	258	1.3	32.4	1086	7.4	8.7	25.0	3070
6	12.5	36.40	20.10	24.50	32.00	42.50	42.60	33.7	238	1.3	32.4	1086	7.0	8.3	25.4	3070
7	15.0	37.70	22.00	23.30	31.00	41.80	41.10	33.7	218	1.4	32.3	1086	6.4	7.7	26.0	2649
8	17.5	38.90	23.10	19.10	29.00	40.10	40.30	33.8	198	1.4	32.4	1086	5.8	7.2	26.6	2649
9	20.0	38.70	22.70	9.10	27.00	38.60	38.10	33.8	209	1.4	32.4	1086	4.7	6.1	27.7	2649
10	22.5	38.20	22.50	11.00	25.00	37.10	36.60	33.9	220	1.4	32.5	1086	3.9	5.3	28.6	2471
11	25.0	38.80	22.00	16.00	23.00	35.20	34.60	34.0	231	1.4	32.6	1086	3.3	4.7	29.3	2471
12	27.5	39.60	23.10	19.10	21.00	33.80	33.10	34.1	236	1.4	32.7	1086	2.9	4.4	29.7	2471
13	30.0	40.30	24.10	21.10	19.00	32.70	32.10	34.2	242	1.5	32.7	1086	2.8	4.3	29.9	2471
14	32.5	41.50	25.60	23.10	18.00	31.80	31.10	34.3	248	1.5	32.8	1086	3.0	4.5	29.8	2471
15	35.0	42.50	26.70	23.80	15.00	31.10	30.10	34.4	253	1.5	32.9	1086	3.0	4.6	29.8	2471
16	37.5	43.40	28.10	24.80	8.00	30.10	29.10	34.5	246	1.5	33.0	1086	2.7	4.2	30.3	2471
17	40.0	44.40	28.70	25.80	9.00	29.10	28.20	34.5	238	1.6	32.9	1086	2.4	3.9	30.6	2471
18	42.5	46.10	31.10	27.60	16.00	28.60	28.10	34.6	231	1.5	33.1	1086	3.1	4.7	29.9	2471
19	45.0	46.50	31.80	28.80	18.00	27.10	27.70	34.7	221	1.5	33.2	1086	2.8	4.4	30.3	2441
20	47.5	47.50	32.70	29.20	21.00	25.80	26.60	34.8	212	1.5	33.3	1086	2.5	4.0	30.8	2441
21	50.0	48.50	33.10	30.50	23.00	23.20	25.50	34.9	202	1.5	33.4	1086	2.0	3.6	31.3	2441
22	52.5	50.00	35.10	32.50	25.00	21.10	25.10	35.0	193	1.5	33.5	1086	2.3	3.8	31.2	2441
23	55.0	52.10	37.10	35.00	27.00	19.10	25.10	35.1	183	1.5	33.6	1086	3.2	4.7	30.4	2441
24	57.5	54.10	39.50	36.10	28.00	11.80	25.00	35.1	183	1.5	33.6	1086	4.4	5.9	29.2	2441

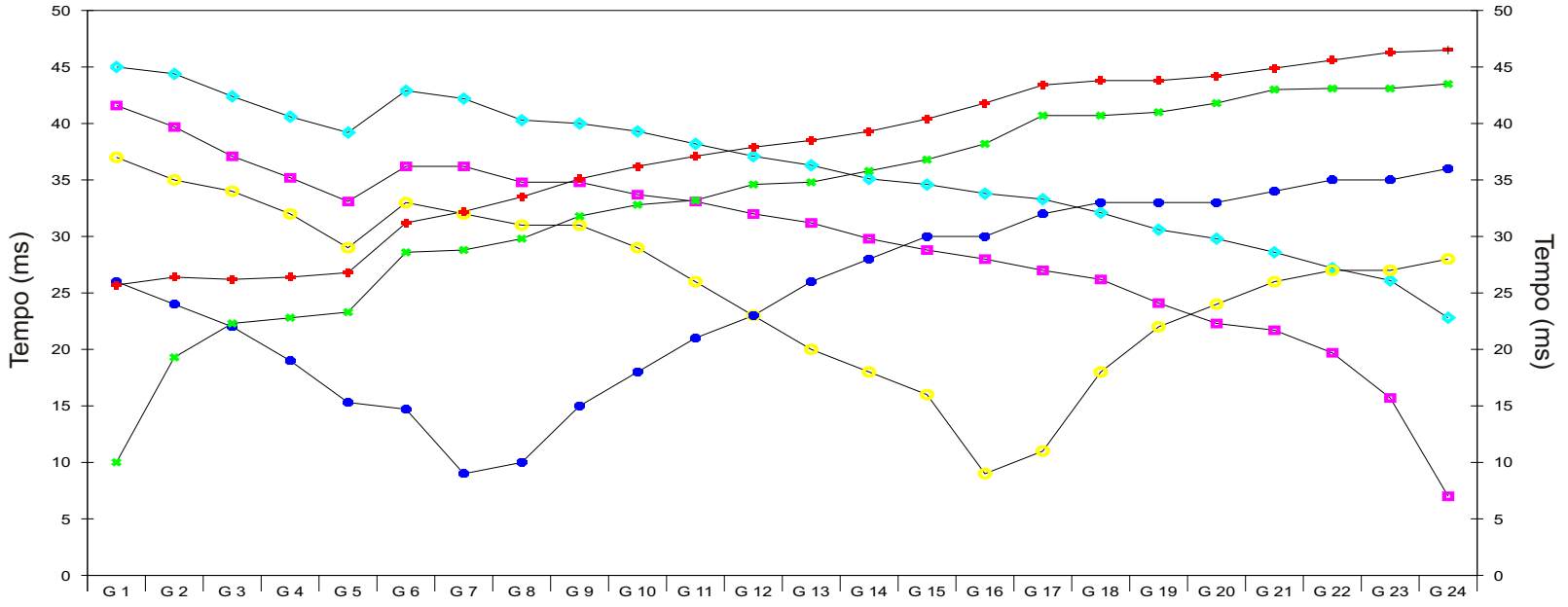
Legenda:

Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota del geofono in m s.l.m.

Profilo di sismica a Rifrazione Ps2 - onde P



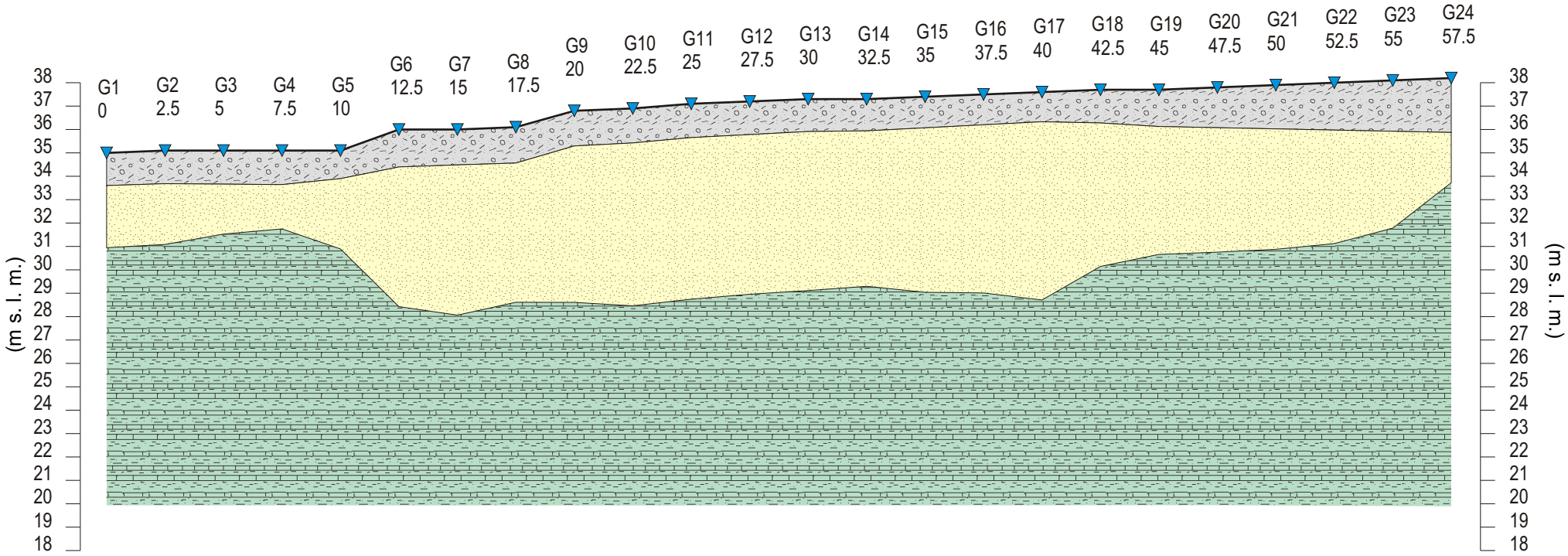
Dromocrone



Legenda

- Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici Faglie presunte
- Scala 1:250
- A Estremo sinistro
- B Centrale
- C Centrale
- D Estremo destro
- E Estremo destro

Ps2 - onde P- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	1.4	1.4	1.4	1.5	1.2	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3
Z2 (m)	2.7	2.6	2.1	1.9	3.0	6.0	6.4	6.0	6.7	7.0	6.9	6.8	6.8	6.6	7.0	7.2	7.6	6.1	5.5	5.3	5.1	4.9	4.1	2.2
H2 (m)	4.1	4.0	3.6	3.4	4.2	7.6	7.9	7.5	8.2	8.4	8.4	8.2	8.2	8.0	8.4	8.5	8.9	7.6	7.0	7.0	7.0	6.9	6.3	4.5
V1 (m/s)	181	181	200	220	239	258	256	253	251	249	246	244	242	239	237	226	216	205	230	254	279	304	304	304
V2 (m/s)	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
V3 (m/s)	2841	2841	2841	2841	2841	2736	2736	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2770	2736	2736	2736	2715

Legenda:

- Terreno naturale - materiali di riporto
- Sabbie con elementi litoidii
- Siltiti-argilliti-arenarie

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
Z2 = Spessore del secondo orizzonte
H2 = Profondità del secondo orizzonte
V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
V3 = Velocità del terzoorizzonte sismico

Dati Ps2 - onde P

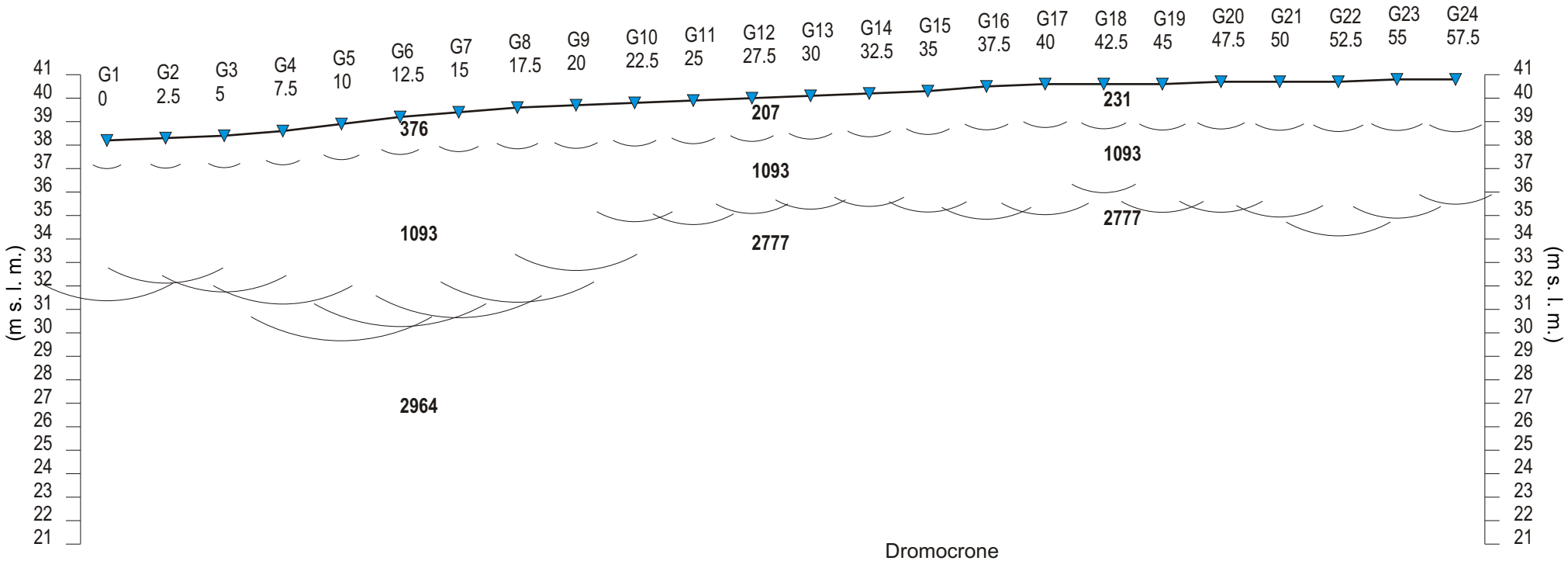
Tempi di arrivo

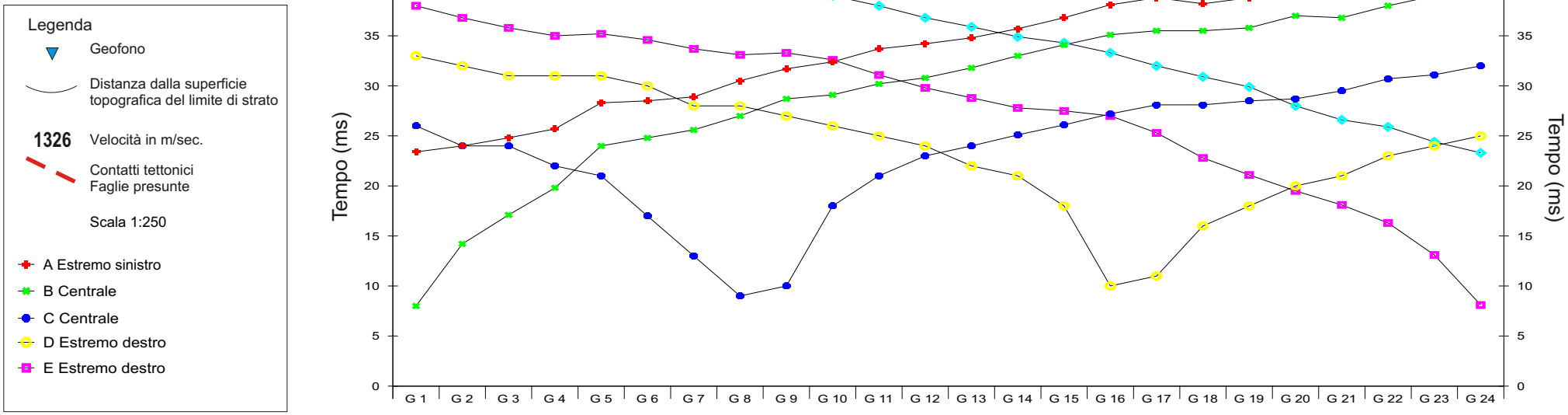
Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0.0	25.70	10.00	26.00	37.00	41.60	45.00	35.0	181	1.4	33.6	960	2.7	4.1	30.9	2841
2	2.5	26.40	19.30	24.00	35.00	39.70	44.40	35.1	181	1.4	33.7	960	2.6	4.0	31.1	2841
3	5.0	26.20	22.30	22.00	34.00	37.10	42.40	35.1	200	1.4	33.7	960	2.1	3.6	31.5	2841
4	7.5	26.40	22.80	19.00	32.00	35.20	40.60	35.1	220	1.5	33.6	960	1.9	3.4	31.7	2841
5	10.0	26.80	23.30	15.30	29.00	33.10	39.20	35.1	239	1.2	33.9	960	3.0	4.2	30.9	2841
6	12.5	31.20	28.60	14.70	33.00	36.20	42.90	36.0	258	1.6	34.4	960	6.0	7.6	28.4	2736
7	15.0	32.20	28.80	9.00	32.00	36.20	42.20	36.0	256	1.5	34.5	960	6.4	7.9	28.1	2736
8	17.5	33.50	29.80	10.00	31.00	34.80	40.30	36.1	253	1.5	34.6	960	6.0	7.5	28.6	2770
9	20.0	35.10	31.80	15.00	31.00	34.80	40.00	36.8	251	1.5	35.3	960	6.7	8.2	28.6	2770
10	22.5	36.20	32.80	18.00	29.00	33.70	39.30	36.9	249	1.5	35.4	960	7.0	8.4	28.5	2770
11	25.0	37.10	33.20	21.00	26.00	33.10	38.20	37.1	246	1.4	35.7	960	6.9	8.4	28.7	2770
12	27.5	37.90	34.60	23.00	23.00	32.00	37.10	37.2	244	1.4	35.8	960	6.8	8.2	29.0	2770
13	30.0	38.50	34.80	26.00	20.00	31.20	36.30	37.3	242	1.4	35.9	960	6.8	8.2	29.1	2770
14	32.5	39.30	35.80	28.00	18.00	29.80	35.10	37.3	239	1.4	35.9	960	6.6	8.0	29.3	2770
15	35.0	40.40	36.80	30.00	16.00	28.80	34.60	37.4	237	1.3	36.1	960	7.0	8.4	29.0	2770
16	37.5	41.80	38.20	30.00	9.00	28.00	33.80	37.5	226	1.3	36.2	960	7.2	8.5	29.0	2770
17	40.0	43.40	40.70	32.00	11.00	27.00	33.30	37.6	216	1.3	36.3	960	7.6	8.9	28.7	2770
18	42.5	43.80	40.70	33.00	18.00	26.20	32.10	37.7	205	1.4	36.3	960	6.1	7.6	30.1	2770
19	45.0	43.80	41.00	33.00	22.00	24.10	30.60	37.7	230	1.6	36.1	960	5.5	7.0	30.7	2770
20	47.5	44.20	41.80	33.00	24.00	22.30	29.80	37.8	254	1.7	36.1	960	5.3	7.0	30.8	2770
21	50.0	44.90	43.00	34.00	26.00	21.70	28.60	37.9	279	1.9	36.0	960	5.1	7.0	30.9	2736
22	52.5	45.60	43.10	35.00	27.00	19.70	27.20	38.0	304	2.0	36.0	960	4.9	6.9	31.1	2736
23	55.0	46.30	43.10	35.00	27.00	15.70	26.10	38.1	304	2.2	35.9	960	4.1	6.3	31.8	2736
24	57.5	46.50	43.50	36.00	28.00	7.00	22.80	38.2	304	2.3	35.9	960	2.2	4.5	33.7	2715

Legenda:

Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota del geofono in m s.l.m.

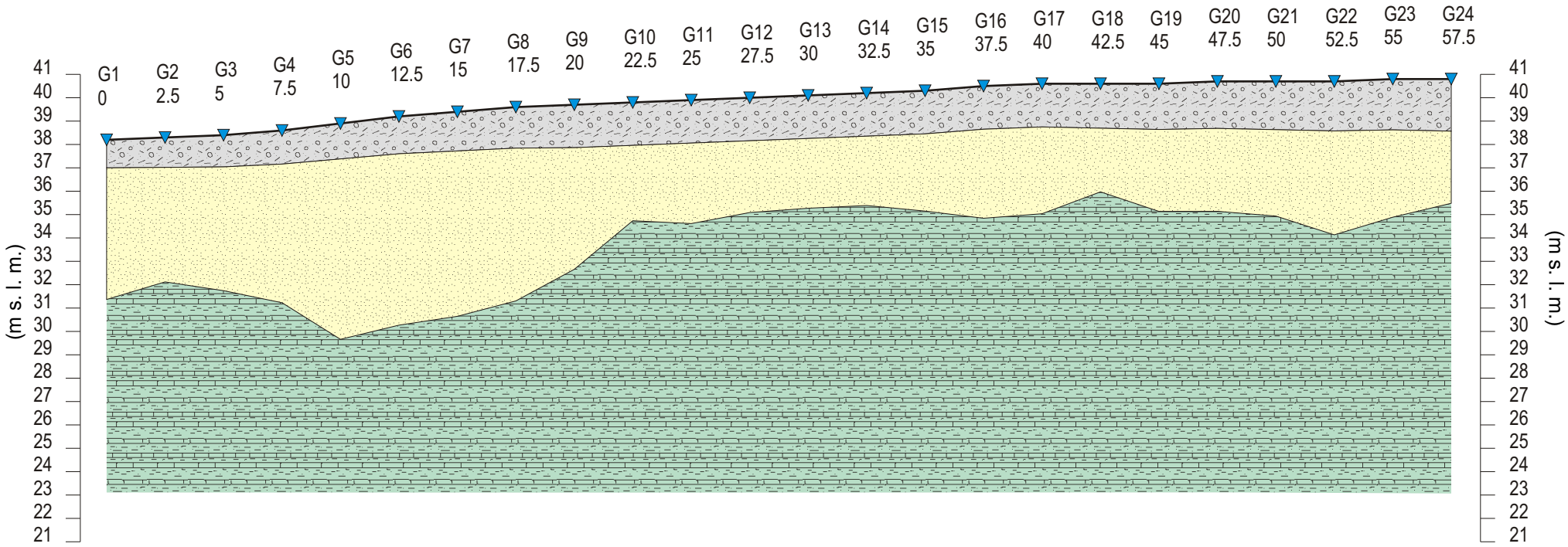
Profilo di sismica a Rifrazione Ps3 - onde P





Dromocrone

Ps3 - onde P- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2
Z2 (m)	5.6	4.9	5.3	5.9	7.7	7.3	7.1	6.5	5.2	3.2	3.4	3.1	3.0	3.0	3.3	3.8	3.7	2.7	3.5	3.5	3.7	4.4	3.7	3.1
H2 (m)	6.8	6.2	6.7	7.4	9.2	8.9	8.8	8.3	7.0	5.1	5.3	4.9	4.8	4.8	5.2	5.7	5.6	4.6	5.5	5.6	5.8	6.6	5.9	5.3
V1 (m/s)	246	246	304	361	419	376	333	291	248	205	206	207	209	210	211	218	224	231	265	300	334	368	368	368
V2 (m/s)	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093
V3 (m/s)	2964	2964	2964	2964	2964	2964	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777

Legenda:

- Terreno naturale - materiali di riporto
- Sabbie con elementi litoidii
- Siltiti-argilliti-arenarie

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
Z2 = Spessore del secondo orizzonte
H2 = Profondità del secondo orizzonte
V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
V3 = Velocità del terzoorizzonte sismico

Dati Ps3 - onde P

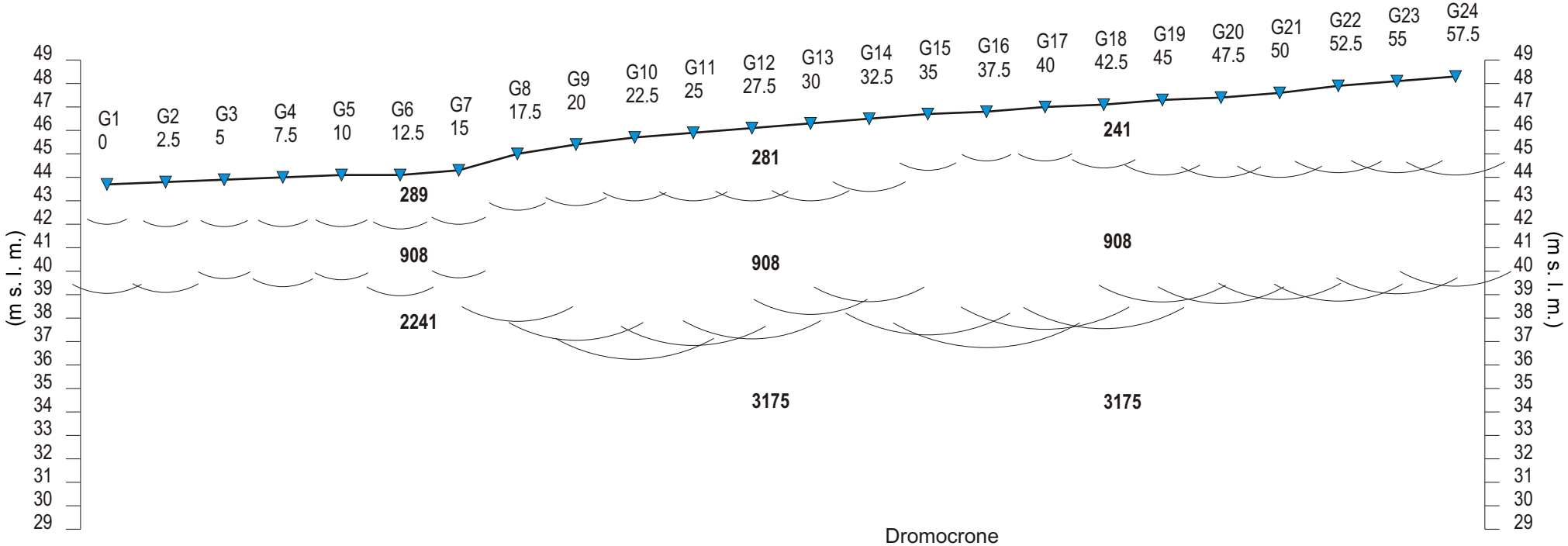
Tempi di arrivo

Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0.0	23.40	8.00	26.00	33.00	38.00	44.00	38.2	246	1.2	37.0	1093	5.6	6.8	31.4	2964
2	2.5	24.00	14.20	24.00	32.00	36.80	42.80	38.3	246	1.3	37.0	1093	4.9	6.2	32.1	2964
3	5.0	24.80	17.10	24.00	31.00	35.80	41.20	38.4	304	1.4	37.0	1093	5.3	6.7	31.7	2964
4	7.5	25.70	19.80	22.00	31.00	35.00	40.40	38.6	361	1.4	37.2	1093	5.9	7.4	31.2	2964
5	10.0	28.30	24.00	21.00	31.00	35.20	40.10	38.9	419	1.5	37.4	1093	7.7	9.2	29.7	2964
6	12.5	28.50	24.80	17.00	30.00	34.60	40.50	39.2	376	1.6	37.6	1093	7.3	8.9	30.3	2964
7	15.0	28.90	25.60	13.00	28.00	33.70	41.10	39.4	333	1.7	37.7	1093	7.1	8.8	30.6	2777
8	17.5	30.50	27.00	9.00	28.00	33.10	40.60	39.6	291	1.8	37.8	1093	6.5	8.3	31.3	2777
9	20.0	31.70	28.70	10.00	27.00	33.30	39.90	39.7	248	1.8	37.9	1093	5.2	7.0	32.7	2777
10	22.5	32.40	29.10	18.00	26.00	32.60	39.00	39.8	205	1.8	38.0	1093	3.2	5.1	34.7	2777
11	25.0	33.70	30.20	21.00	25.00	31.10	38.00	39.9	206	1.8	38.1	1093	3.4	5.3	34.6	2777
12	27.5	34.20	30.80	23.00	24.00	29.80	36.80	40.0	207	1.8	38.2	1093	3.1	4.9	35.1	2777
13	30.0	34.80	31.80	24.00	22.00	28.80	35.90	40.1	209	1.8	38.3	1093	3.0	4.8	35.3	2777
14	32.5	35.70	33.00	25.10	21.00	27.80	34.90	40.2	210	1.8	38.4	1093	3.0	4.8	35.4	2777
15	35.0	36.80	34.10	26.10	18.00	27.50	34.30	40.3	211	1.8	38.5	1093	3.3	5.2	35.1	2777
16	37.5	38.10	35.10	27.20	10.00	27.00	33.30	40.5	218	1.8	38.7	1093	3.8	5.7	34.8	2777
17	40.0	38.80	35.50	28.10	11.00	25.30	32.00	40.6	224	1.8	38.8	1093	3.7	5.6	35.0	2777
18	42.5	38.20	35.50	28.10	16.00	22.80	30.90	40.6	231	1.9	38.7	1093	2.7	4.6	36.0	2777
19	45.0	38.80	35.80	28.50	18.00	21.10	29.90	40.6	265	2.0	38.6	1093	3.5	5.5	35.1	2777
20	47.5	39.40	37.00	28.70	20.00	19.50	28.00	40.7	300	2.0	38.7	1093	3.5	5.6	35.1	2777
21	50.0	40.00	36.80	29.50	21.00	18.10	26.60	40.7	334	2.1	38.6	1093	3.7	5.8	34.9	2777
22	52.5	41.10	38.00	30.70	23.00	16.30	25.90	40.7	368	2.1	38.6	1093	4.4	6.6	34.1	2777
23	55.0	41.70	39.00	31.10	24.00	13.10	24.40	40.8	368	2.2	38.6	1093	3.7	5.9	34.9	2777
24	57.5	42.00	40.00	32.00	25.00	8.10	23.30	40.8	368	2.2	38.6	1093	3.1	5.3	35.5	2777

Legenda:

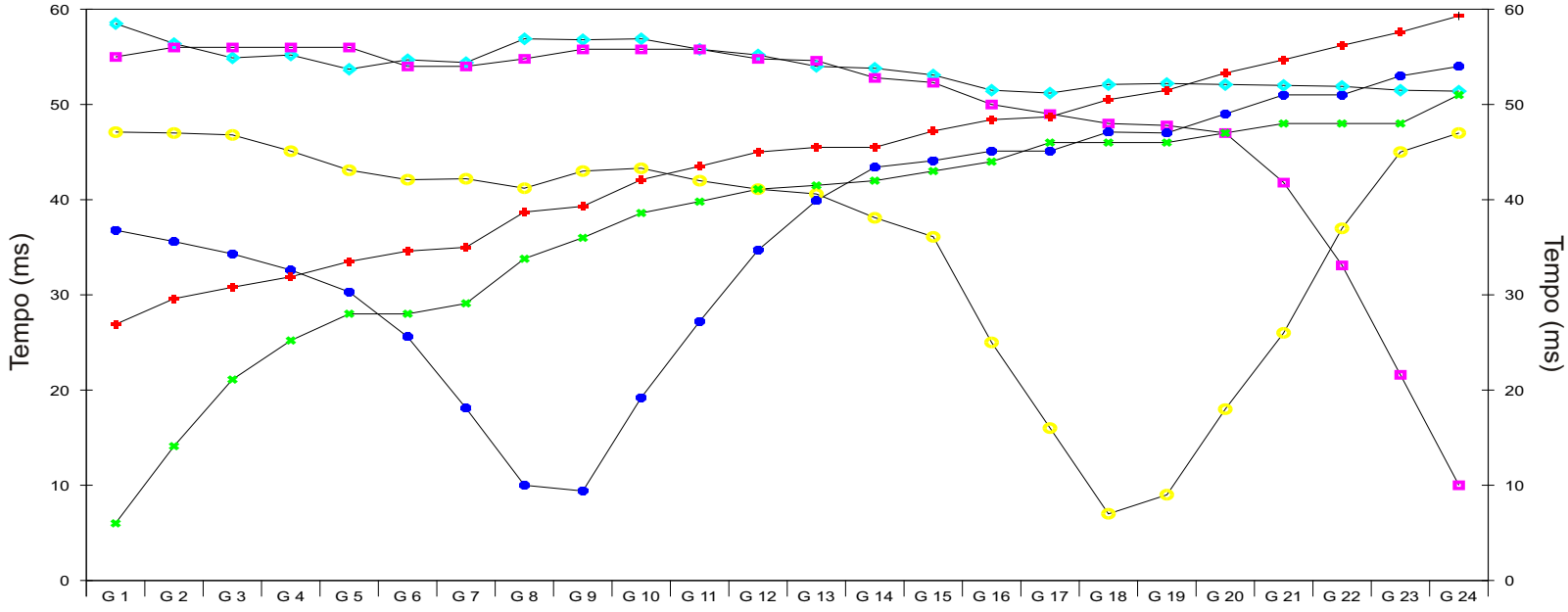
Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota del geofono in m s.l.m.

Profilo di sismica a Rifrazione Ps4 - onde P

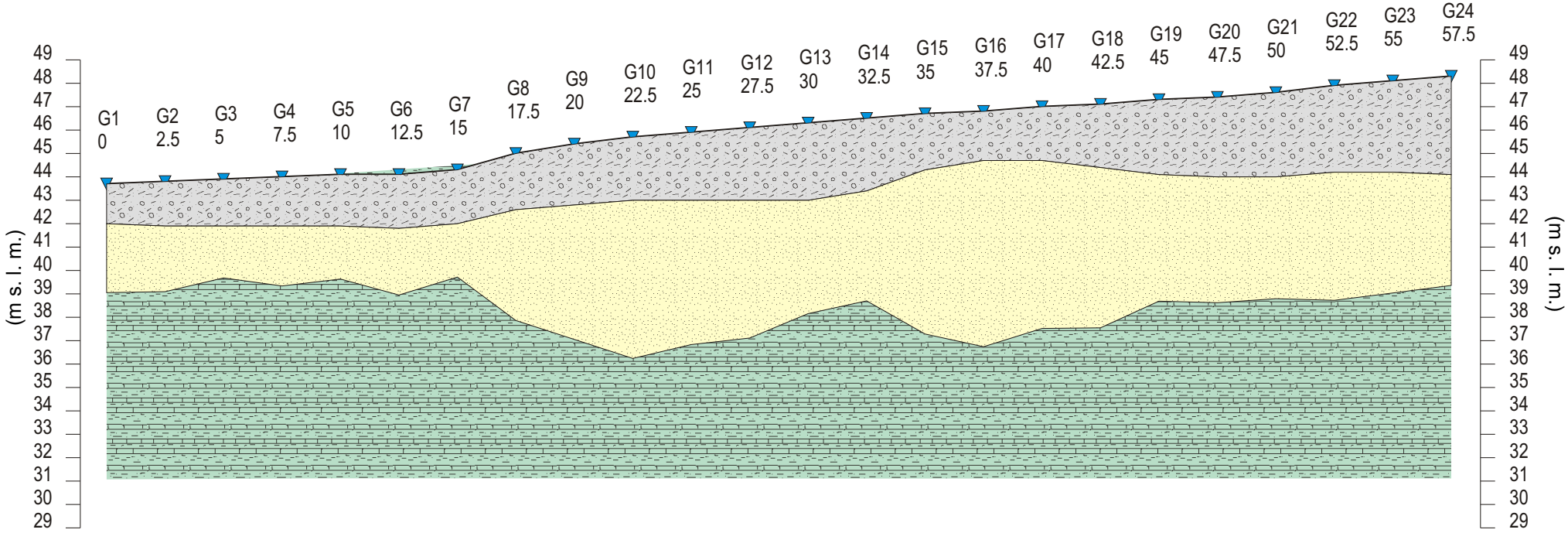




Dromocrone



Ps4 - onde P- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.1	2.4	2.1	2.3	2.7	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9	4.2
Z2 (m)	2.9	2.8	2.2	2.6	2.3	2.8	2.3	4.7	5.7	6.8	6.2	5.9	4.8	4.7	7.0	8.0	7.2	6.9	5.4	5.4	5.2	5.5	5.2	4.7
H2 (m)	4.6	4.7	4.2	4.7	4.5	5.1	4.6	7.1	8.3	9.5	9.1	9.0	8.1	7.8	9.4	10.1	9.5	9.6	8.6	8.8	8.8	9.2	9.1	8.9
V1 (m/s)	284	284	284	287	290	289	288	286	285	284	282	281	280	262	243	242	242	241	241	240	240	240	240	240
V2 (m/s)	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908
V3 (m/s)	2241	2241	2241	2241	2241	2241	3211	3211	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175

Legenda:

- Terreno naturale - materiali di riporto
- Sabbie con elementi litoidii
- Siltiti-argilliti-arenarie

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
Z2 = Spessore del secondo orizzonte
H2 = Profondità del secondo orizzonte
V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
V3 = Velocità del terzoorizzonte sismico

Dati Ps4 - onde P

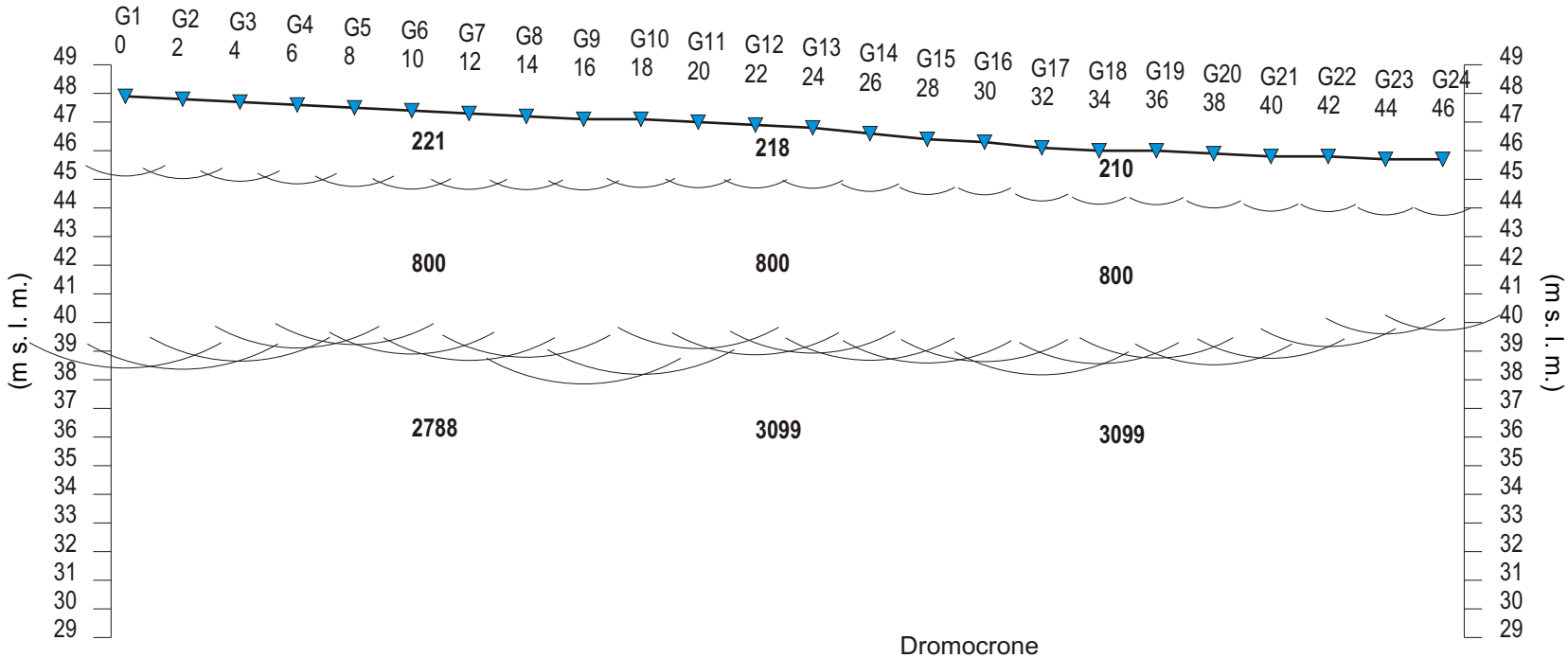
Tempi di arrivo

Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0.0	26.90	6.00	36.80	47.10	55.00	58.50	43.7	284	1.7	42.0	908	2.9	4.6	39.1	2241
2	2.5	29.60	14.10	35.60	47.00	56.00	56.40	43.8	284	1.9	41.9	908	2.8	4.7	39.1	2241
3	5.0	30.80	21.10	34.30	46.80	56.00	54.90	43.9	284	2.0	41.9	908	2.2	4.2	39.7	2241
4	7.5	31.90	25.20	32.60	45.10	56.00	55.20	44.0	287	2.1	41.9	908	2.6	4.7	39.3	2241
5	10.0	33.50	28.00	30.30	43.10	56.00	53.70	44.1	290	2.2	41.9	908	2.3	4.5	39.6	2241
6	12.5	34.60	28.00	25.60	42.10	54.00	54.70	44.1	289	2.3	41.8	908	2.8	5.1	39.0	2241
7	15.0	35.00	29.10	18.10	42.20	54.00	54.40	44.3	288	2.3	42.0	908	2.3	4.6	39.7	3211
8	17.5	38.70	33.80	10.00	41.20	54.80	56.90	45.0	286	2.4	42.6	908	4.7	7.1	37.9	3211
9	20.0	39.30	36.00	9.40	43.00	55.80	56.80	45.4	285	2.6	42.8	908	5.7	8.3	37.1	3175
10	22.5	42.10	38.60	19.20	43.30	55.80	56.90	45.7	284	2.7	43.0	908	6.8	9.5	36.2	3175
11	25.0	43.50	39.80	27.20	42.00	55.80	55.80	45.9	282	2.9	43.0	908	6.2	9.1	36.8	3175
12	27.5	45.00	41.10	34.70	41.10	54.80	55.20	46.1	281	3.1	43.0	908	5.9	9.0	37.1	3175
13	30.0	45.50	41.50	39.90	40.60	54.60	54.00	46.3	280	3.3	43.0	908	4.8	8.1	38.2	3175
14	32.5	45.50	42.00	43.40	38.10	52.80	53.80	46.5	262	3.1	43.4	908	4.7	7.8	38.7	3175
15	35.0	47.20	43.00	44.10	36.10	52.30	53.10	46.7	243	2.4	44.3	908	7.0	9.4	37.3	3175
16	37.5	48.40	44.00	45.10	25.00	50.00	51.50	46.8	242	2.1	44.7	908	8.0	10.1	36.7	3175
17	40.0	48.70	46.00	45.10	16.00	49.00	51.20	47.0	242	2.3	44.7	908	7.2	9.5	37.5	3175
18	42.5	50.50	46.00	47.10	7.00	48.00	52.10	47.1	241	2.7	44.4	908	6.9	9.6	37.5	3175
19	45.0	51.50	46.00	47.00	9.00	47.80	52.20	47.3	241	3.2	44.1	908	5.4	8.6	38.7	3175
20	47.5	53.30	47.00	49.00	18.00	47.00	52.10	47.4	240	3.4	44.0	908	5.4	8.8	38.6	3175
21	50.0	54.70	48.00	51.00	26.00	41.80	52.00	47.6	240	3.6	44.0	908	5.2	8.8	38.8	3175
22	52.5	56.20	48.00	51.00	37.00	33.10	51.90	47.9	240	3.7	44.2	908	5.5	9.2	38.7	3175
23	55.0	57.60	48.00	53.00	45.00	21.60	51.50	48.1	240	3.9	44.2	908	5.2	9.1	39.0	3175
24	57.5	59.30	51.00	54.00	47.00	10.00	51.40	48.3	240	4.2	44.1	908	4.7	8.9	39.4	3175

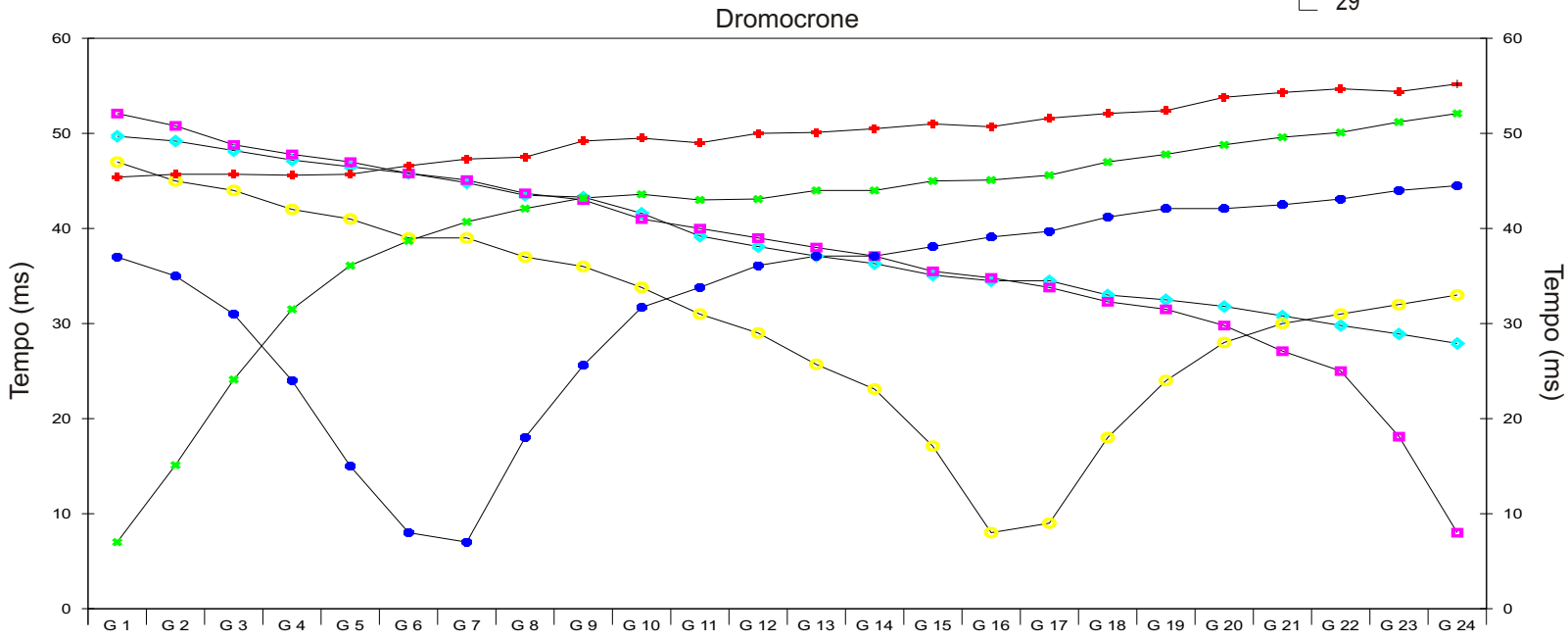
Legenda:

Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota del geofono in m s.l.m.

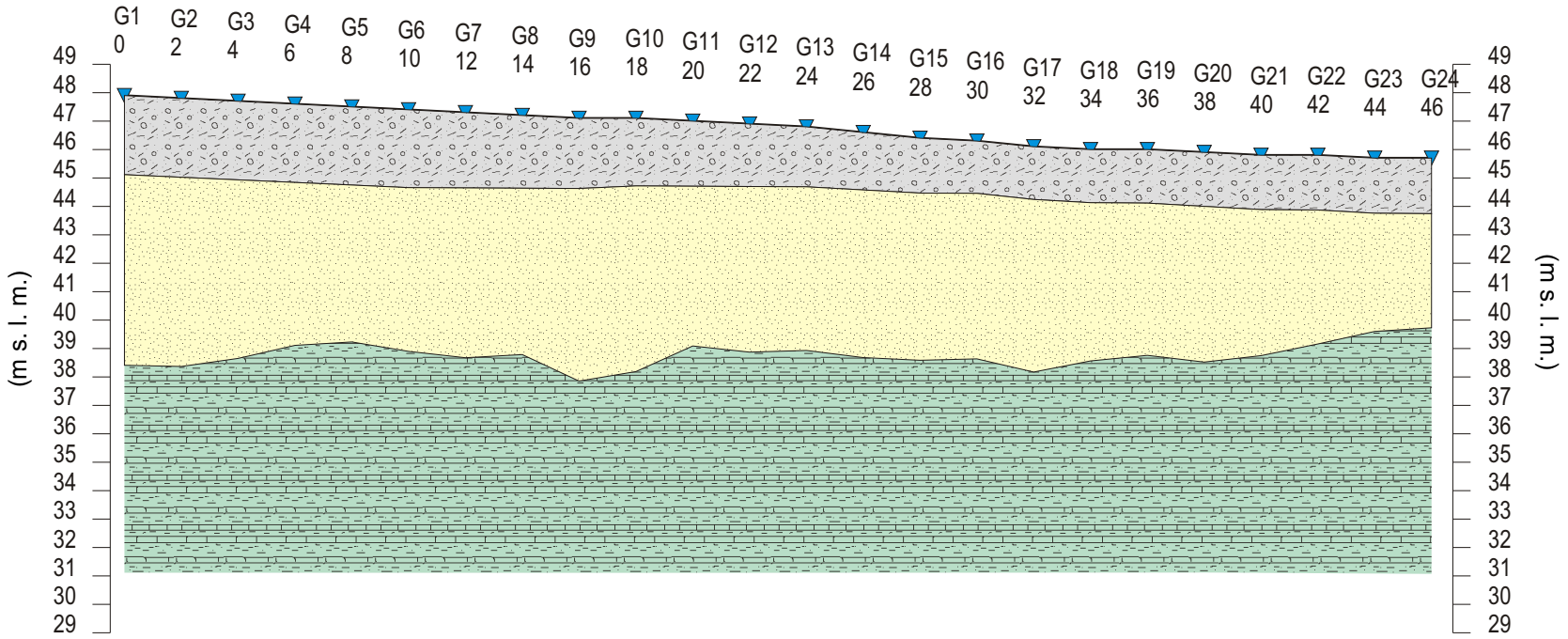
Profilo di sismica a Rifrazione Ps5 - onde P







Ps5 - onde P- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0
Z2 (m)	6.7	6.7	6.3	5.7	5.5	5.8	6.0	5.9	6.8	6.5	5.6	5.8	5.8	5.9	5.9	5.8	6.1	5.6	5.4	5.5	5.1	4.7	4.2	4.0
H2 (m)	9.5	9.4	9.0	8.5	8.3	8.5	8.6	8.4	9.2	8.9	7.9	8.0	7.9	7.9	7.8	7.7	7.9	7.4	7.2	7.4	7.0	6.6	6.1	6.0
V1 (m/s)	225	225	225	222	222	221	221	221	220	220	219	218	217	216	214	213	211	210	208	205	203	200	200	200
V2 (m/s)	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
V3 (m/s)	4494	4494	4494	4494	4494	2788	2788	2788	2788	2788	2788	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099	3099

Legenda:

- Terreno naturale - materiali di riporto
- Sabbie con elementi litoidii
- Siltiti-argilliti-arenarie

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
Z2 = Spessore del secondo orizzonte
H2 = Profondità del secondo orizzonte
V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
V3 = Velocità del terzoorizzonte sismico

Dati Ps5 - onde P

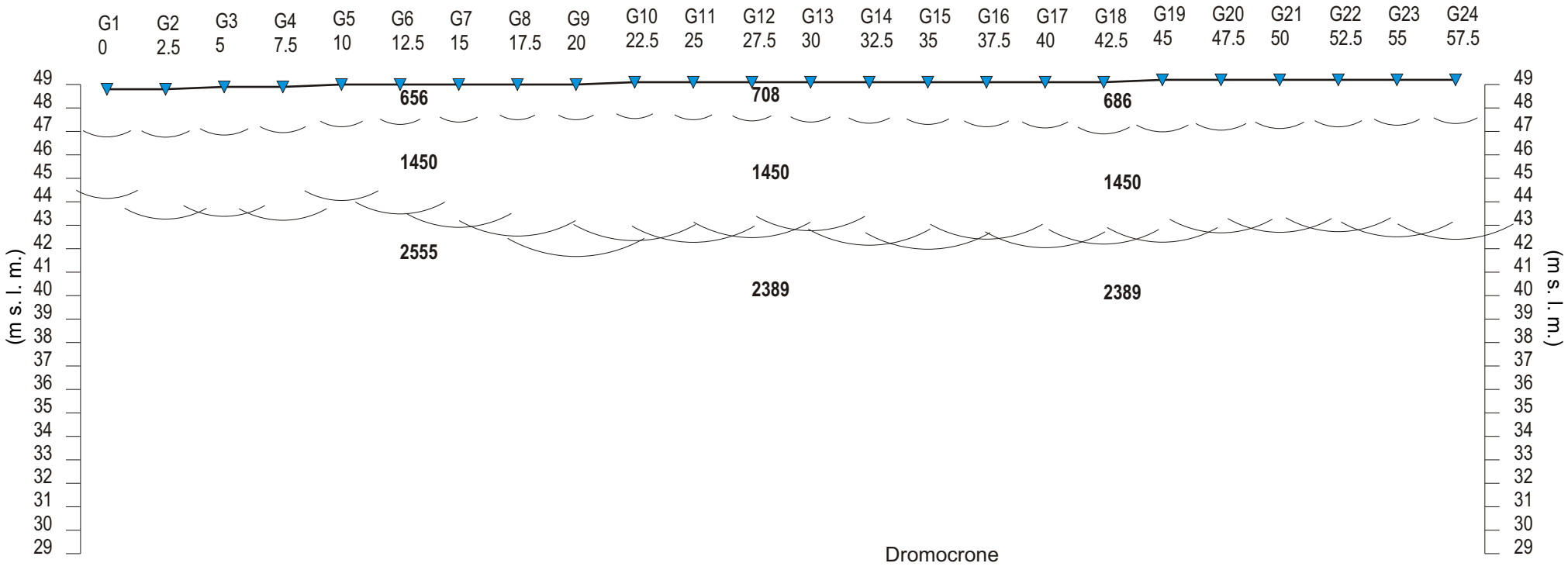
Tempi di arrivo

Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0.0	45.40	7.00	37.00	47.00	52.10	49.70	47.9	225	2.8	45.1	800	6.7	9.5	38.4	4494
2	2.0	45.70	15.10	35.00	45.00	50.80	49.20	47.8	225	2.8	45.0	800	6.7	9.4	38.4	4494
3	4.0	45.70	24.10	31.00	44.00	48.80	48.20	47.7	225	2.8	44.9	800	6.3	9.0	38.7	4494
4	6.0	45.60	31.50	24.00	42.00	47.80	47.20	47.6	222	2.8	44.8	800	5.7	8.5	39.1	4494
5	8.0	45.70	36.10	15.00	41.00	47.00	46.50	47.5	222	2.7	44.8	800	5.5	8.3	39.2	4494
6	10.0	46.60	38.70	8.00	39.00	45.80	45.80	47.4	221	2.7	44.7	800	5.8	8.5	38.9	2788
7	12.0	47.30	40.70	7.00	39.00	45.10	44.80	47.3	221	2.6	44.7	800	6.0	8.6	38.7	2788
8	14.0	47.50	42.10	18.00	37.00	43.70	43.50	47.2	221	2.6	44.6	800	5.9	8.4	38.8	2788
9	16.0	49.20	43.20	25.60	36.00	43.00	43.30	47.1	220	2.5	44.6	800	6.8	9.2	37.9	2788
10	18.0	49.50	43.60	31.70	33.80	41.00	41.60	47.1	220	2.4	44.7	800	6.5	8.9	38.2	2788
11	20.0	49.00	43.00	33.80	31.00	40.00	39.20	47.0	219	2.3	44.7	800	5.6	7.9	39.1	2788
12	22.0	50.00	43.10	36.10	29.00	39.00	38.10	46.9	218	2.2	44.7	800	5.8	8.0	38.9	3099
13	24.0	50.10	44.00	37.10	25.70	38.00	37.10	46.8	217	2.1	44.7	800	5.8	7.9	38.9	3099
14	26.0	50.50	44.00	37.10	23.10	37.10	36.30	46.6	216	2.0	44.6	800	5.9	7.9	38.7	3099
15	28.0	51.00	45.00	38.10	17.10	35.50	35.10	46.4	214	1.9	44.5	800	5.9	7.8	38.6	3099
16	30.0	50.70	45.10	39.10	8.00	34.80	34.50	46.3	213	1.8	44.5	800	5.8	7.7	38.6	3099
17	32.0	51.60	45.60	39.70	9.00	33.80	34.50	46.1	211	1.9	44.2	800	6.1	7.9	38.2	3099
18	34.0	52.10	47.00	41.20	18.00	32.30	33.00	46.0	210	1.9	44.1	800	5.6	7.4	38.6	3099
19	36.0	52.40	47.80	42.10	24.00	31.50	32.50	46.0	208	1.9	44.1	800	5.4	7.2	38.8	3099
20	38.0	53.80	48.80	42.10	28.00	29.80	31.80	45.9	205	1.9	44.0	800	5.5	7.4	38.5	3099
21	40.0	54.30	49.60	42.50	30.00	27.10	30.80	45.8	203	1.9	43.9	800	5.1	7.0	38.8	3099
22	42.0	54.70	50.10	43.10	31.00	25.00	29.80	45.8	200	1.9	43.9	800	4.7	6.6	39.2	3099
23	44.0	54.40	51.20	44.00	32.00	18.10	28.90	45.7	200	1.9	43.8	800	4.2	6.1	39.6	3099
24	46.0	55.20	52.10	44.50	33.00	8.00	27.90	45.7	200	2.0	43.7	800	4.0	6.0	39.7	3099

Legenda:

Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota del geofono in m s.l.m.

Profilo di sismica a Rifrazione Ps6 - onde P



Legenda

- Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici Faglie presunte

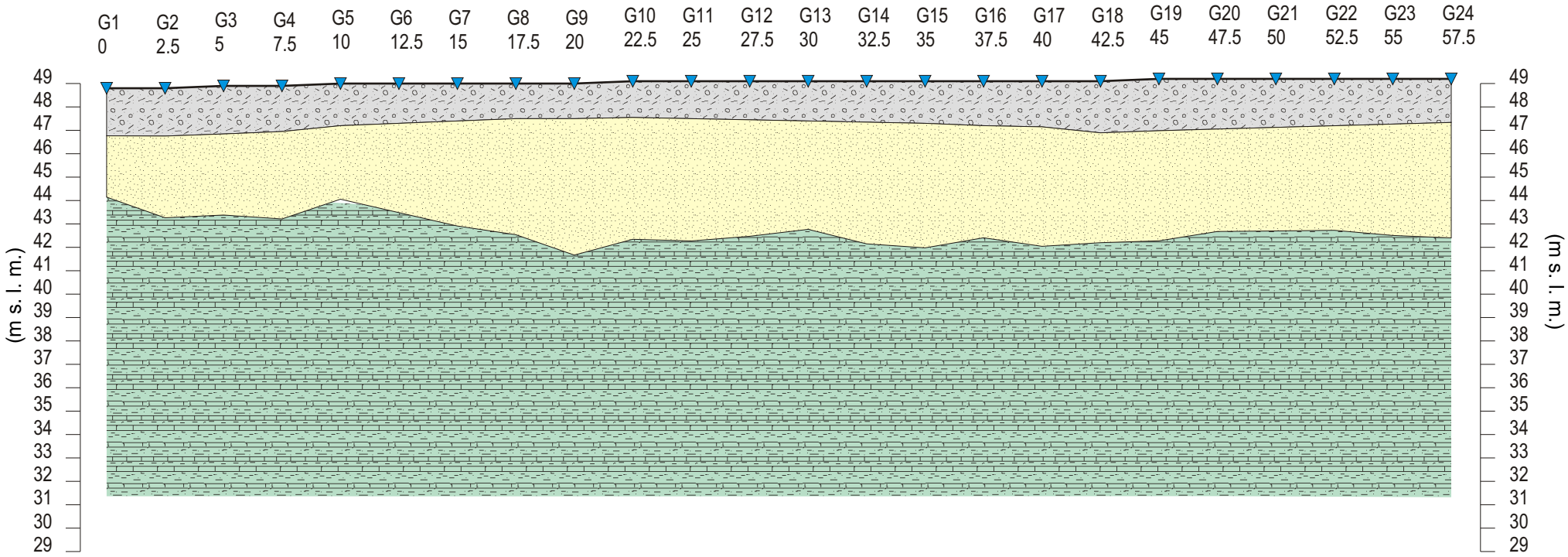
Scala 1:250

- A Estremo sinistro
- B Centrale
- C Centrale
- D Estremo destro
- E Estremo destro

Tempo (ms)

Tempo (ms)

Ps6 - onde P- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	2.0	2.0	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9
Z2 (m)	2.6	3.5	3.5	3.7	3.1	3.8	4.5	5.0	5.8	5.2	5.2	5.0	4.6	5.2	5.3	4.8	5.1	4.7	4.7	4.4	4.4	4.5	4.8	4.9
H2 (m)	4.7	5.5	5.5	5.7	4.9	5.5	6.1	6.5	7.3	6.8	6.8	6.6	6.3	6.9	7.1	6.7	7.1	6.9	6.9	6.5	6.5	6.5	6.7	6.8
V1 (m/s)	631	631	631	640	648	656	665	674	682	690	699	708	716	724	733	717	702	686	670	654	639	623	623	623
V2 (m/s)	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
V3 (m/s)	2555	2555	2555	2555	2555	2555	2555	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2554

Legenda:

- Terreno naturale - materiali di riporto
- Sabbie con elementi litoidii
- Siltiti-argilliti-arenarie

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
Z2 = Spessore del secondo orizzonte
H2 = Profondità del secondo orizzonte
V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
V3 = Velocità del terzoorizzonte sismico

Dati Ps6 - onde P

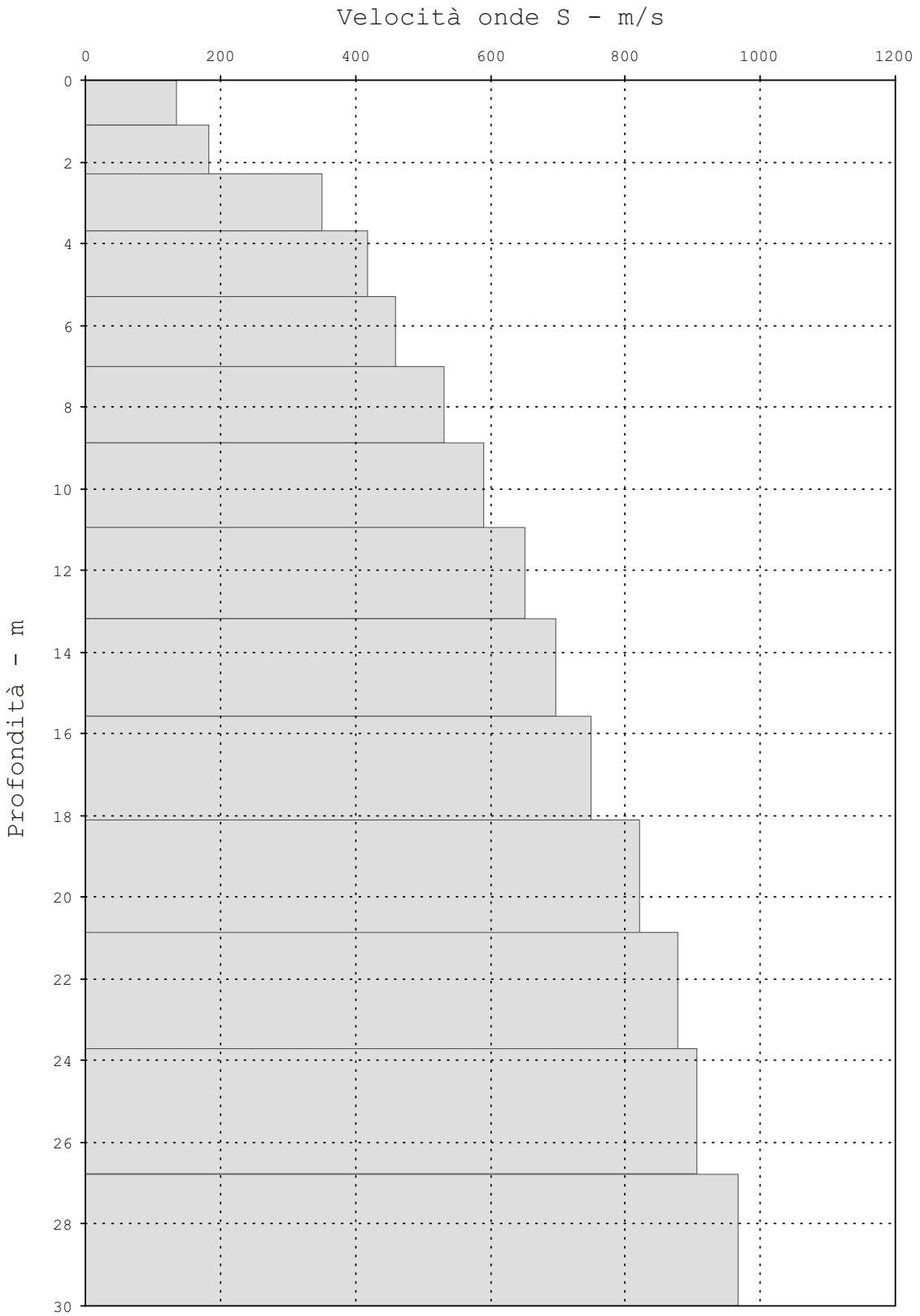
Tempi di arrivo

Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
1	0.0	22.40	3.10	20.80	28.00	34.30	50.60	48.8	631	2.0	46.8	1450	2.6	4.7	44.1	2555
2	2.5	23.50	6.60	18.00	28.00	33.20	49.80	48.8	631	2.0	46.8	1450	3.5	5.5	43.3	2555
3	5.0	25.50	9.50	15.10	27.00	32.10	48.90	48.9	631	2.1	46.8	1450	3.5	5.5	43.4	2555
4	7.5	26.30	11.10	12.50	26.00	31.30	47.50	48.9	640	2.0	47.0	1450	3.7	5.7	43.2	2555
5	10.0	27.10	12.30	9.20	25.00	30.30	46.80	49.0	648	1.8	47.2	1450	3.1	4.9	44.1	2555
6	12.5	27.30	14.00	7.50	25.00	29.70	46.20	49.0	656	1.7	47.3	1450	3.8	5.5	43.5	2555
7	15.0	28.40	15.60	4.30	24.00	28.80	46.10	49.0	665	1.6	47.4	1450	4.5	6.1	42.9	2555
8	17.5	29.40	16.50	3.50	23.00	27.80	45.30	49.0	674	1.5	47.5	1450	5.0	6.5	42.5	2389
9	20.0	29.60	17.00	3.10	22.00	26.30	44.10	49.0	682	1.5	47.5	1450	5.8	7.3	41.7	2389
10	22.5	31.30	18.00	4.60	20.00	26.20	43.20	49.1	690	1.5	47.5	1450	5.2	6.8	42.3	2389
11	25.0	31.90	20.00	7.10	19.00	26.10	41.50	49.1	699	1.6	47.5	1450	5.2	6.8	42.3	2389
12	27.5	32.90	20.00	9.20	17.00	25.10	40.60	49.1	708	1.6	47.4	1450	5.0	6.6	42.5	2389
13	30.0	34.40	21.00	10.00	16.00	24.00	39.70	49.1	716	1.7	47.4	1450	4.6	6.3	42.8	2389
14	32.5	35.00	23.00	13.00	13.00	22.80	38.80	49.1	724	1.8	47.3	1450	5.2	6.9	42.2	2389
15	35.0	36.60	24.00	14.00	12.00	20.80	37.60	49.1	733	1.8	47.3	1450	5.3	7.1	42.0	2389
16	37.5	37.70	25.00	16.00	8.00	20.80	36.70	49.1	717	1.9	47.2	1450	4.8	6.7	42.4	2389
17	40.0	38.70	26.00	18.00	7.00	20.00	35.80	49.1	702	2.0	47.1	1450	5.1	7.1	42.0	2389
18	42.5	40.20	27.00	18.80	3.00	17.50	35.00	49.1	686	2.2	46.9	1450	4.7	6.9	42.2	2389
19	45.0	41.50	29.00	19.80	3.00	15.80	34.00	49.2	670	2.2	47.0	1450	4.7	6.9	42.3	2389
20	47.5	42.50	30.00	21.10	7.00	14.50	33.10	49.2	654	2.1	47.1	1450	4.4	6.5	42.7	2389
21	50.0	43.10	31.00	22.60	11.00	12.10	32.20	49.2	639	2.1	47.1	1450	4.4	6.5	42.7	2389
22	52.5	44.00	32.00	23.50	13.00	10.10	31.30	49.2	623	2.0	47.2	1450	4.5	6.5	42.7	2389
23	55.0	44.90	32.00	24.10	16.00	6.70	30.30	49.2	623	1.9	47.3	1450	4.8	6.7	42.5	2389
24	57.5	45.90	32.00	25.10	17.00	2.00	29.40	49.2	623	1.9	47.3	1450	4.9	6.8	42.4	2554

Legenda:

Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota del geofono in m s.l.m.

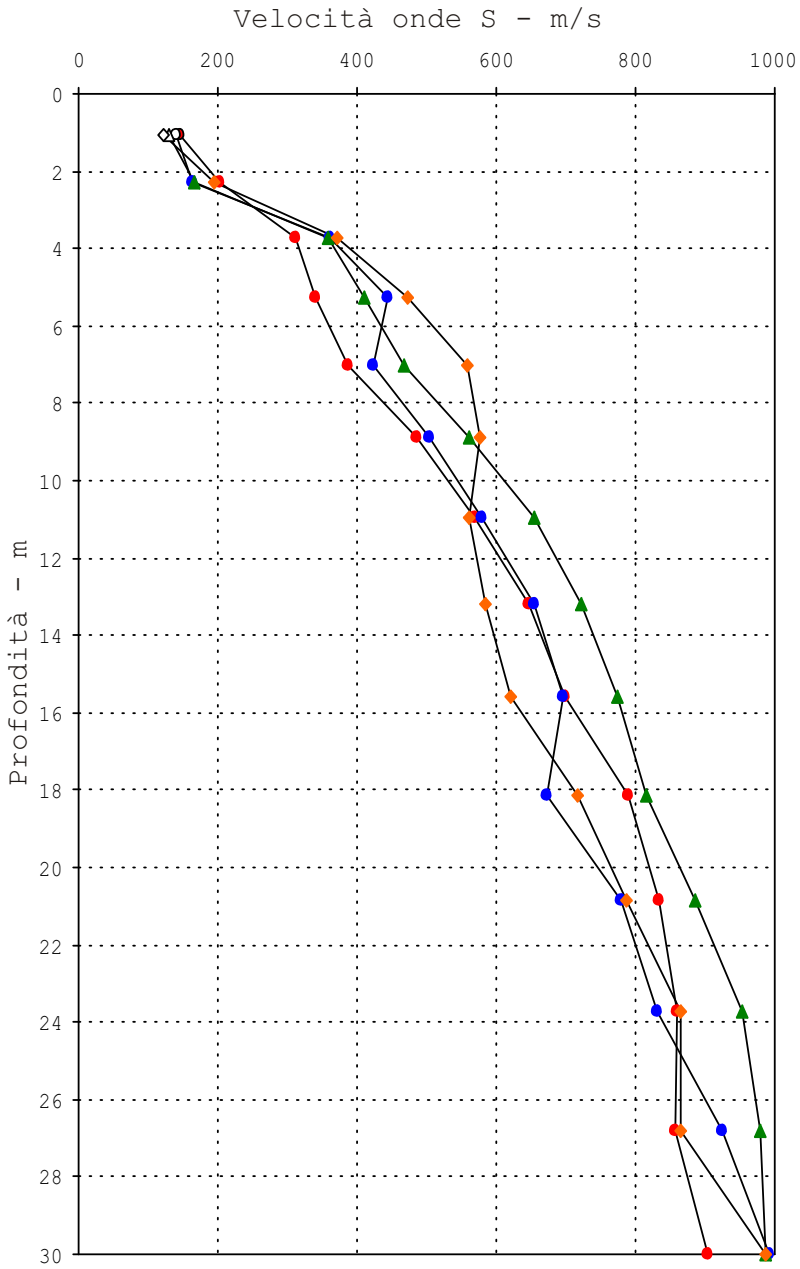
Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - Elaborazione MASW



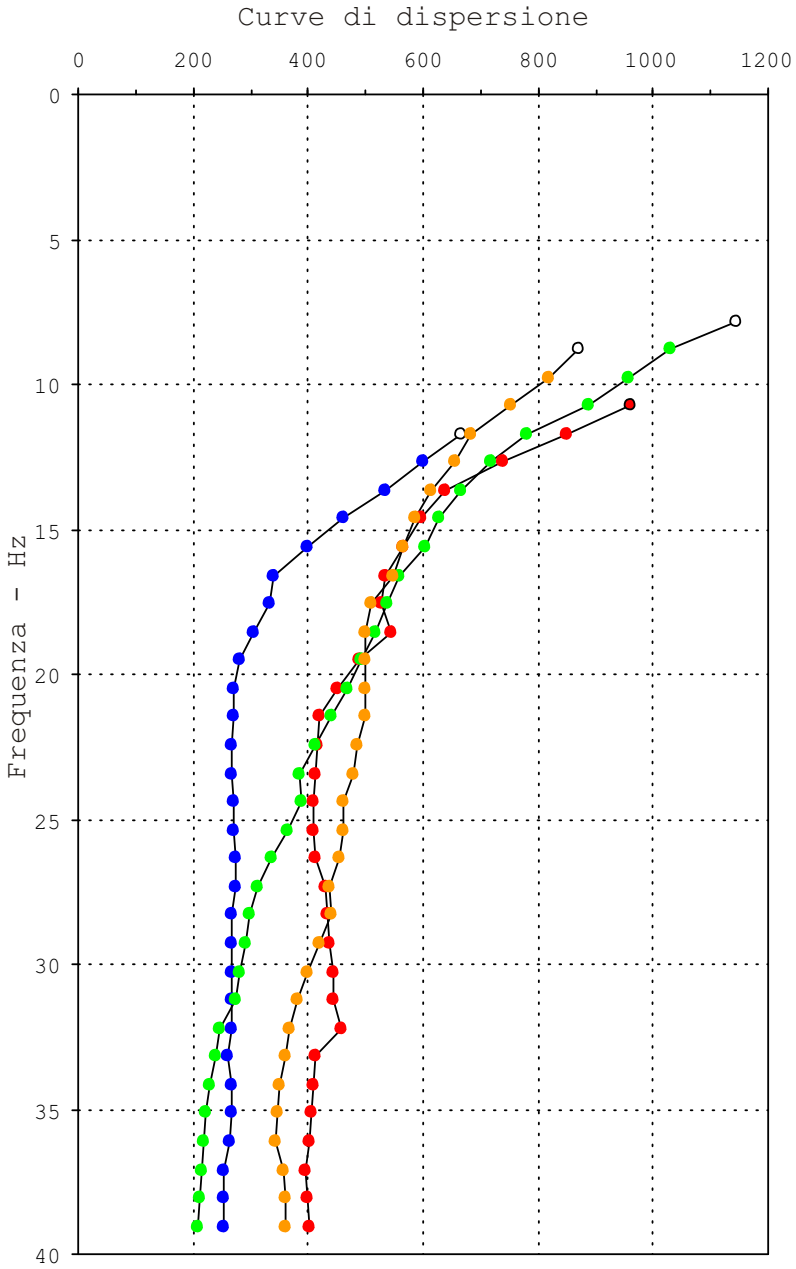
Z m	Vsmedia M/s
1.07	134
2.31	182
3.71	351
5.27	417
7.01	459
8.90	531
10.96	590
13.19	652
15.58	697
18.13	749
20.85	821
23.74	878
26.79	906
30.00	967

Vs30 = 527 m/s - Categoria B

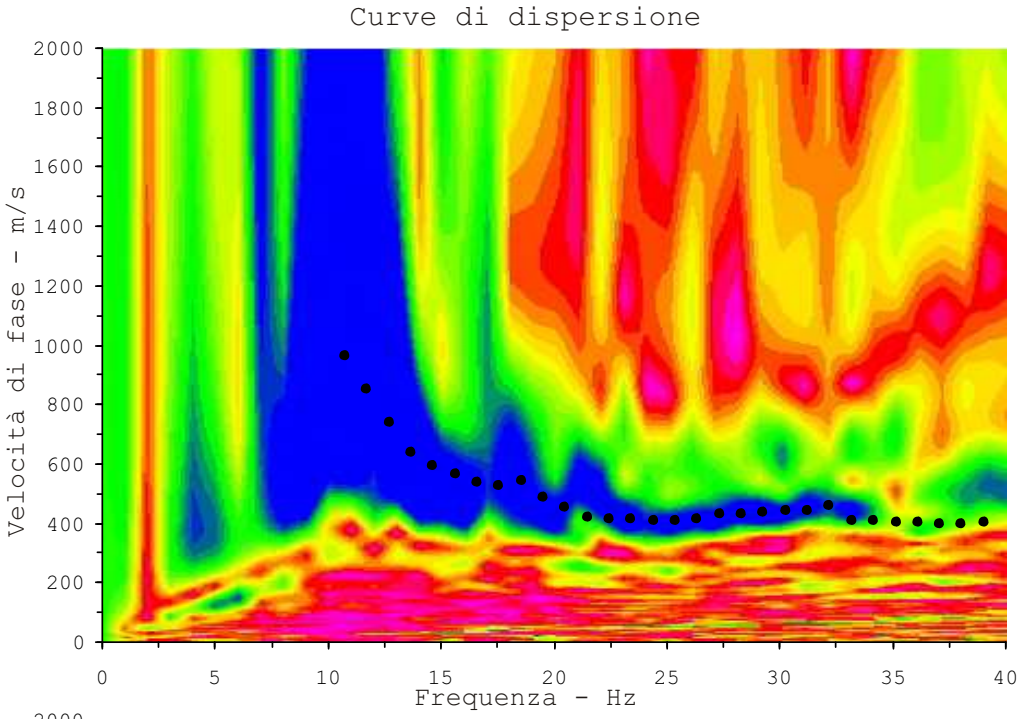
Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - Elaborazione MASW

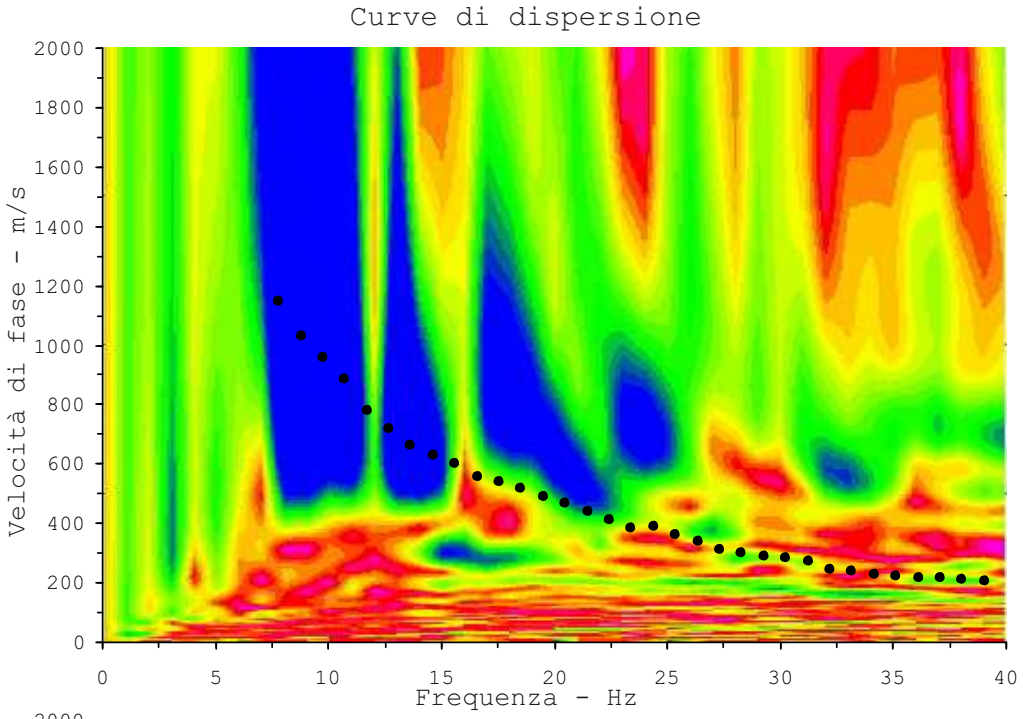


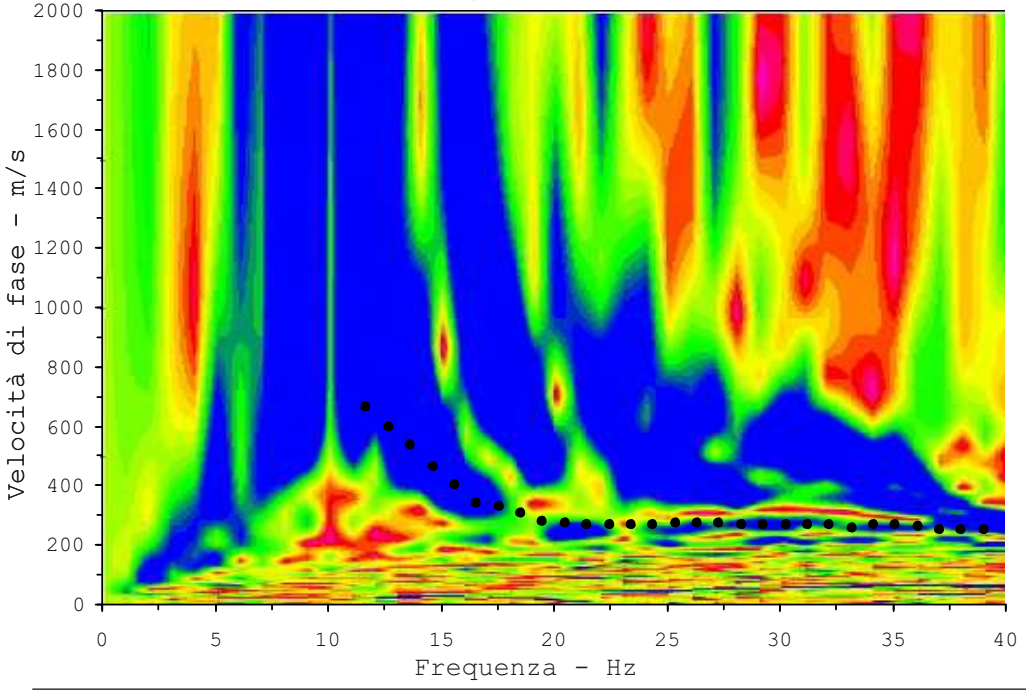
File	101	102	106	109
Shot m	-20	-1	58.5	72
Z m	VS m/s	VS m/s	VS m/s	VS m/s
1.07	139	146	130	121
2.31	164	204	167	194
3.71	361	313	359	371
5.27	445	340	410	474
7.01	423	386	466	558
8.90	503	484	561	577
10.96	578	568	654	561
13.19	655	648	722	583
15.58	697	698	773	620
18.13	673	789	816	716
20.85	779	833	885	787
23.74	832	859	953	866
26.79	925	856	980	864
30.00	992	904	987	986
Vs30	516	514	542	525

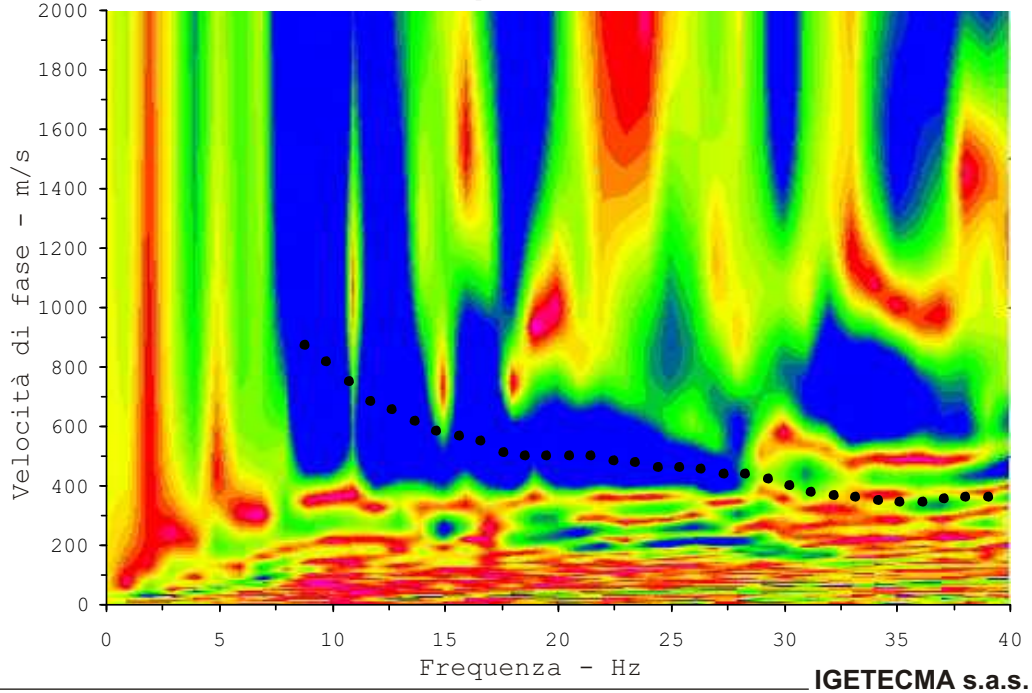


Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - Elaborazione MASW

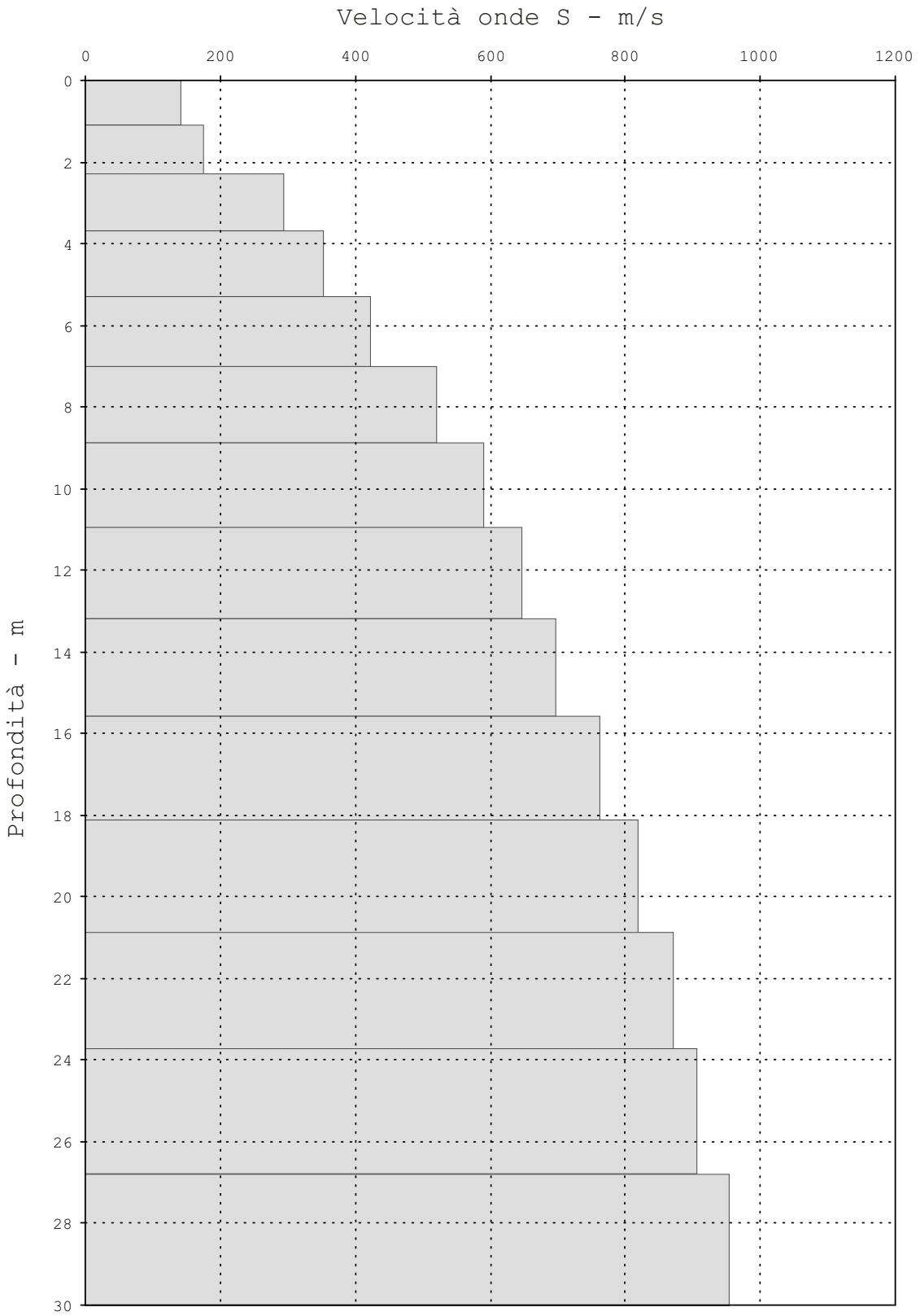








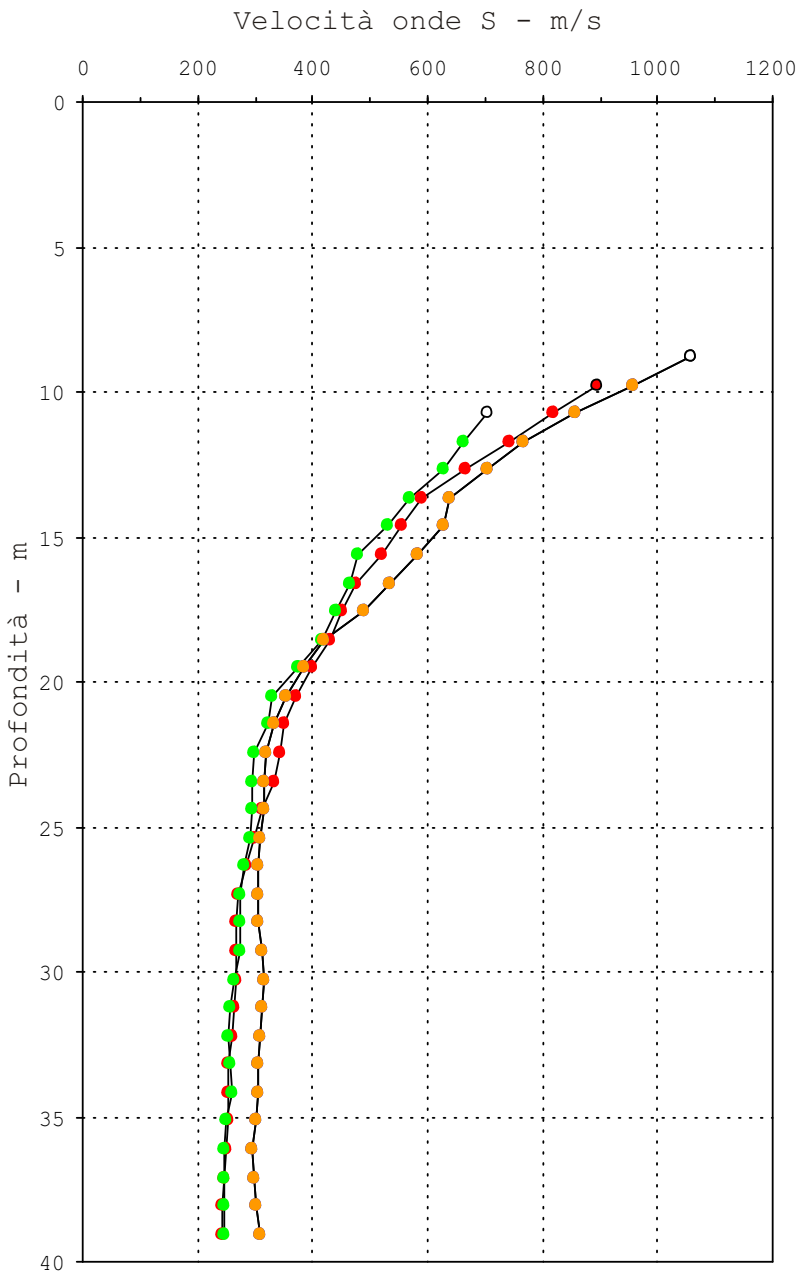
Profilo di sismica a Rifrazione Ps2 - Elaborazione MASW



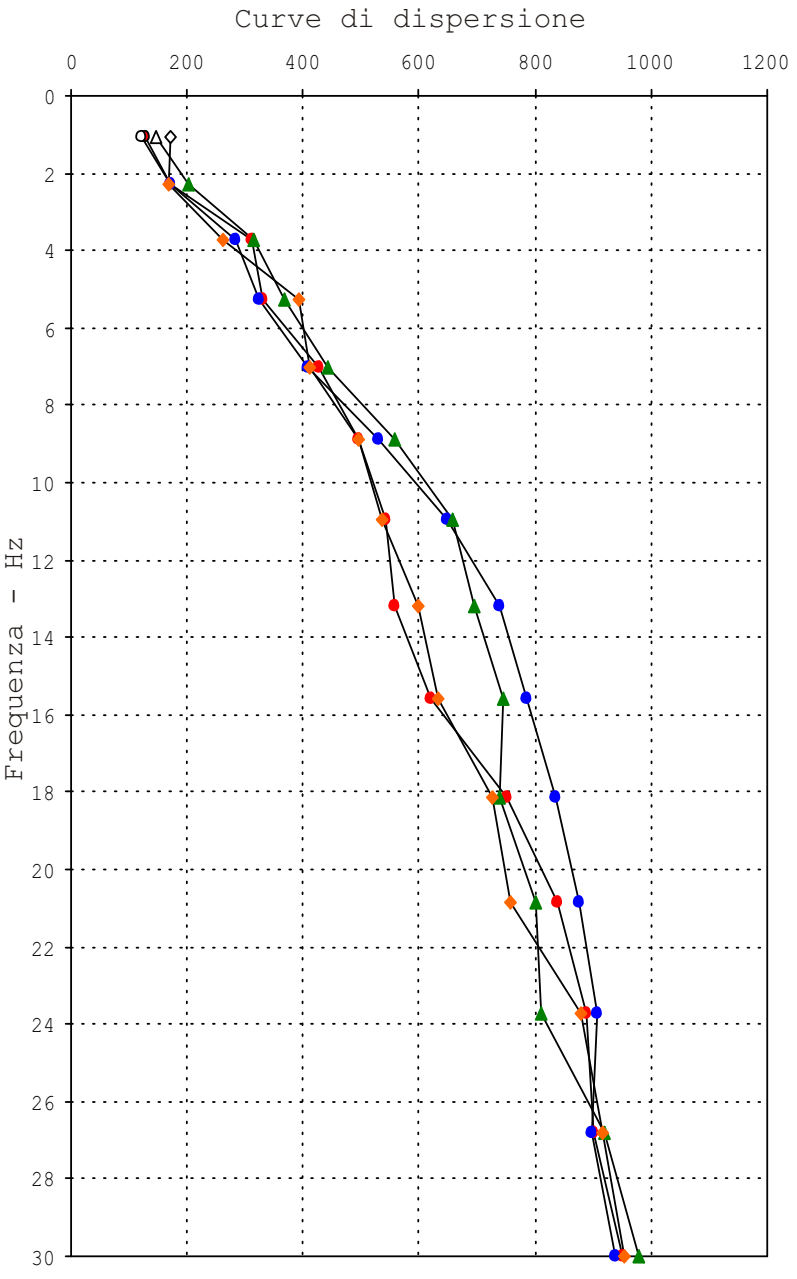
Z m	Vsmedia M/s
1.07	141
2.31	178
3.71	294
5.27	354
7.01	422
8.90	520
10.96	595
13.19	648
15.58	696
18.13	763
20.85	819
23.74	872
26.79	909
30.00	955

Vs30 = 513 m/s - Categoria B

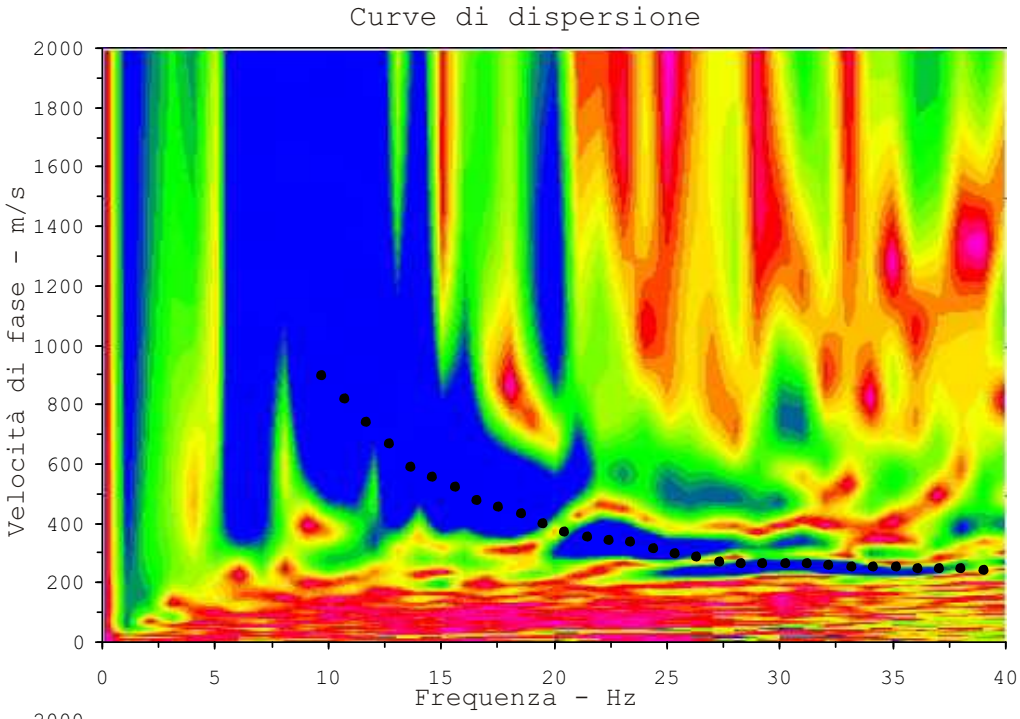
Profilo di sismica a Rifrazione Ps2 - Elaborazione MASW

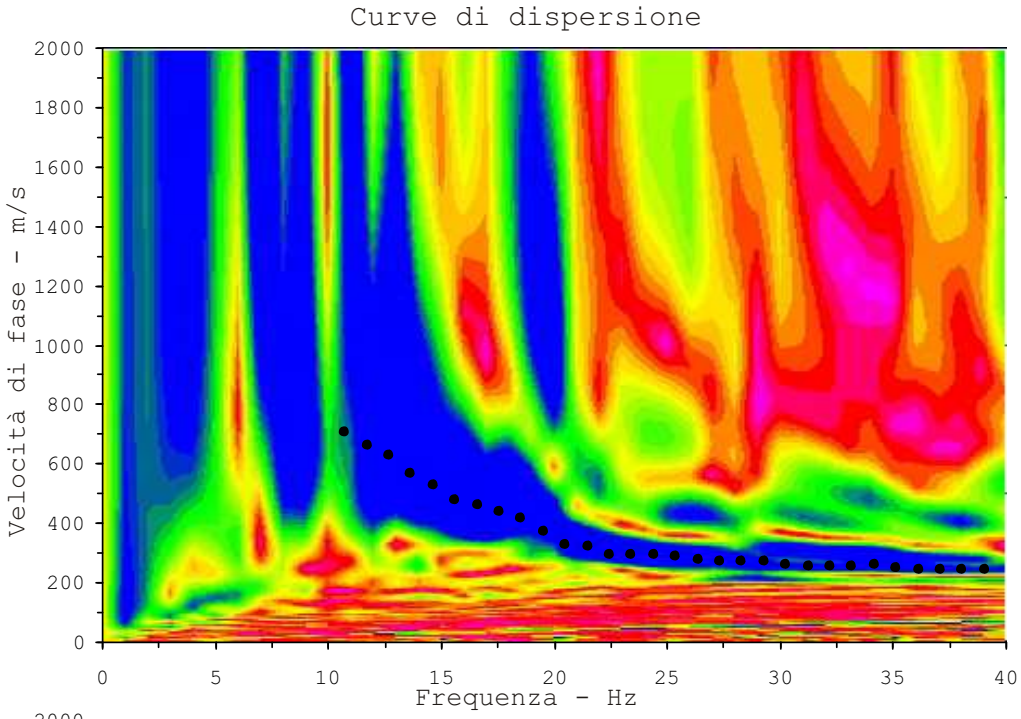


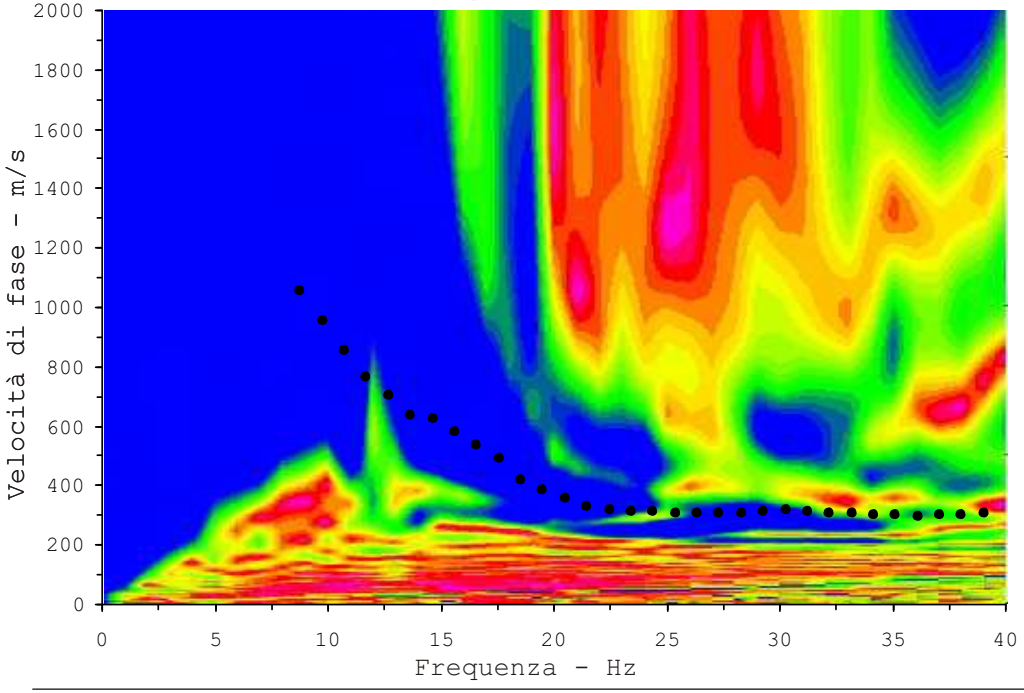
File	201	202	205	206
Shot m	-25	-1	58.5	72
Z m	VS m/s	VS m/s	VS m/s	VS m/s
1.07	121	127	146	171
2.31	171	171	204	167
3.71	284	313	315	263
5.27	325	331	368	392
7.01	408	428	442	413
8.90	531	497	558	494
10.96	647	542	657	535
13.19	739	557	696	599
15.58	786	619	744	634
18.13	837	750	740	726
20.85	875	840	802	759
23.74	908	890	811	880
26.79	899	900	921	916
30.00	937	950	978	955
Vs30	508	492	536	505

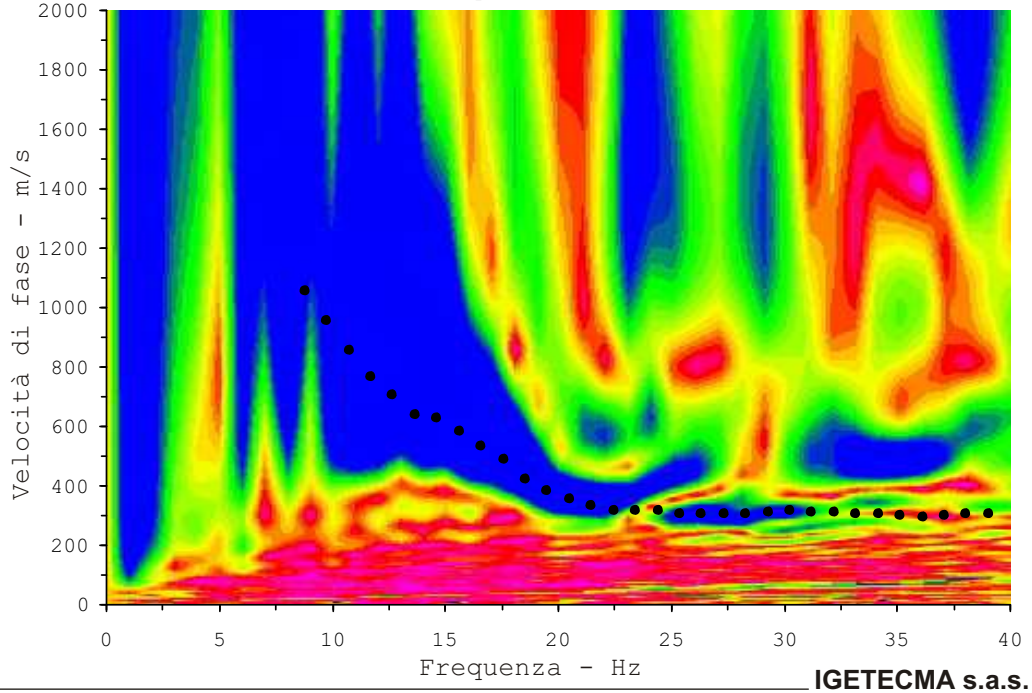


Profilo di sismica a Rifrazione Ps2 - Elaborazione MASW

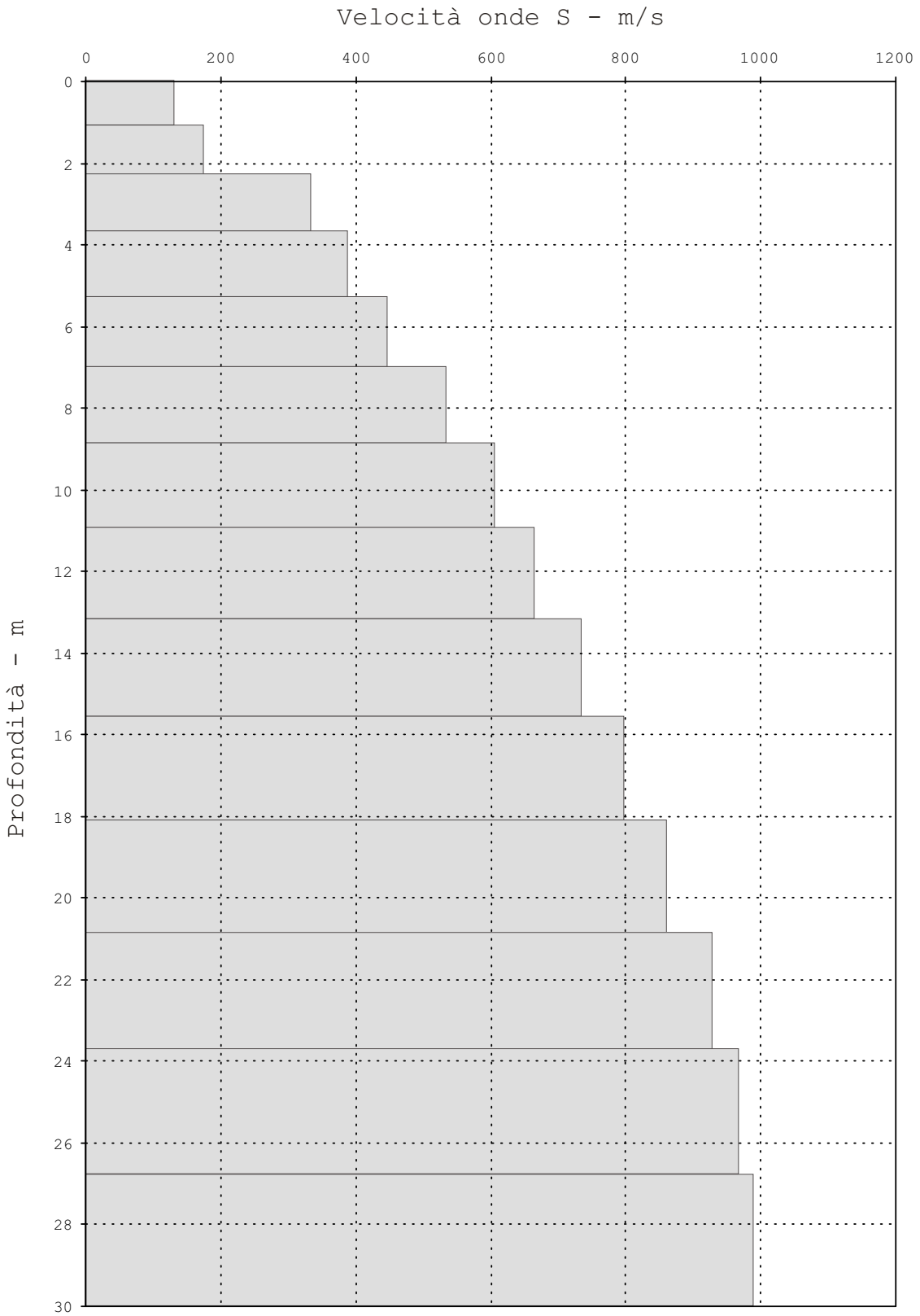








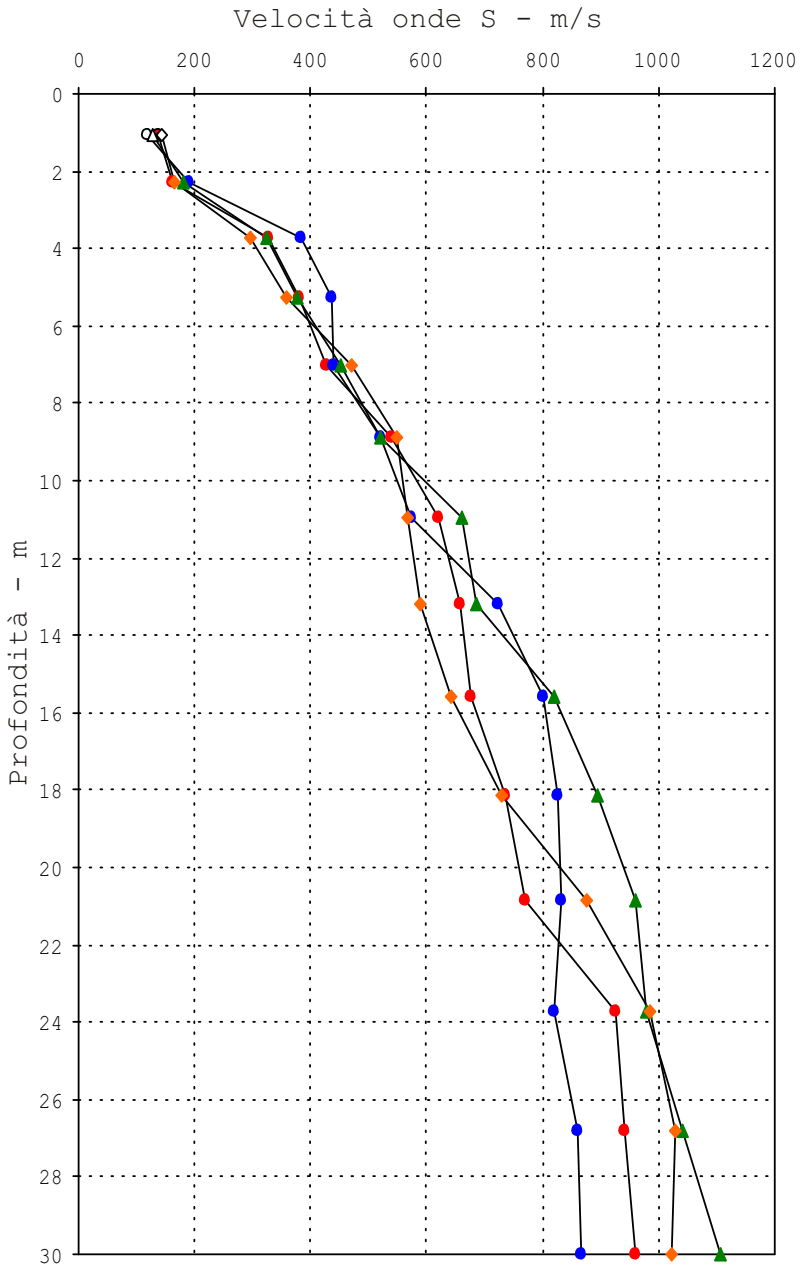
Profilo di sismica a Rifrazione Ps3 - Elaborazione MASW



Z m	Vsmedia M/s
1.07	131
2.31	174
3.71	333
5.27	388
7.01	447
8.90	533
10.96	605
13.19	664
15.58	735
18.13	797
20.85	860
23.74	927
26.79	968
30.00	989

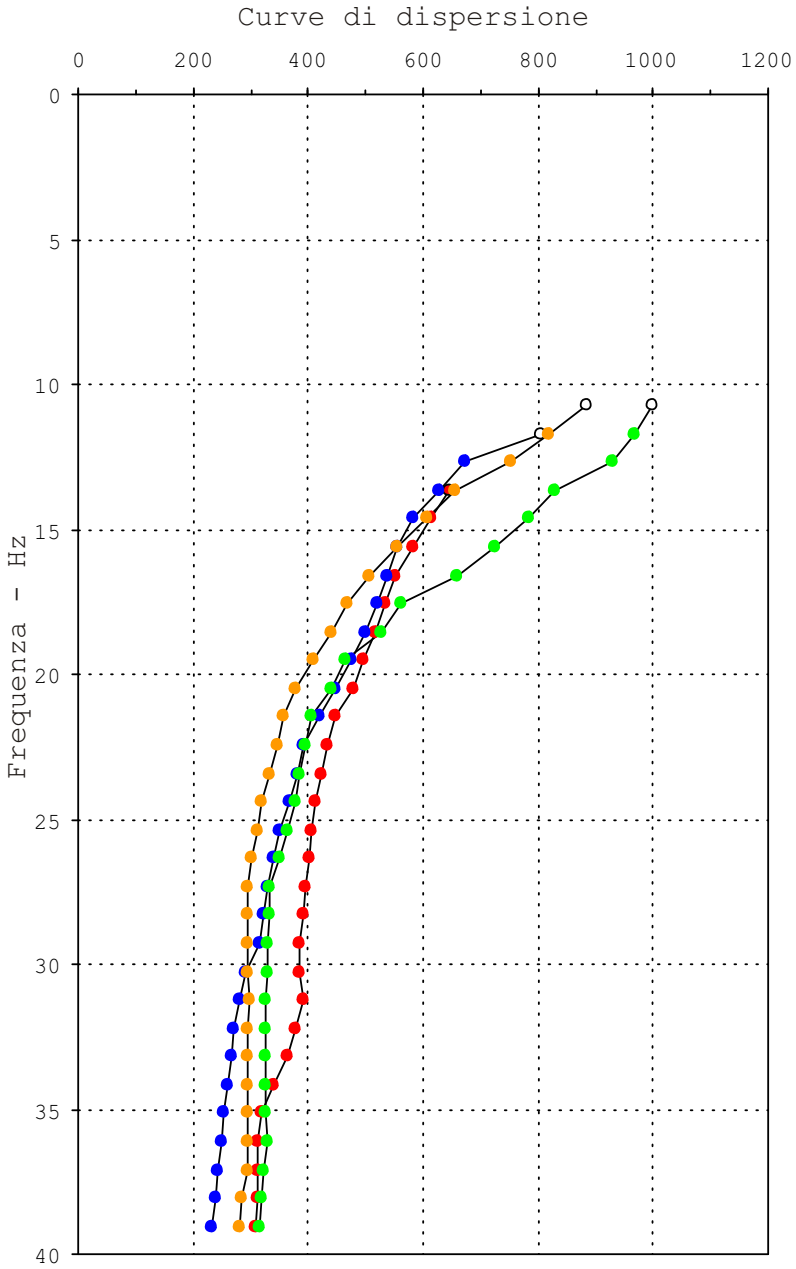
Vs30 = 528 m/s - Categoria B

Profilo di sismica a Rifrazione Ps3 - Elaborazione MASW

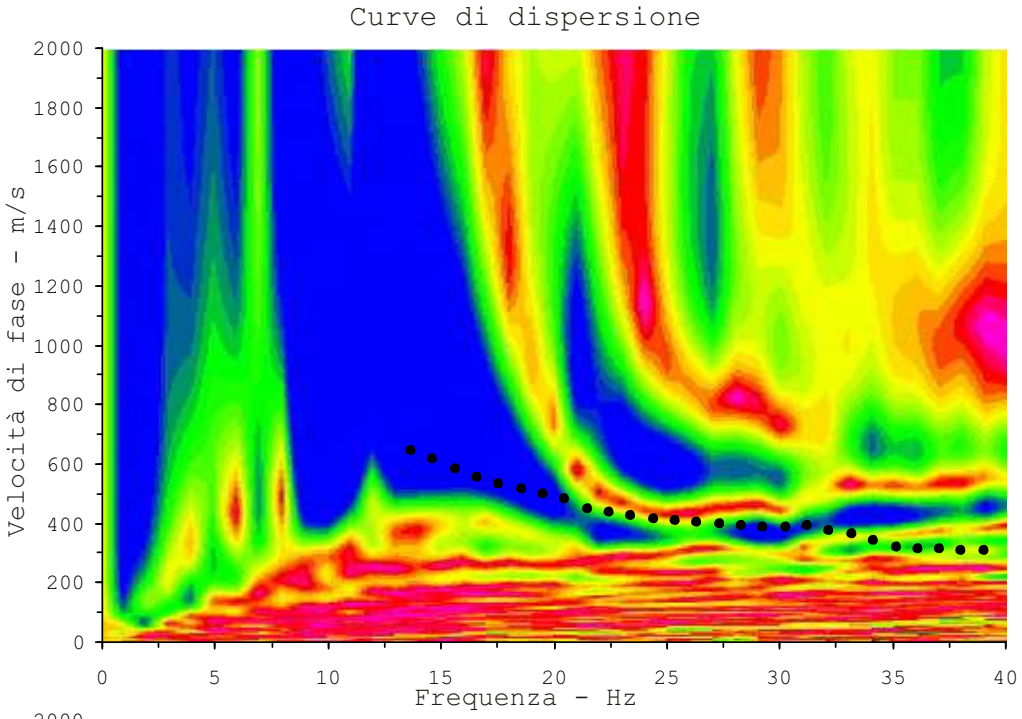


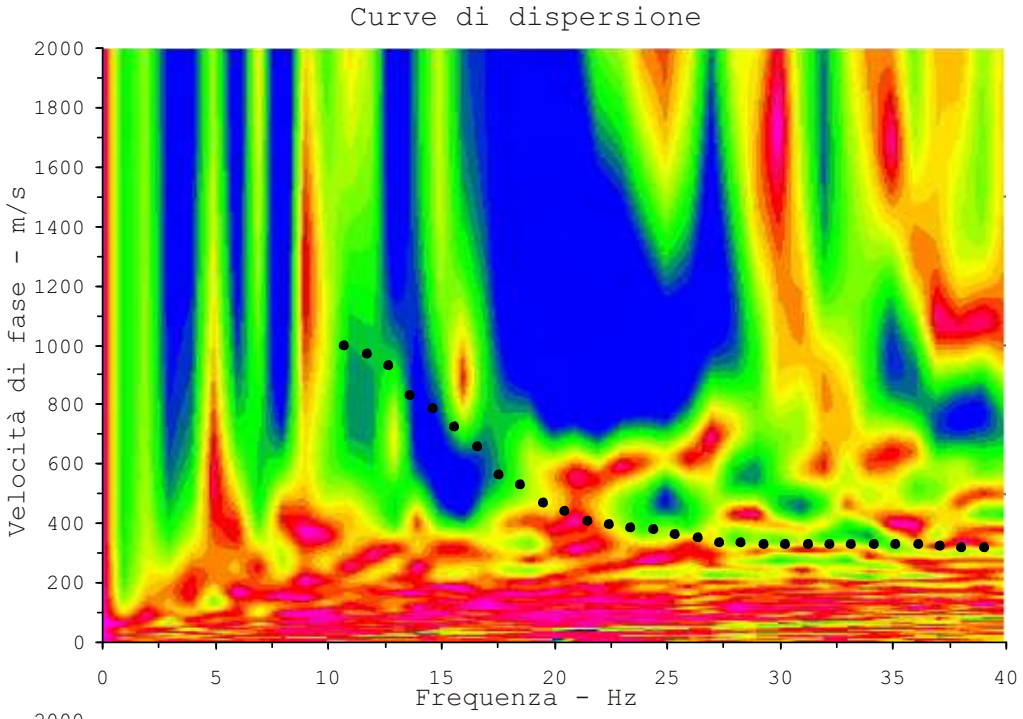
File	302	303	307	308
Shot m	72	58.5	-1	-25
Z m	VS m/s	VS m/s	VS m/s	VS m/s
1.07	118	137	127	143
2.31	192	161	180	164
3.71	382	327	325	297
5.27	435	381	378	359
7.01	440	426	453	470
8.90	522	540	521	549
10.96	572	620	661	567
13.19	724	656	685	589
15.58	801	675	819	643
18.13	827	735	896	730
20.85	833	770	960	876
23.74	819	925	979	986
26.79	861	941	1042	1028
30.00	866	959	1106	1024

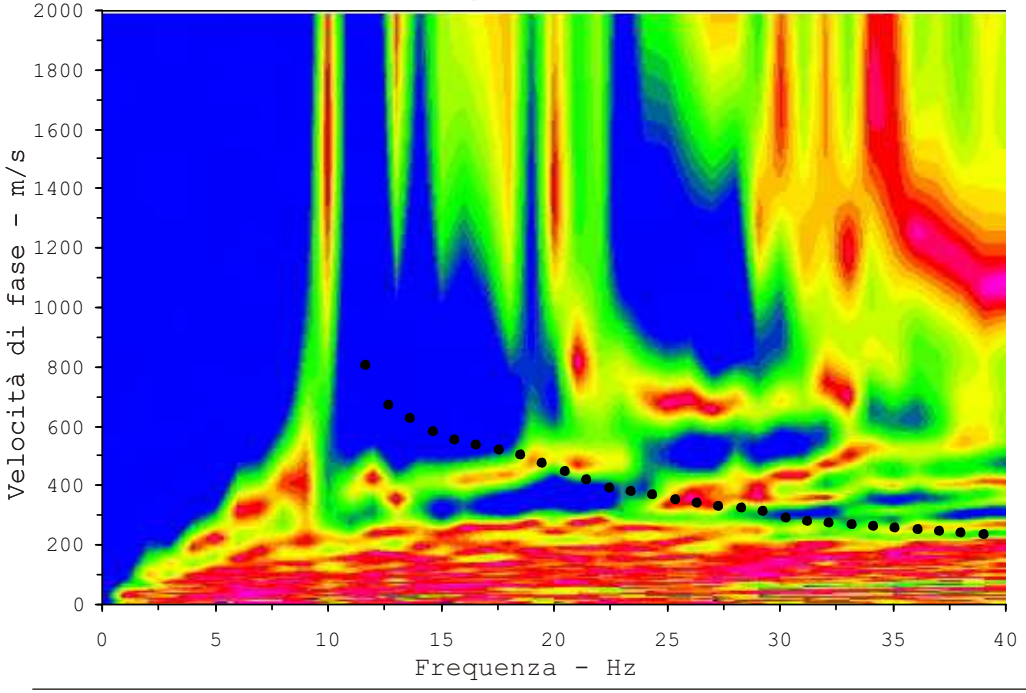
Vs30	525	513	546	517

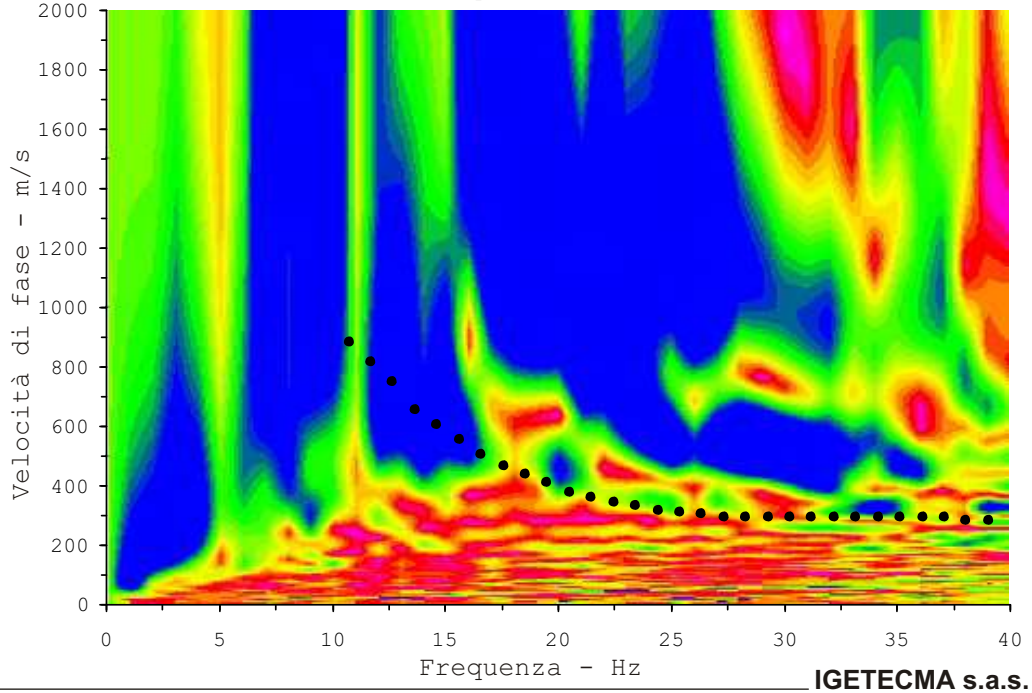


Profilo di sismica a Rifrazione Ps3 - Elaborazione MASW

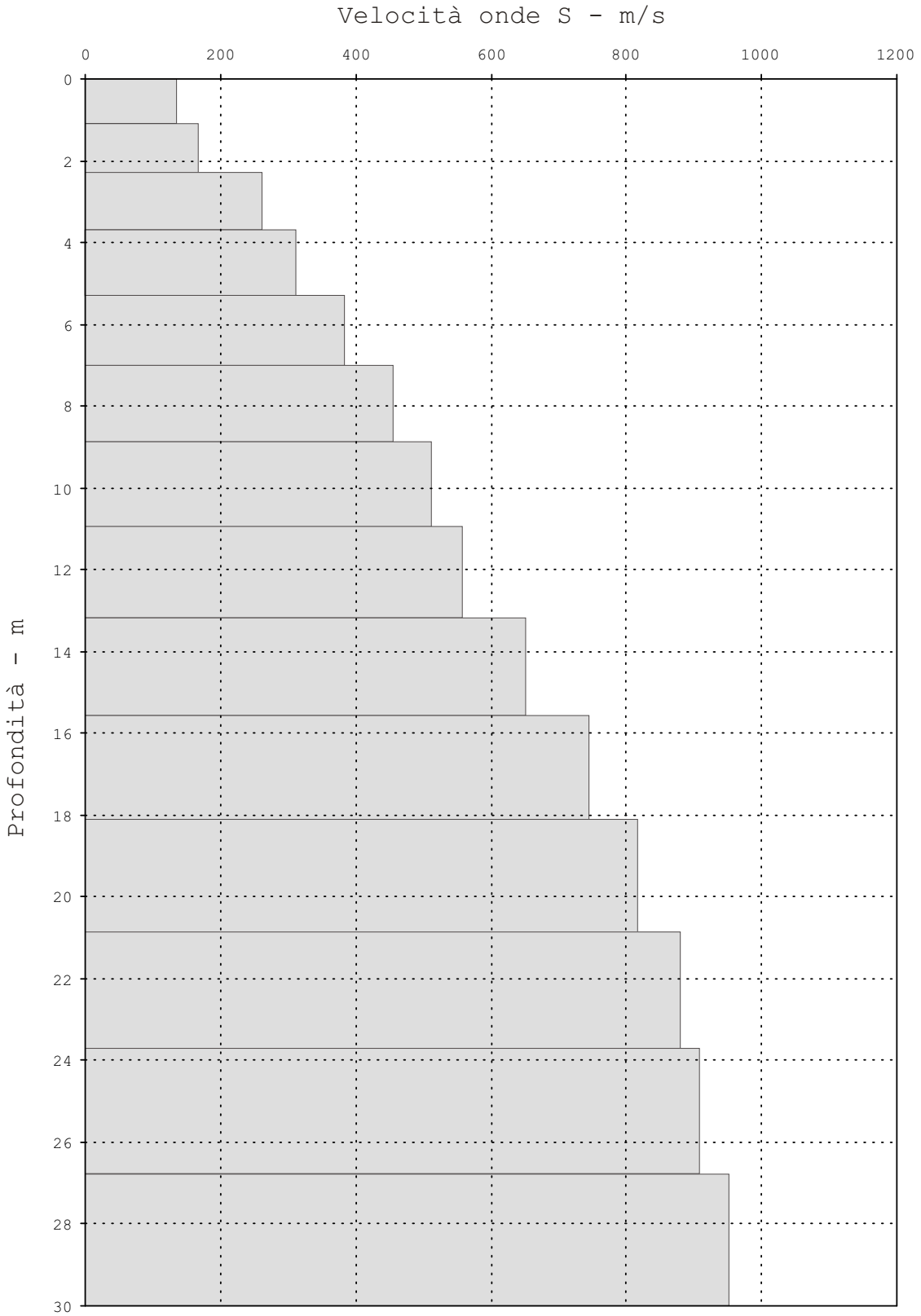








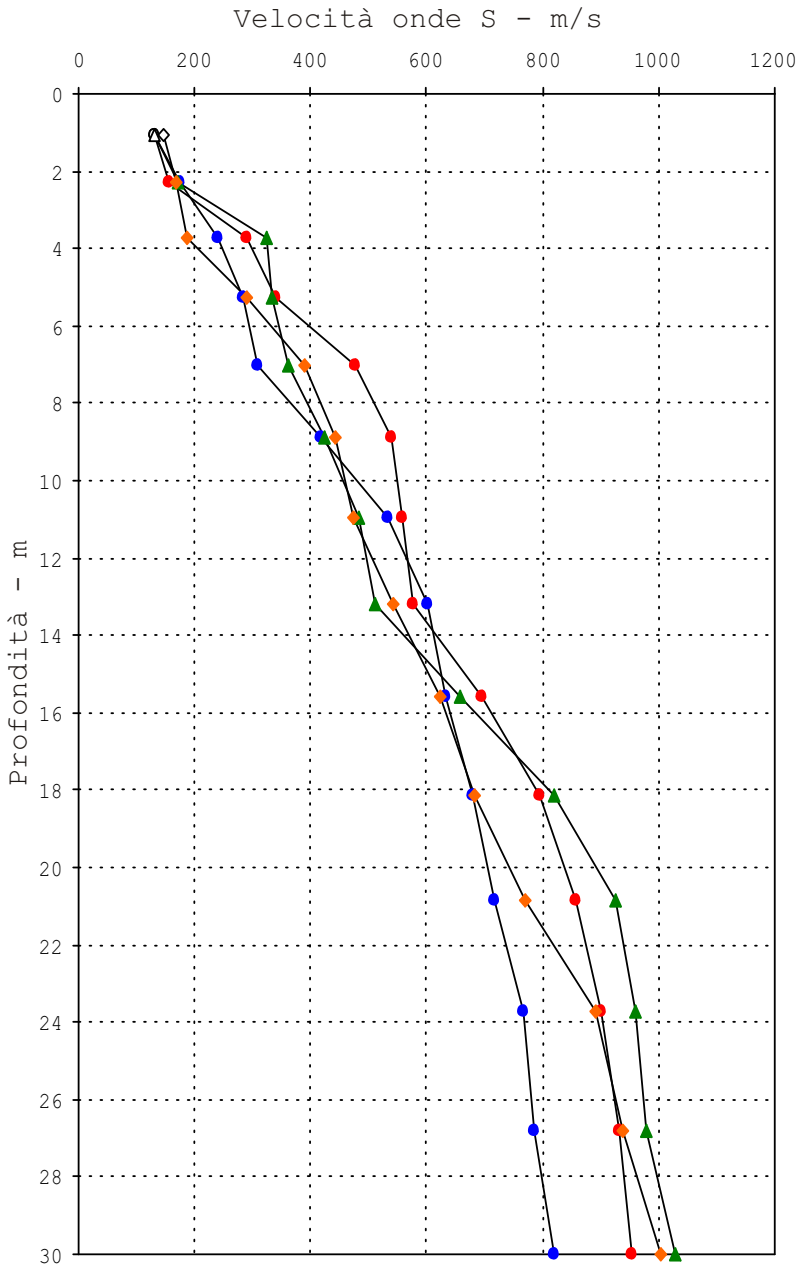
Profilo di sismica a Rifrazione Ps4 - Elaborazione MASW



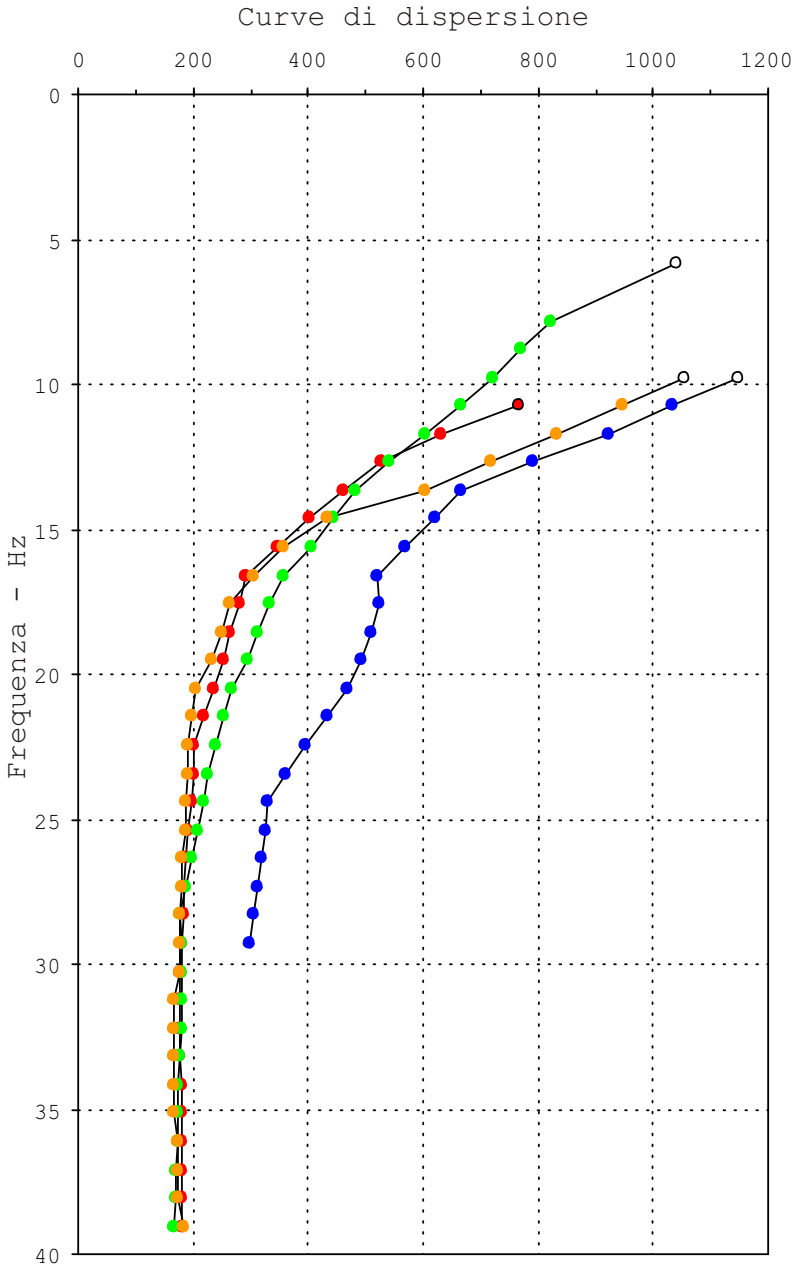
Z m	Vsmedia M/s
1.07	134
2.31	167
3.71	260
5.27	311
7.01	384
8.90	456
10.96	512
13.19	558
15.58	652
18.13	744
20.85	817
23.74	880
26.79	908
30.00	952

Vs30 = 477 m/s - Categoria B

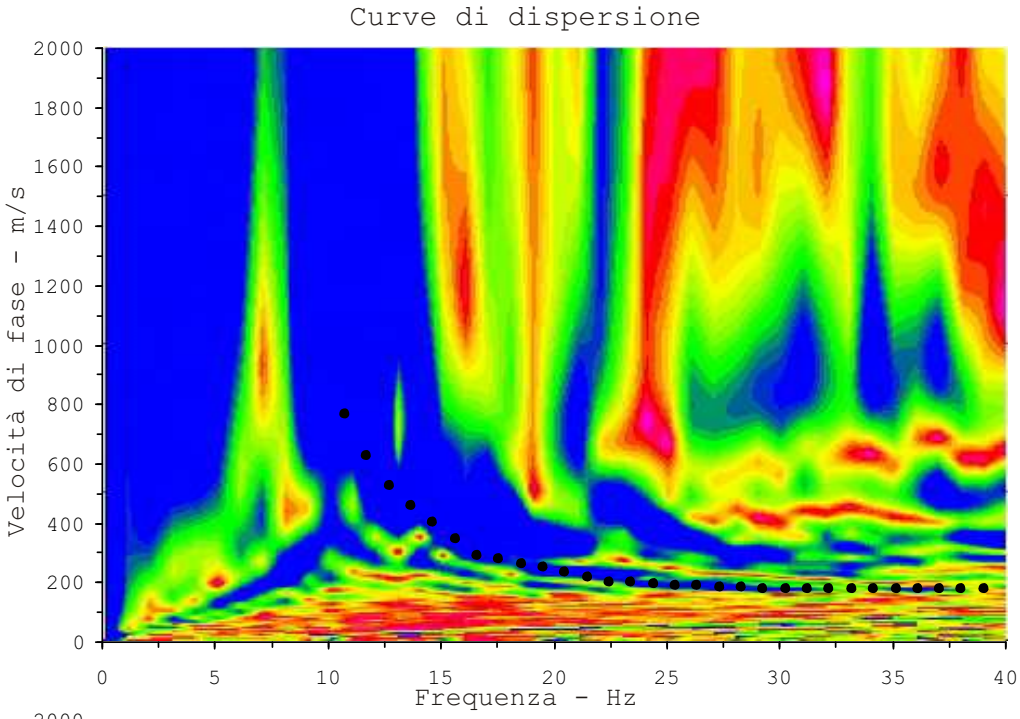
Profilo di sismica a Rifrazione Ps4 - Elaborazione MASW

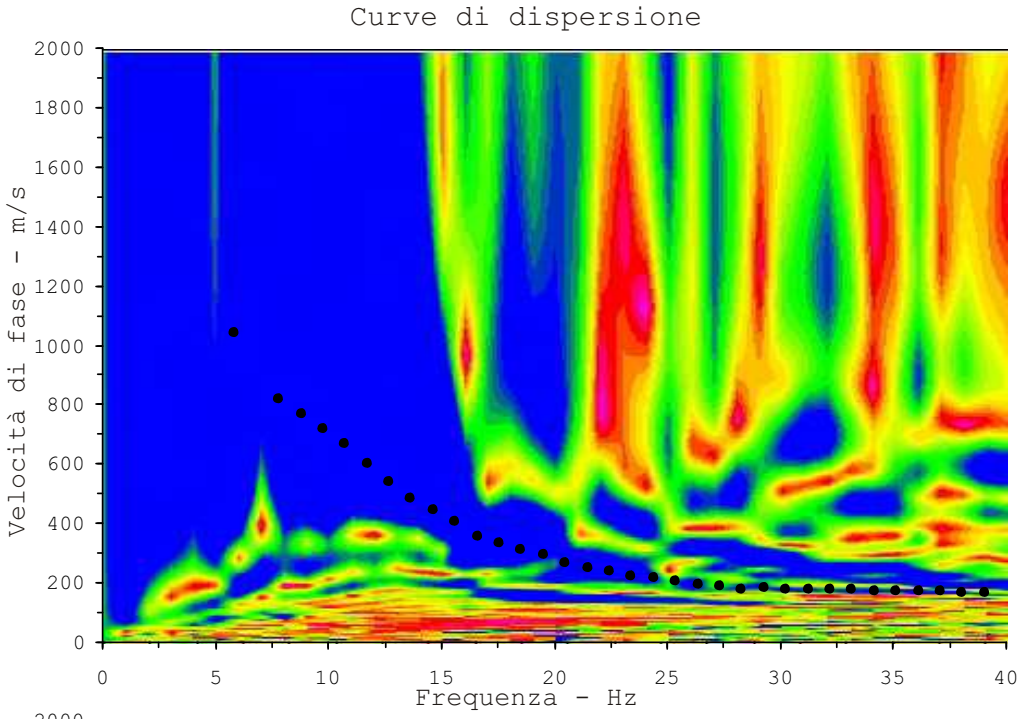


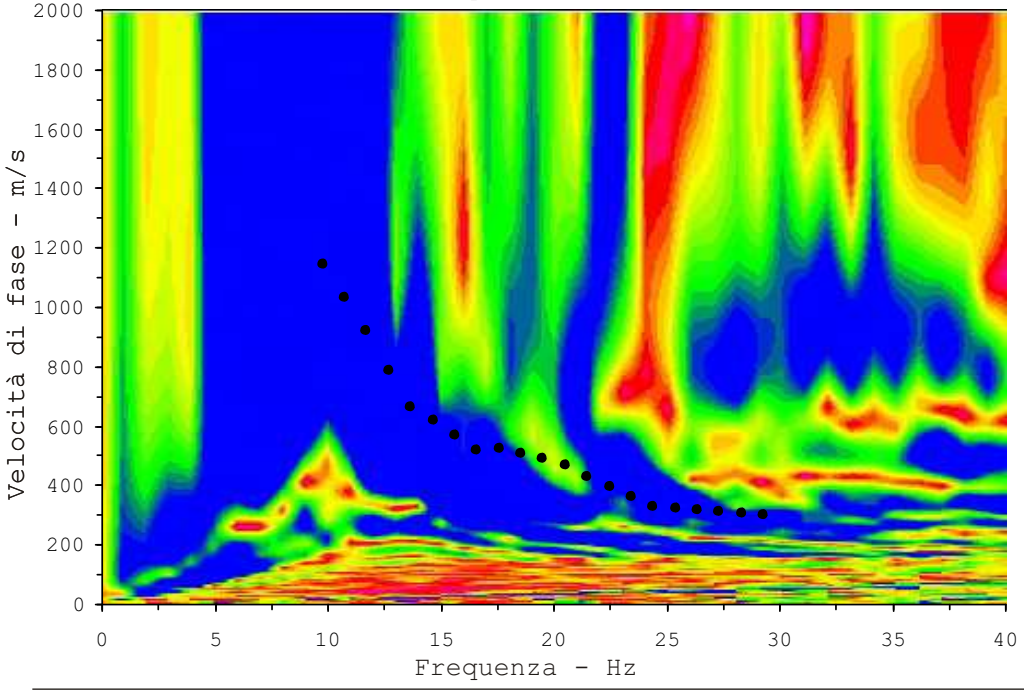
File	401	404	407	408
Shot m	-1	-15	58.5	76
Z m	VS m/s	VS m/s	VS m/s	VS m/s
1.07	130	130	130	146
2.31	173	155	171	167
3.71	240	290	325	187
5.27	284	339	333	289
7.01	307	477	362	389
8.90	419	540	424	441
10.96	534	559	484	472
13.19	600	577	512	543
15.58	633	694	656	624
18.13	679	795	820	682
20.85	716	857	926	770
23.74	767	900	960	893
26.79	786	932	979	937
30.00	820	955	1030	1003
Vs30	446	500	489	457

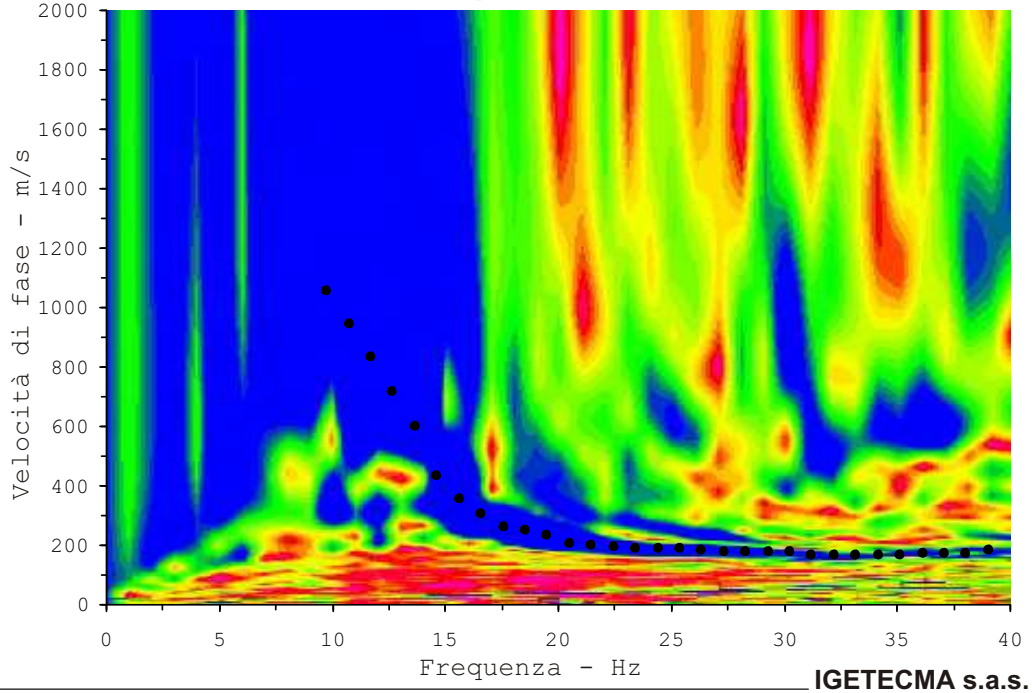


Profilo di sismica a Rifrazione Ps4 - Elaborazione MASW

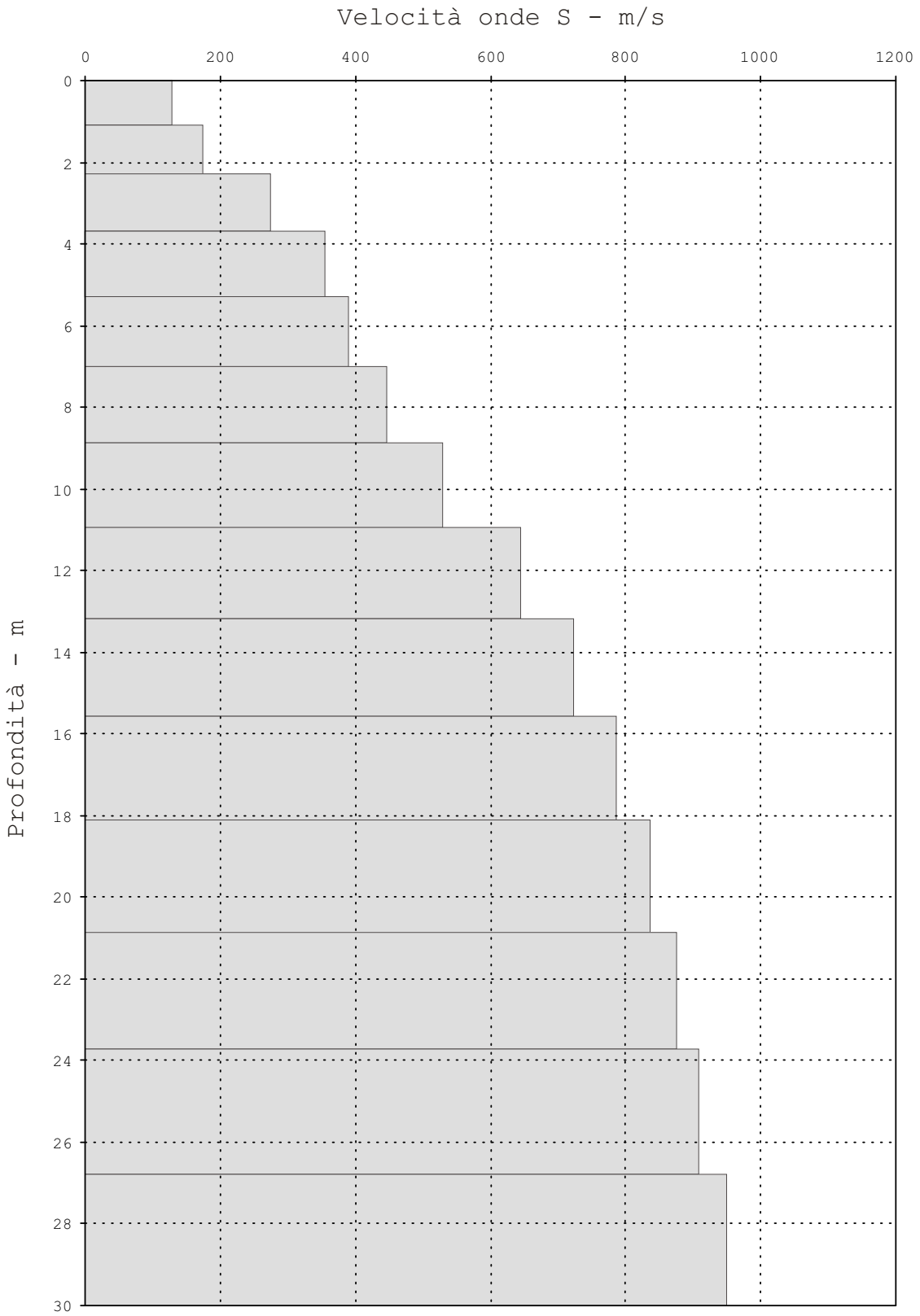








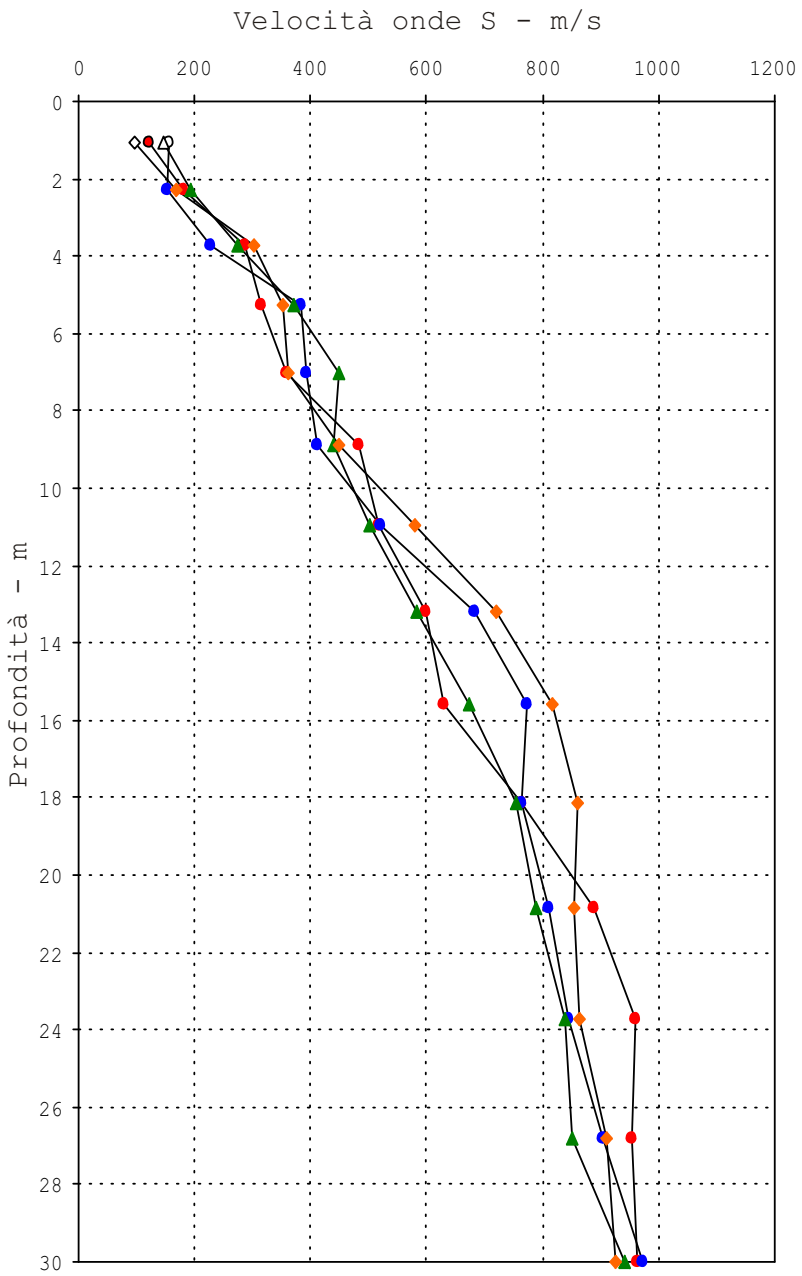
Profilo di sismica a Rifrazione Ps5 - Elaborazione MASW



Z m	Vsmedia M/s
1.07	129
2.31	174
3.71	274
5.27	355
7.01	391
8.90	446
10.96	529
13.19	646
15.58	723
18.13	786
20.85	836
23.74	876
26.79	905
30.00	950

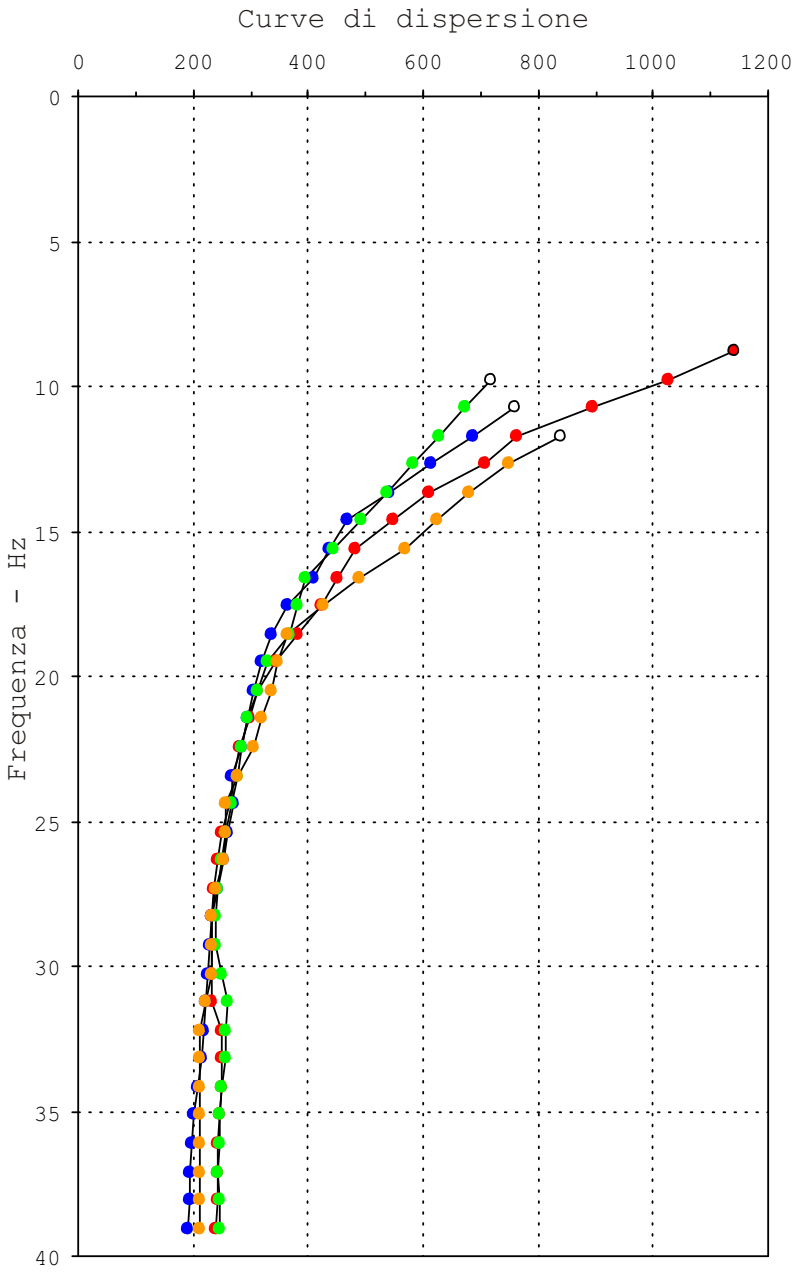
Vs30 = 493 m/s - Categoria B

Profilo di sismica a Rifrazione Ps5 - Elaborazione MASW

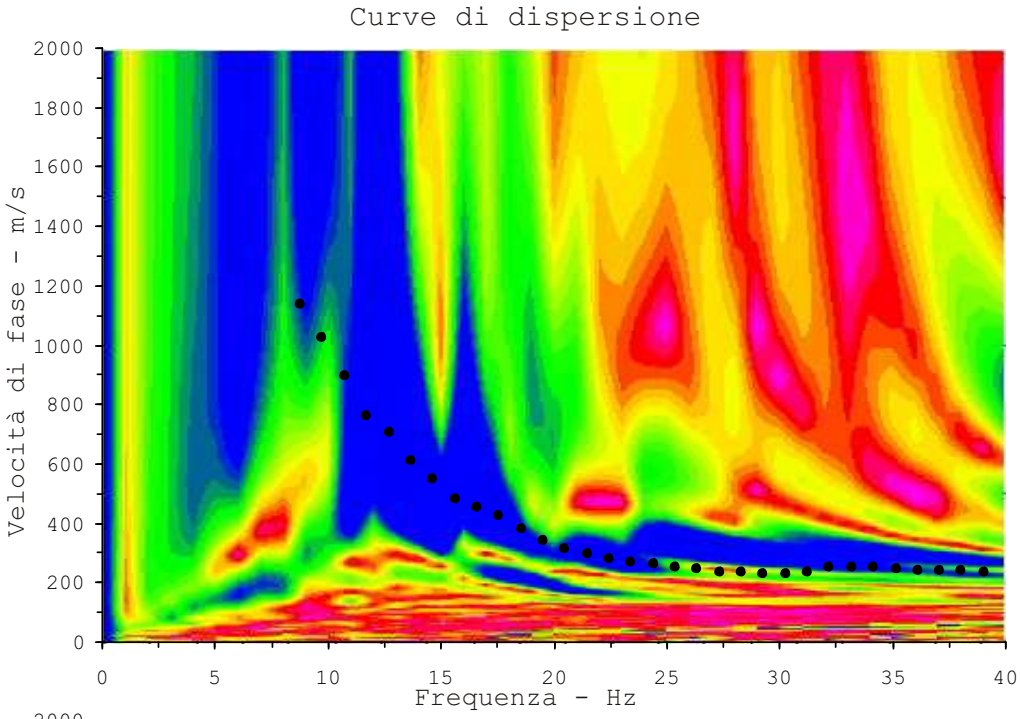


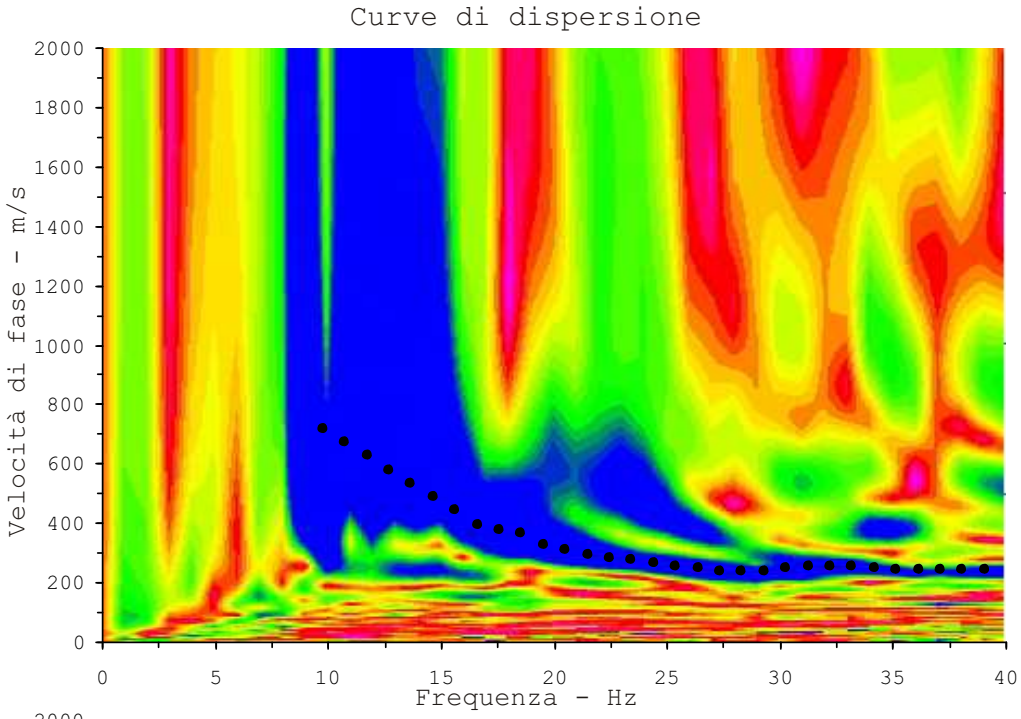
File	501	502	508	509
Shot m	60	47	-1	-20
Z	VS	VS	VS	VS
m	m/s	m/s	m/s	m/s
1.07	155	121	146	96
2.31	154	180	194	167
3.71	229	288	275	303
5.27	382	316	372	352
7.01	392	359	450	362
8.90	411	482	440	450
10.96	519	516	503	579
13.19	682	598	583	719
15.58	774	629	673	816
18.13	763	763	755	861
20.85	810	890	788	855
23.74	844	959	838	863
26.79	904	955	852	909
30.00	971	965	941	925

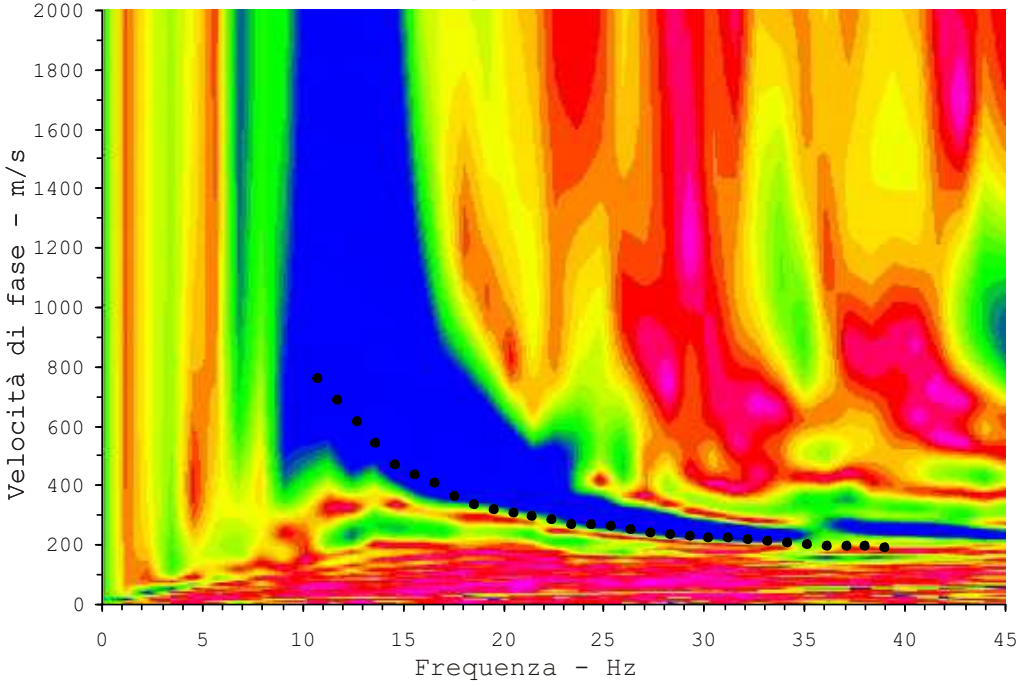
Vs30	489	486	501	480

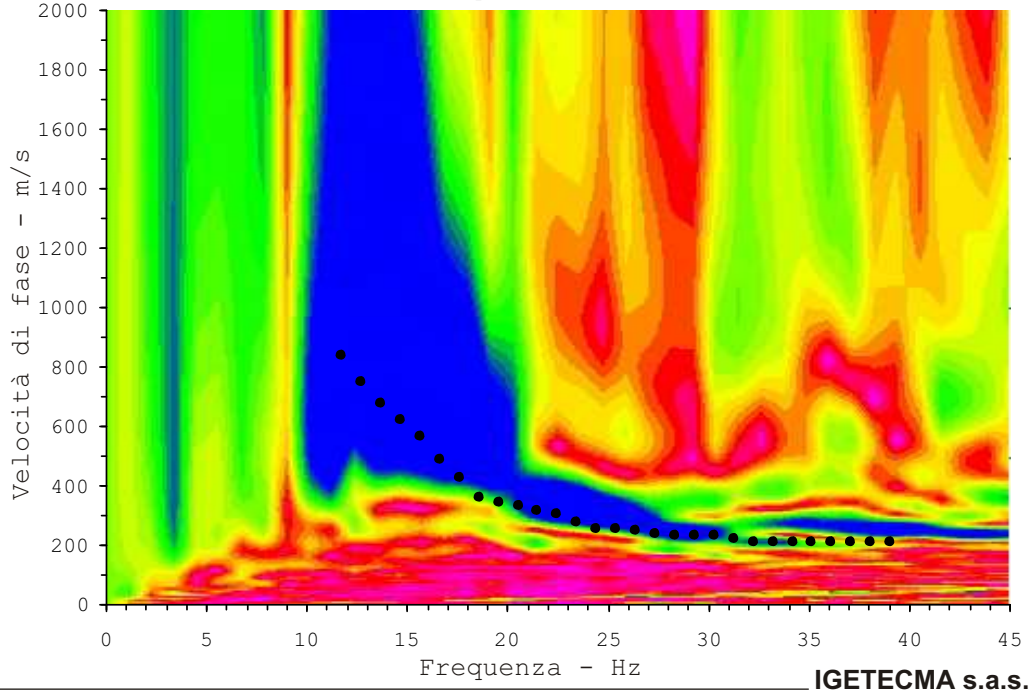


Profilo di sismica a Rifrazione Ps5 - Elaborazione MASW

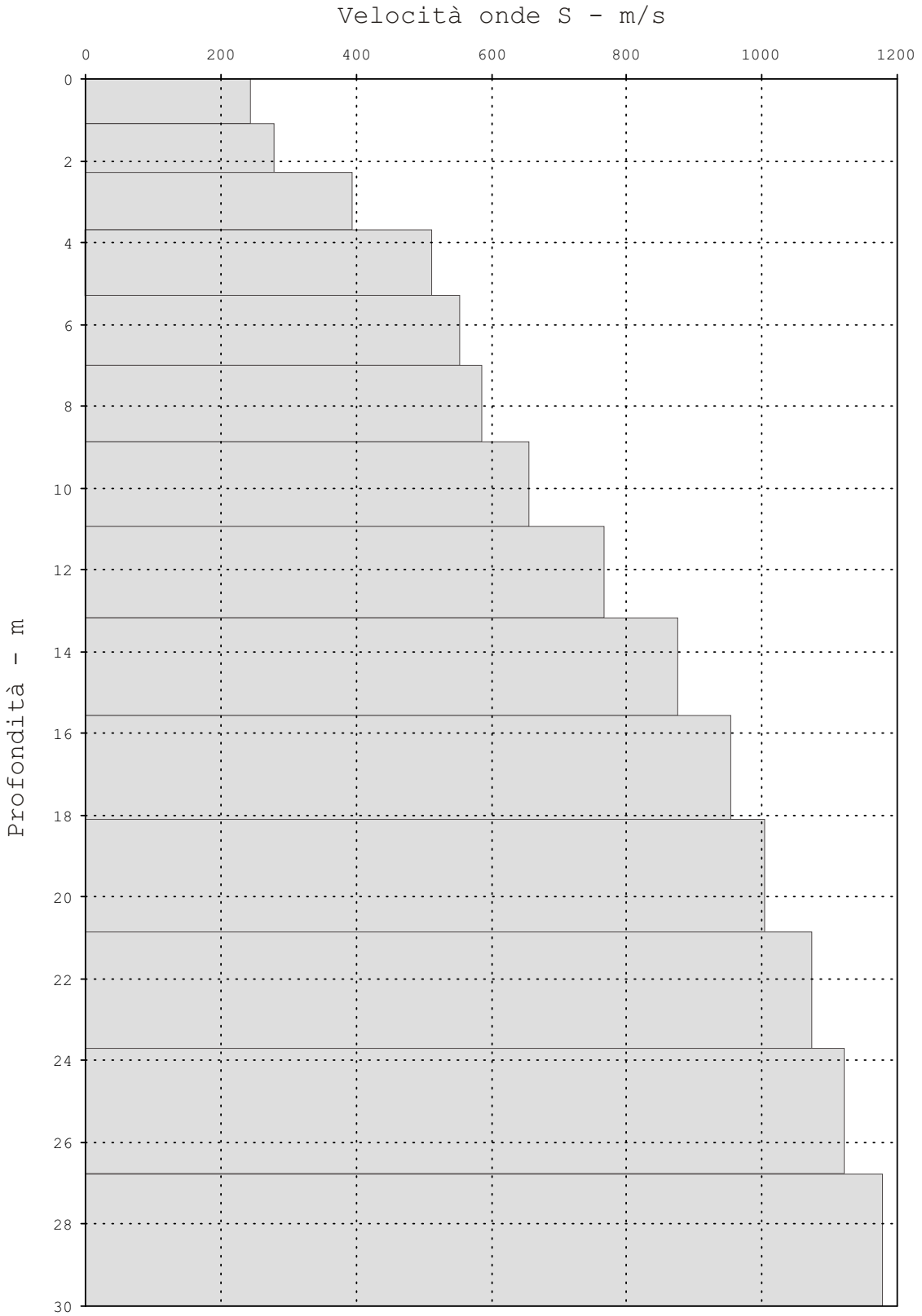








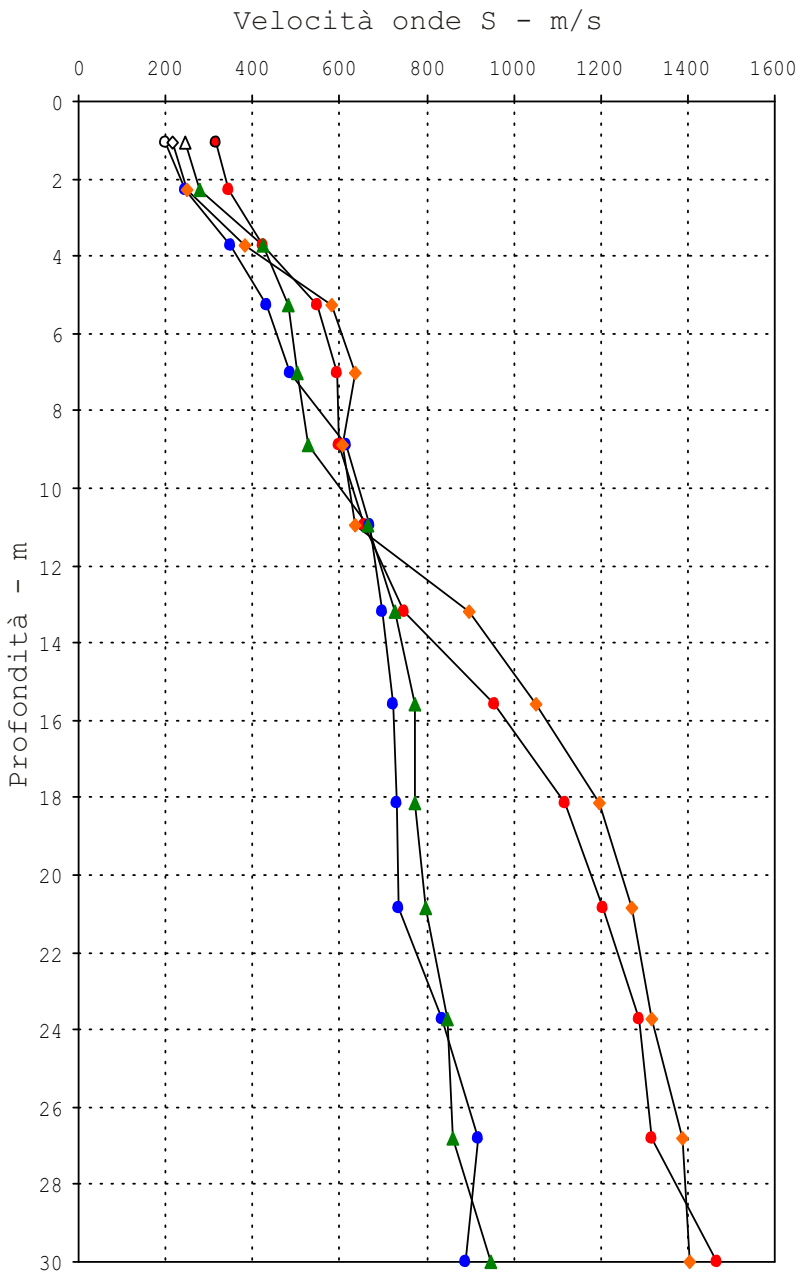
Profilo di sismica a Rifrazione P64 - Elaborazione MASW



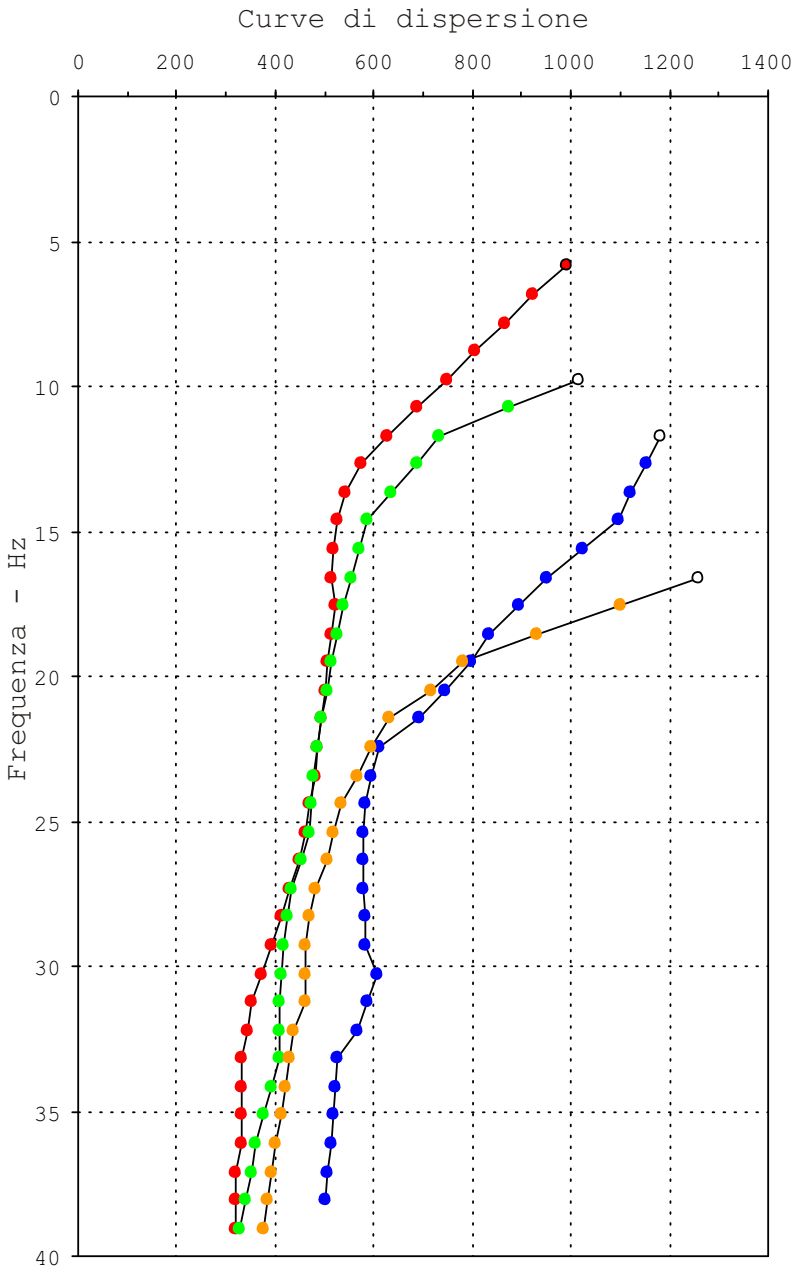
Z m	Vsmedia M/s
1.07	244
2.31	279
3.71	395
5.27	511
7.01	554
8.90	586
10.96	656
13.19	767
15.58	875
18.13	955
20.85	1003
23.74	1073
26.79	1121
30.00	1177

Vs30 = 680 m/s - Categoria B

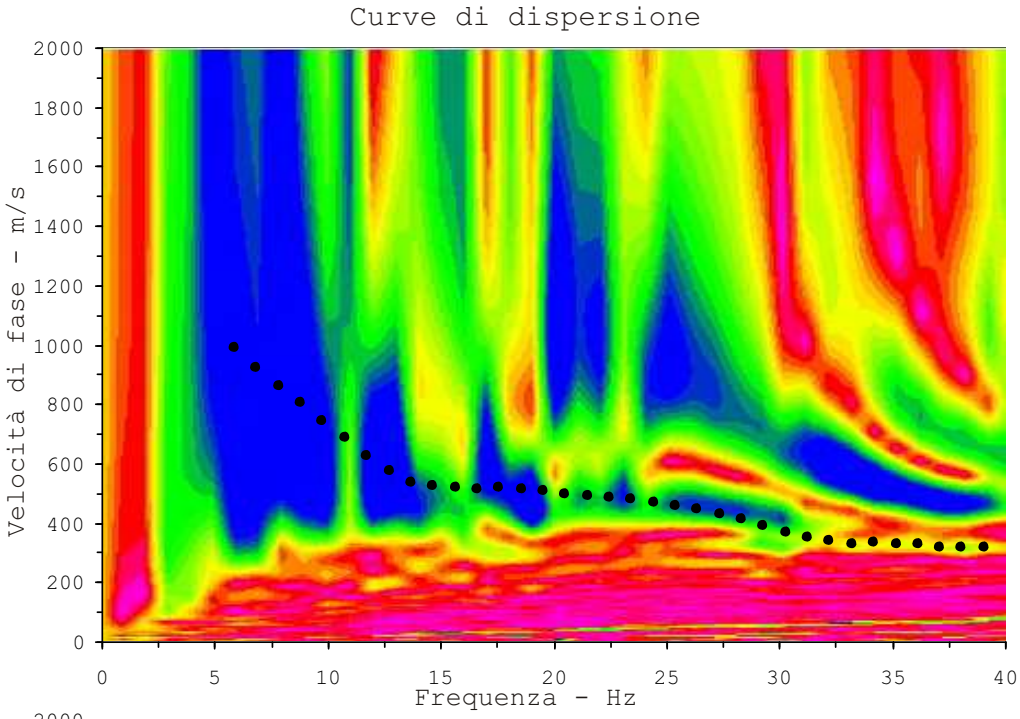
Profilo di sismica a Rifrazione Ps64 - Elaborazione MASW

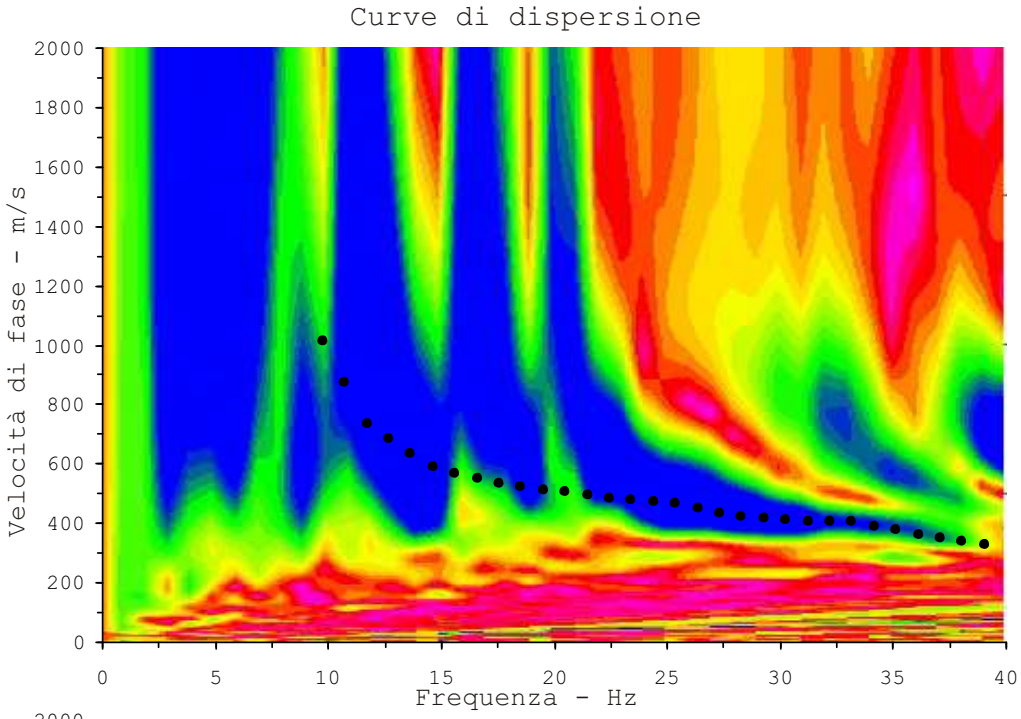


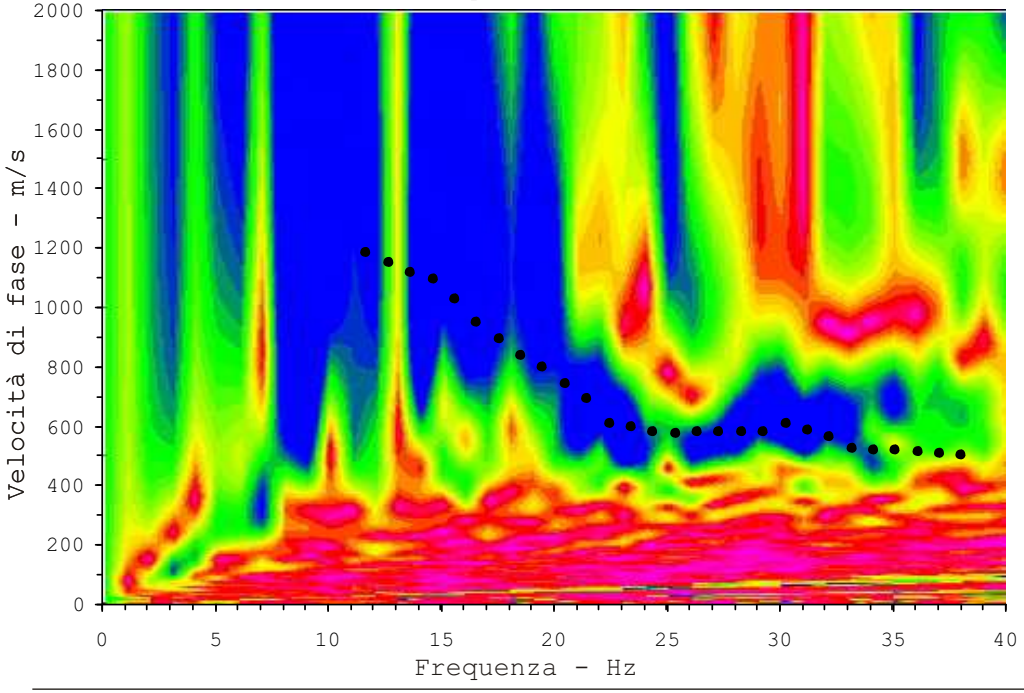
File	601	602	605	608
Shot m	-1	-24	58.5	84
Z m	VS m/s	VS m/s	VS m/s	VS m/s
1.07	201	315	244	215
2.31	244	343	279	250
3.71	350	422	423	384
5.27	432	549	481	583
7.01	485	593	503	634
8.90	614	597	528	607
10.96	667	658	664	635
13.19	696	749	728	897
15.58	721	954	774	1051
18.13	731	1116	774	1198
20.85	737	1205	799	1271
23.74	837	1288	848	1319
26.79	918	1318	861	1388
30.00	891	1467	946	1405
Vs30	579	766	616	731

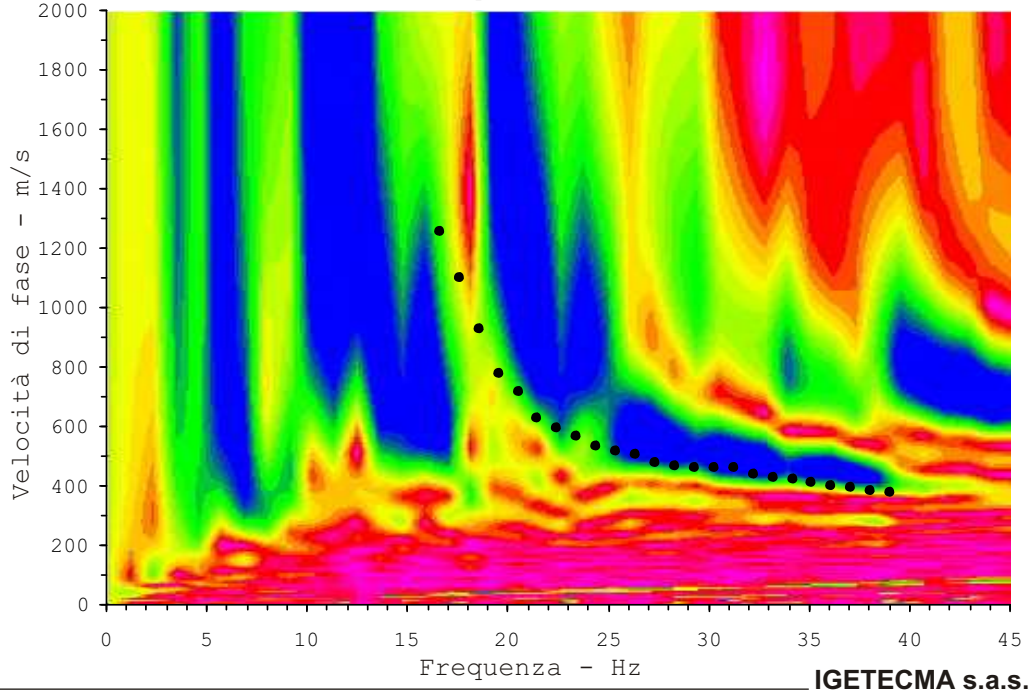


Profilo di sismica a Rifrazione Ps6 - Elaborazione MASW



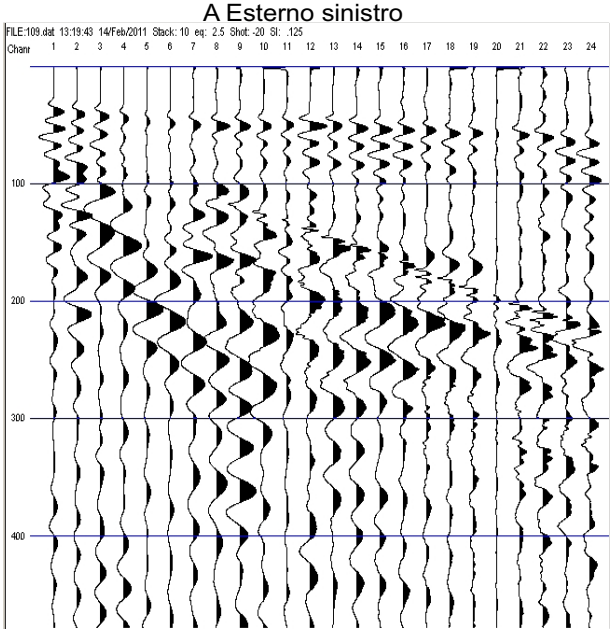




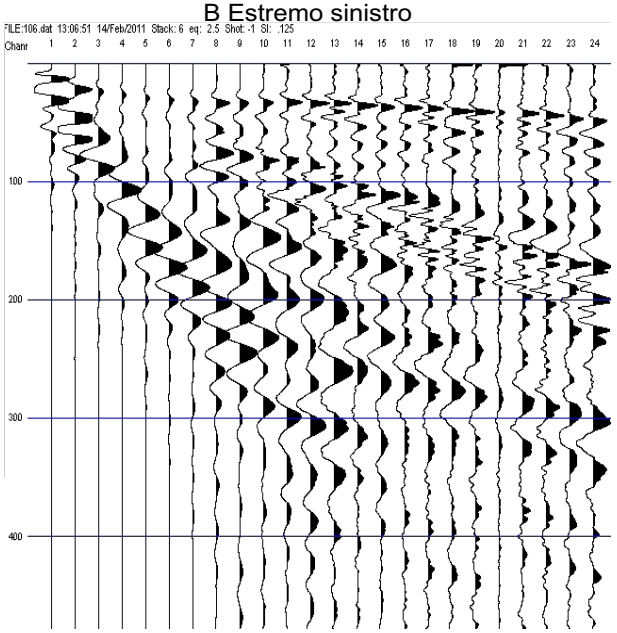


Registrazioni P1 - onde P

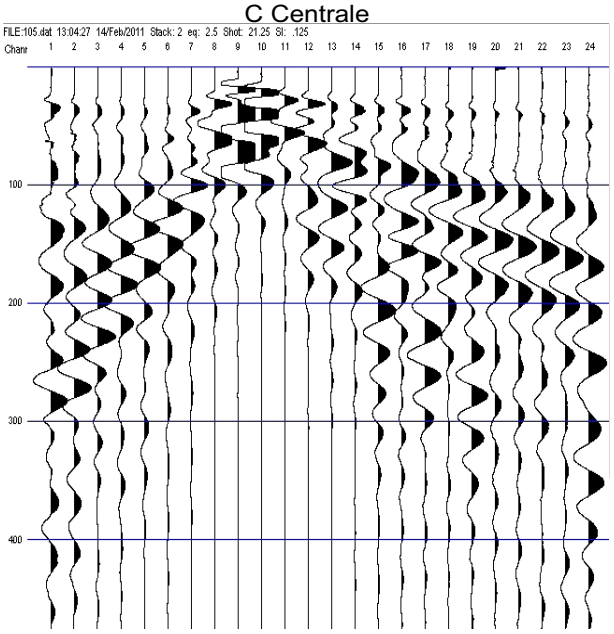
A Esterno sinistro



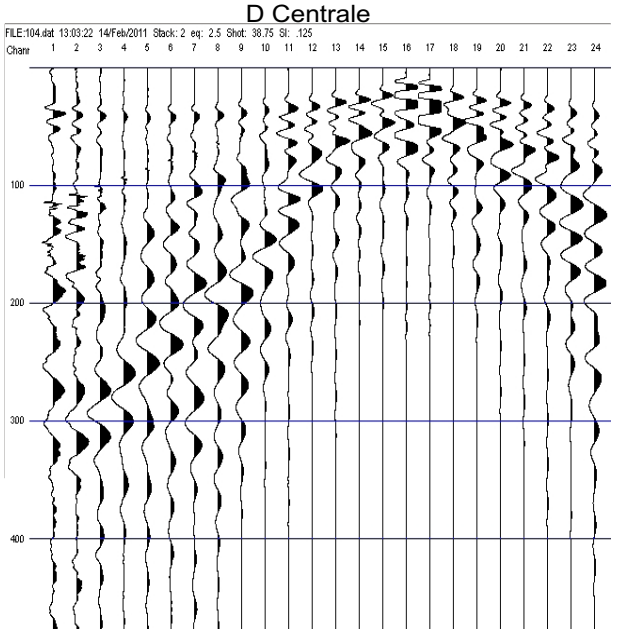
B Estremo sinistro



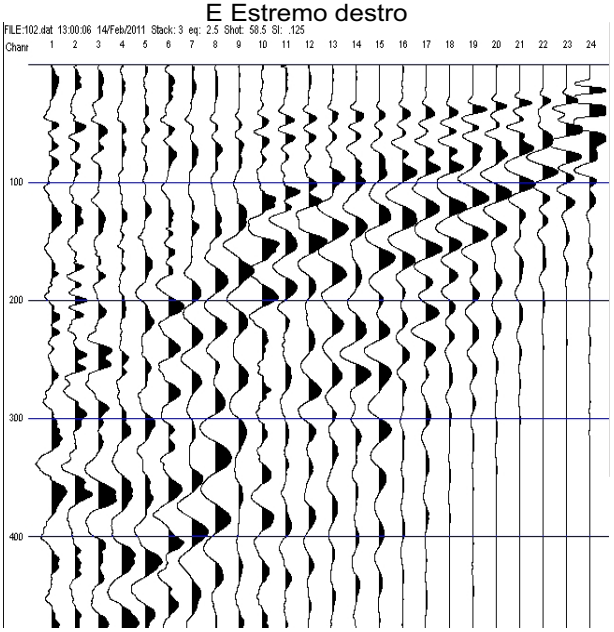
C Centrale



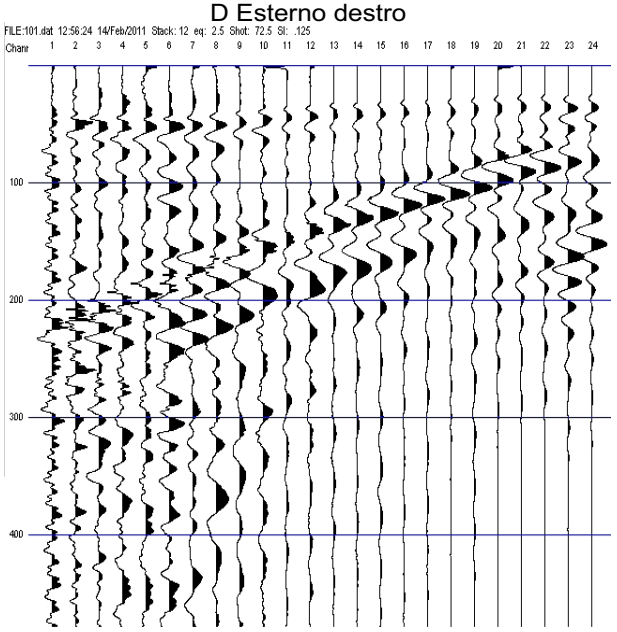
D Centrale



E Estremo destro

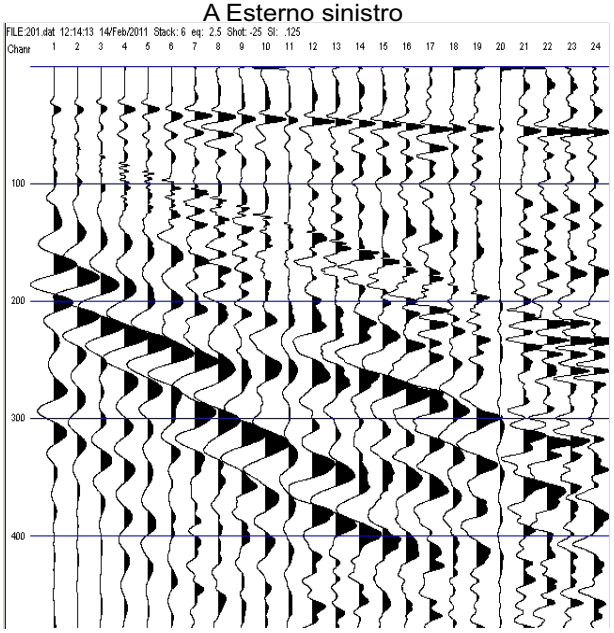


D Esterno destro

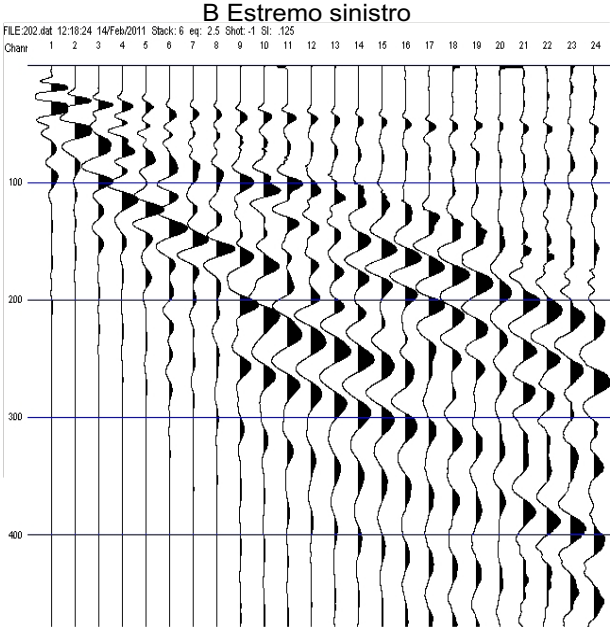


Registrazioni P2 - onde P

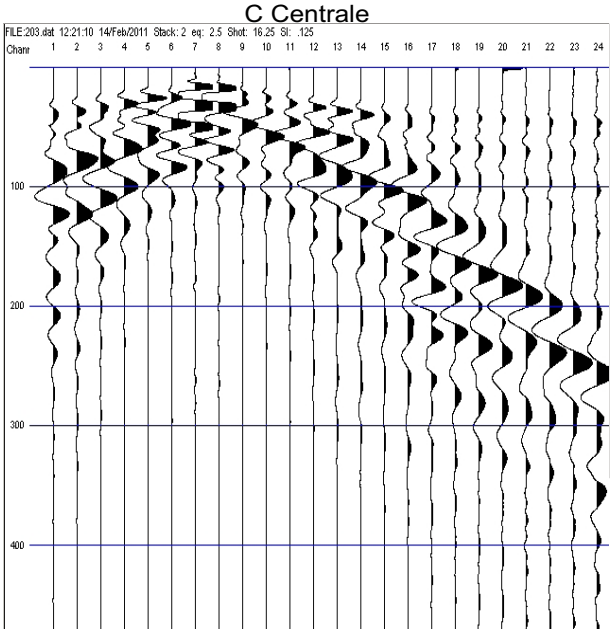
A Esterno sinistro



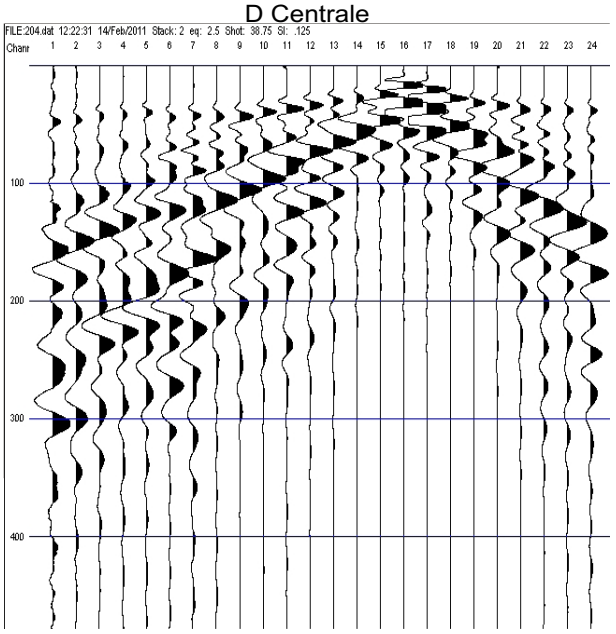
B Estremo sinistro



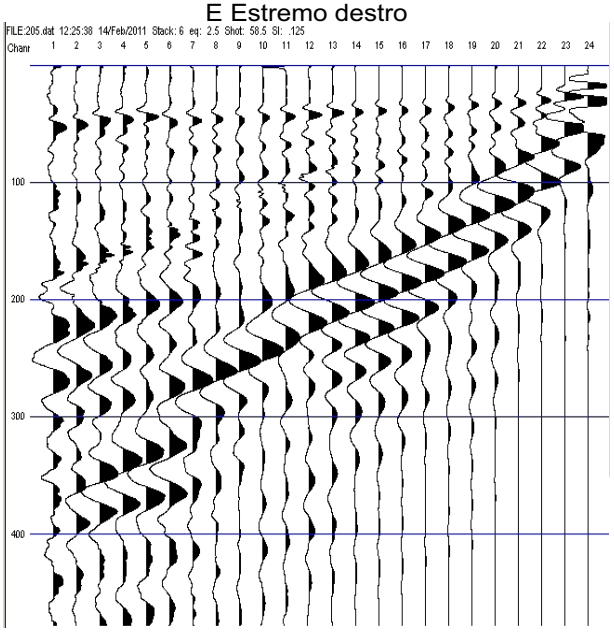
C Centrale



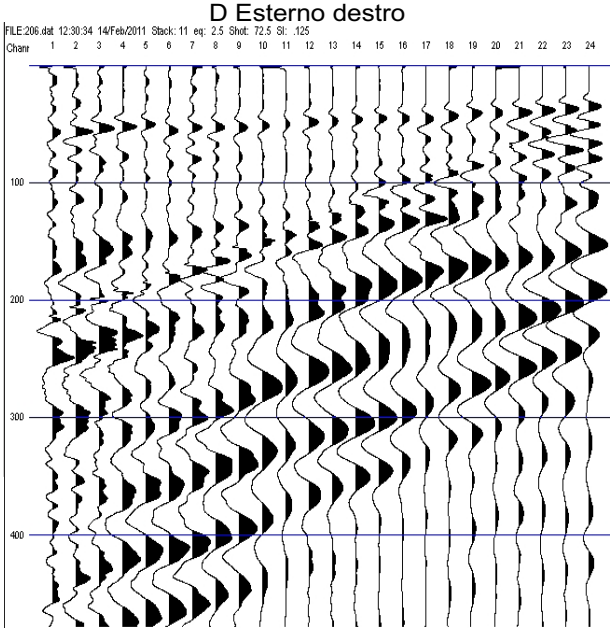
D Centrale



E Estremo destro

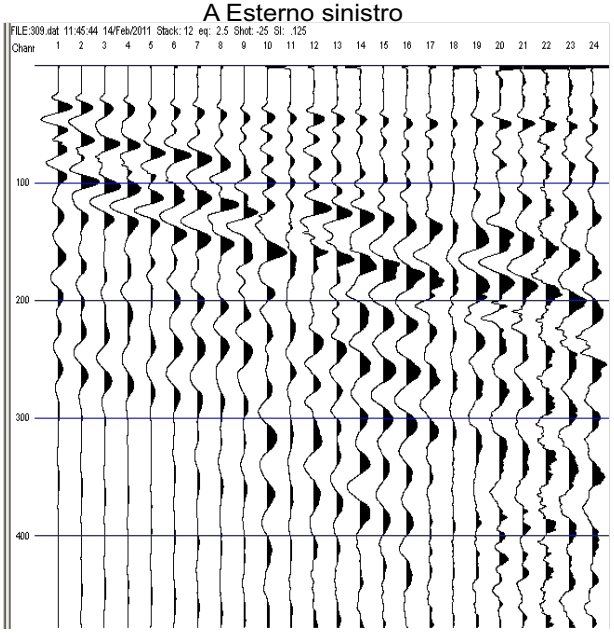


D Esterno destro

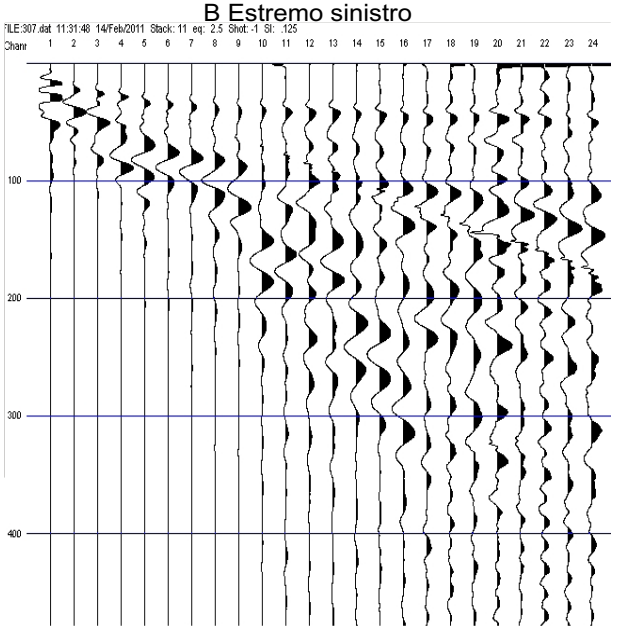


Registrazioni P3 - onde P

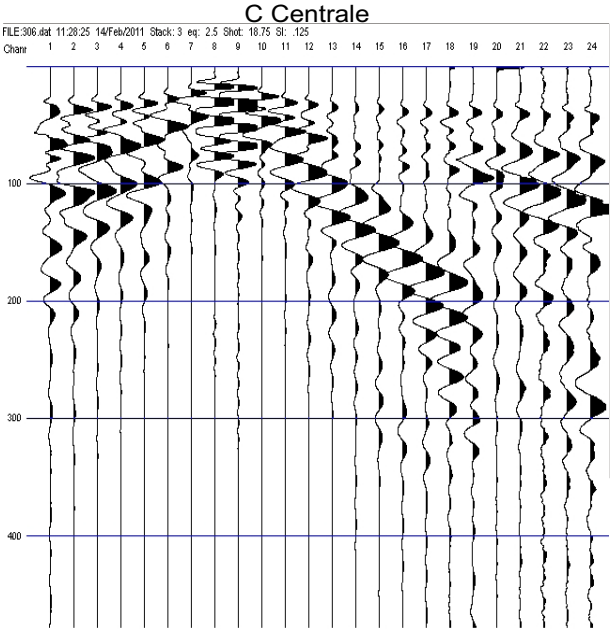
A Esterno sinistro



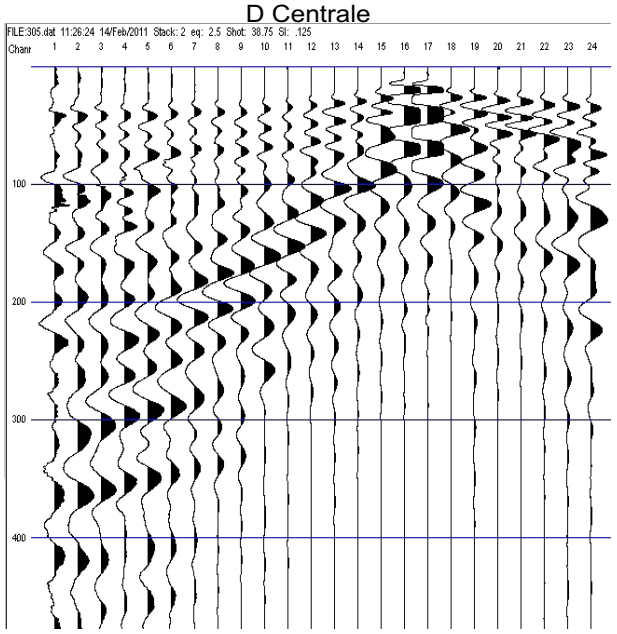
B Estremo sinistro



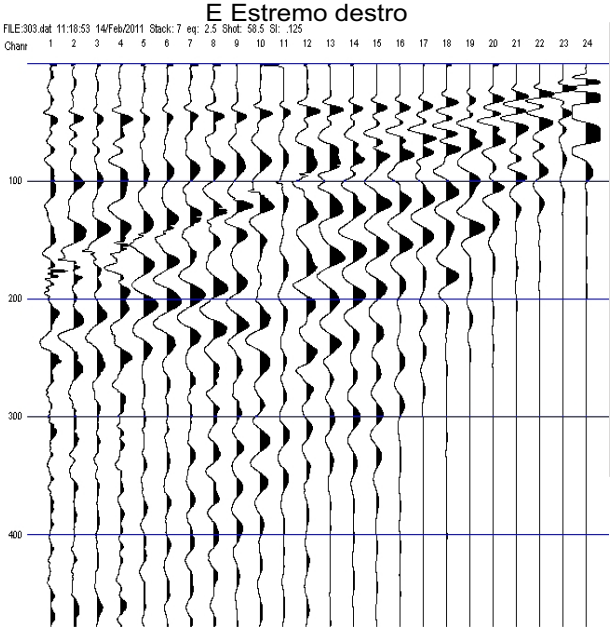
C Centrale



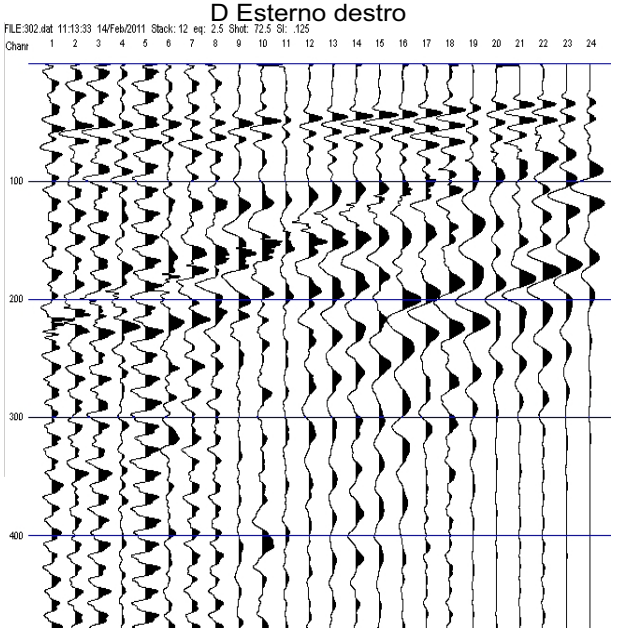
D Centrale



E Estremo destro

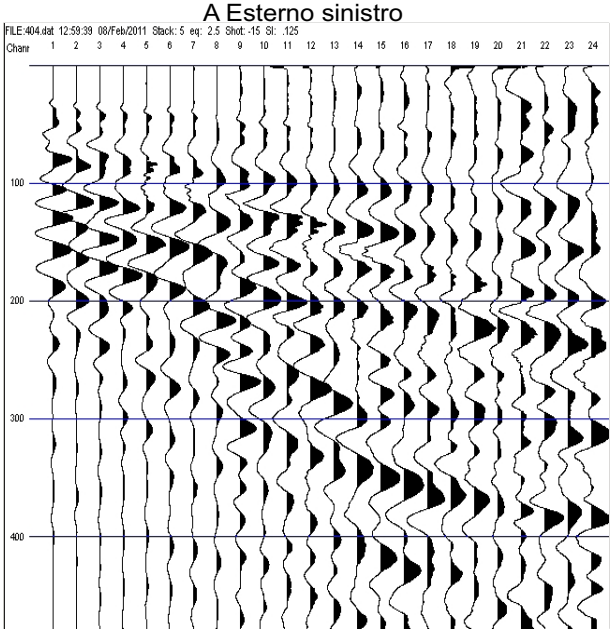


D Esterno destro

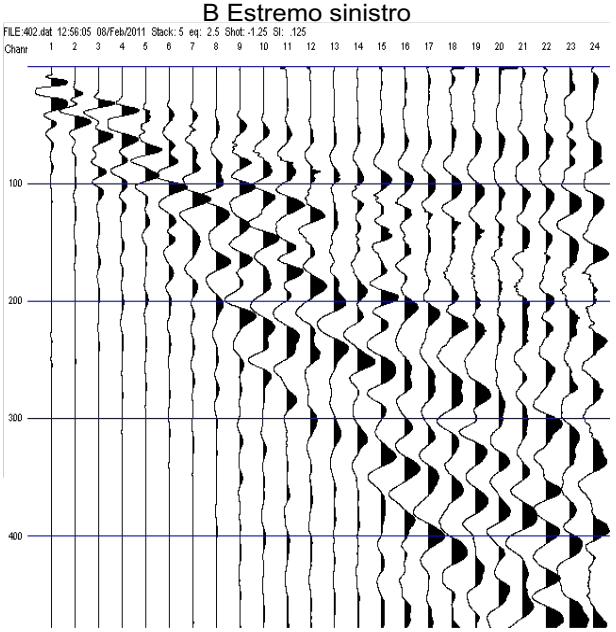


Registrazioni P4 - onde P

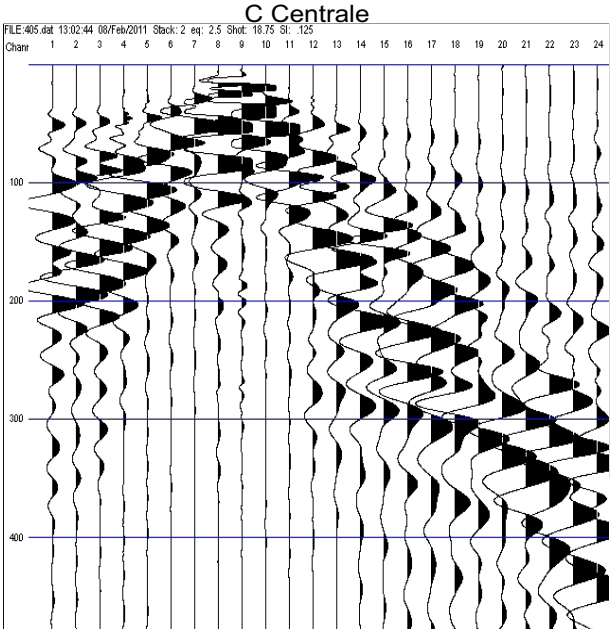
A Esterno sinistro



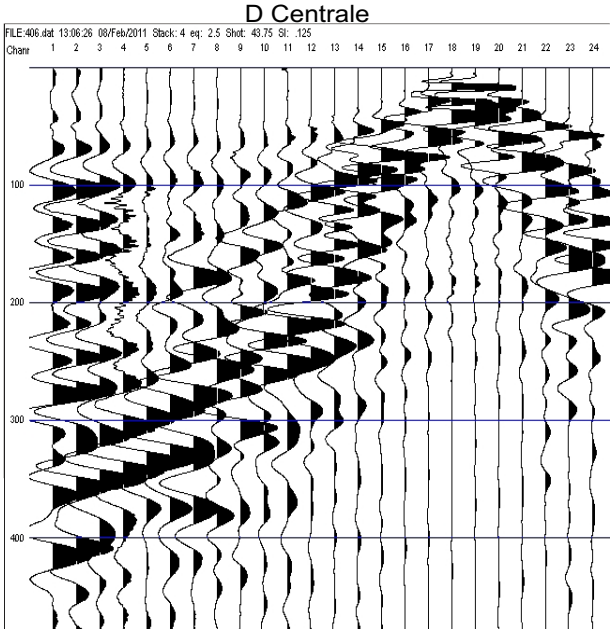
B Estremo sinistro



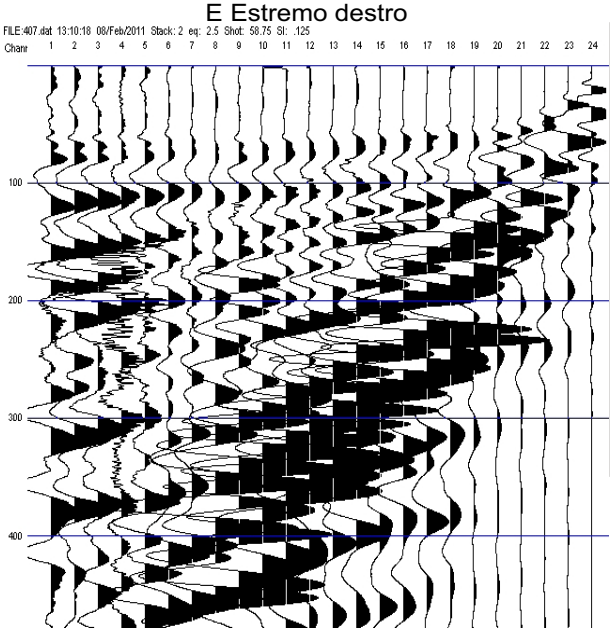
C Centrale



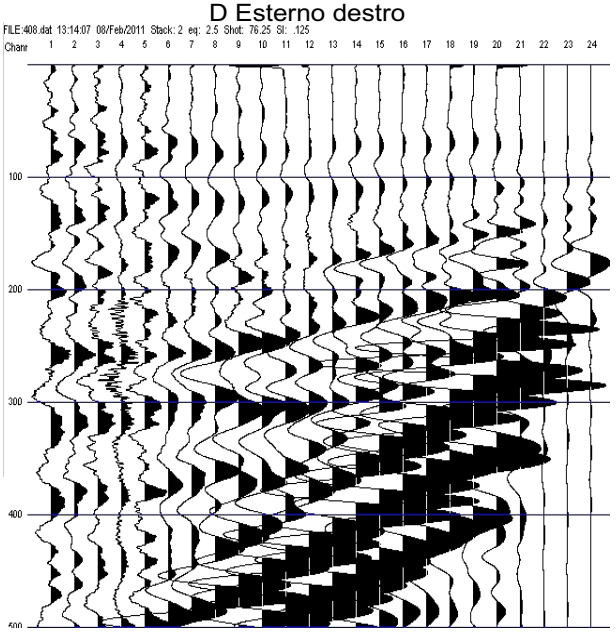
D Centrale



E Estremo destro

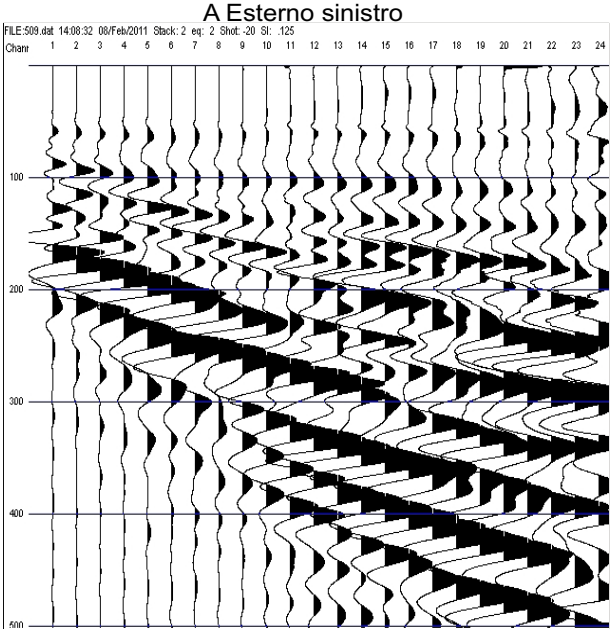


D Esterno destro

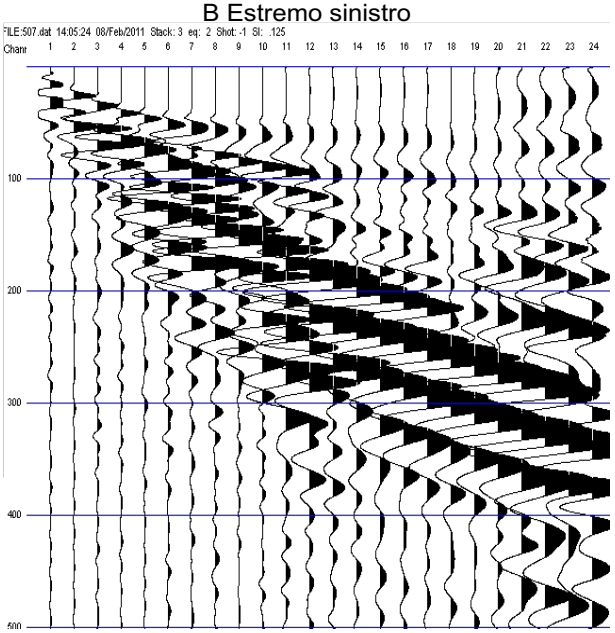


Registrazioni P5 - onde P

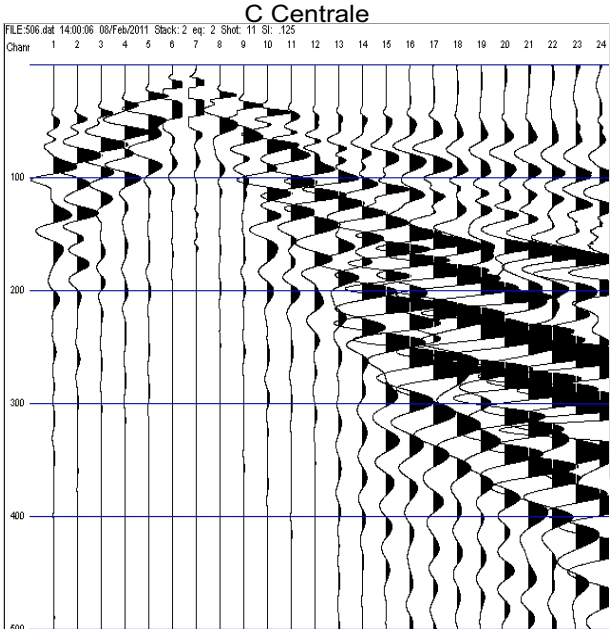
A Esterno sinistro



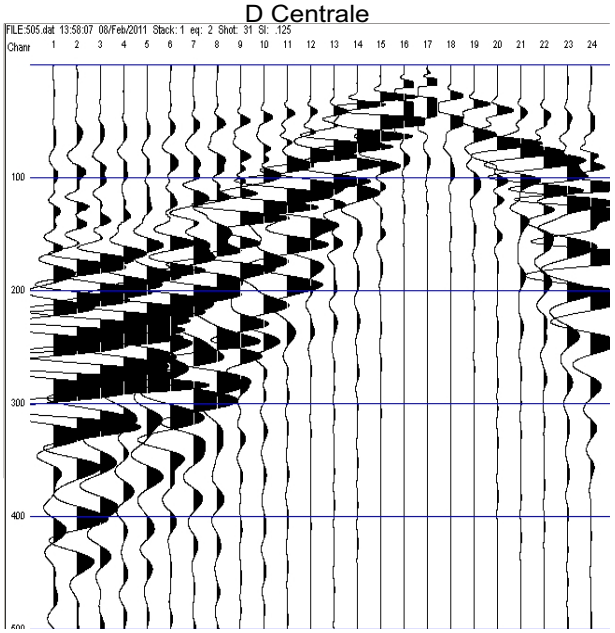
B Estremo sinistro



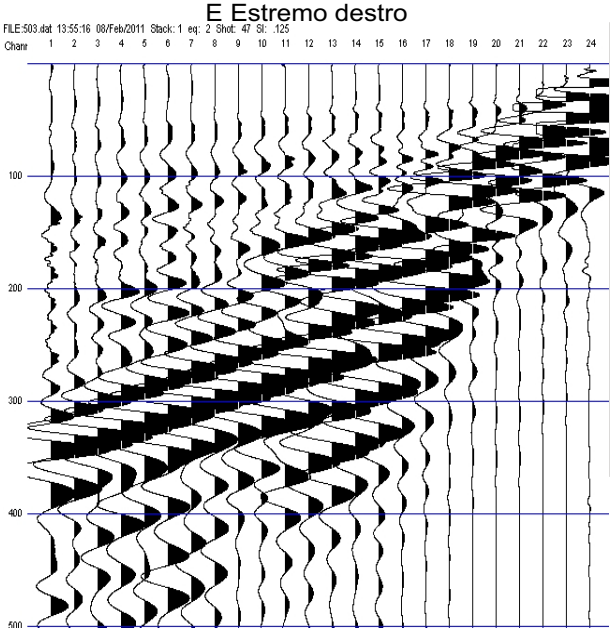
C Centrale



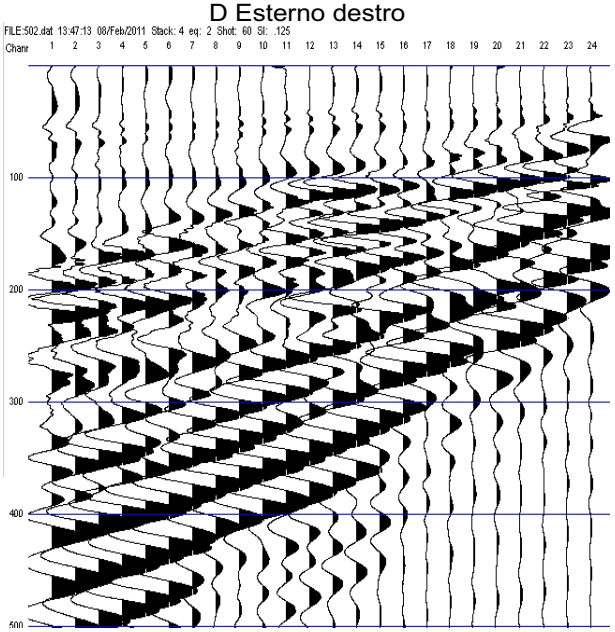
D Centrale



E Estremo destro

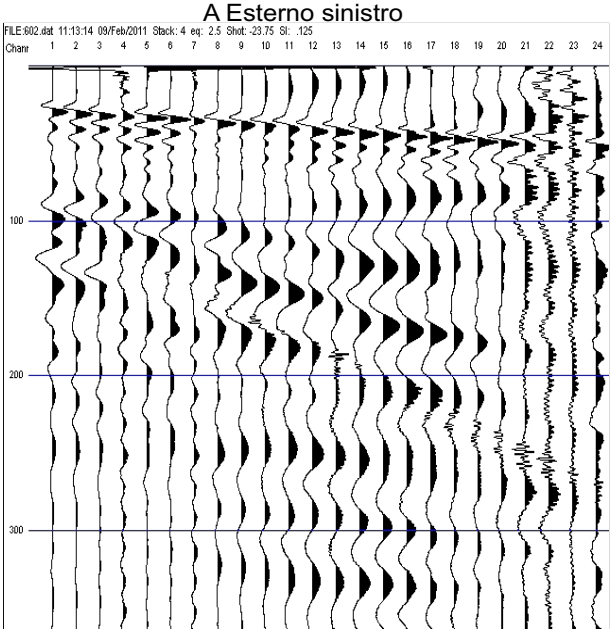


D Esterno destro

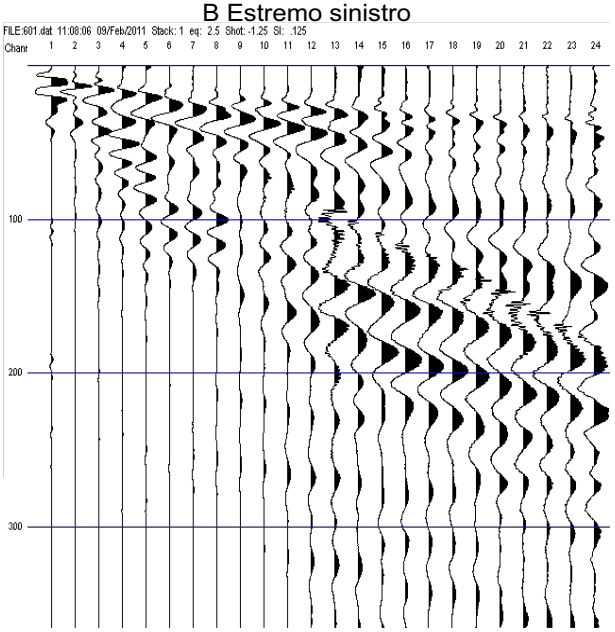


Registrazioni P6 - onde P

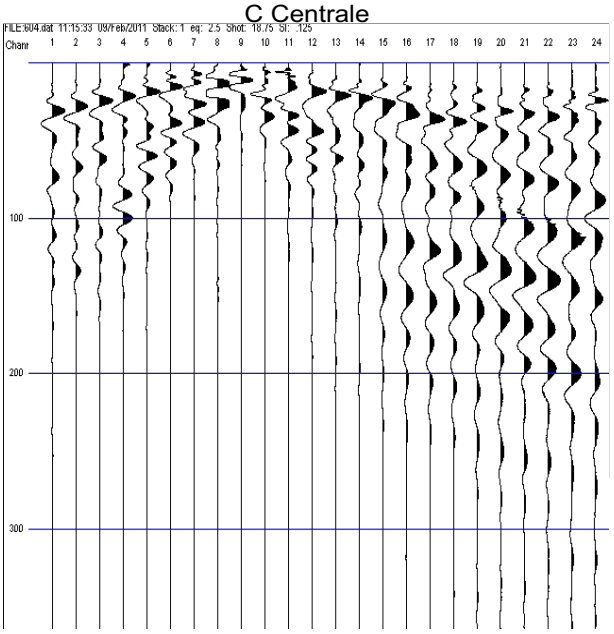
A Esterno sinistro



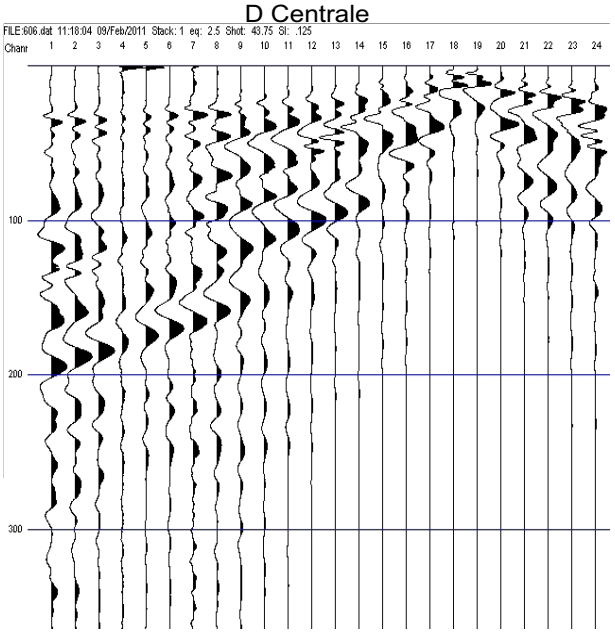
B Estremo sinistro



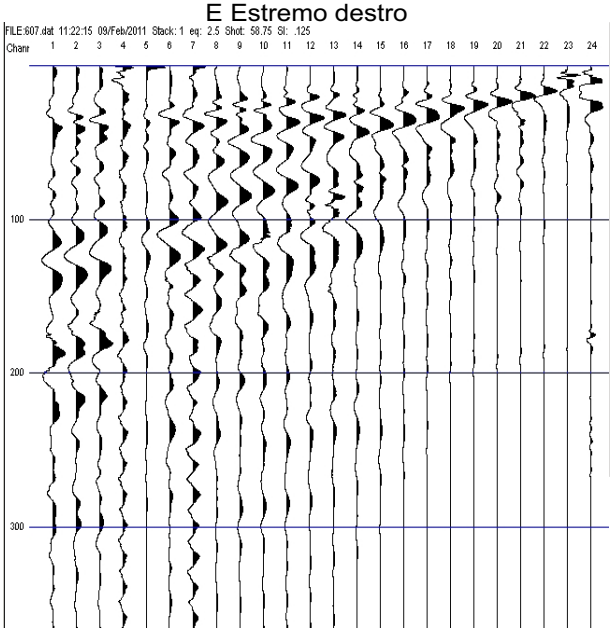
C Centrale



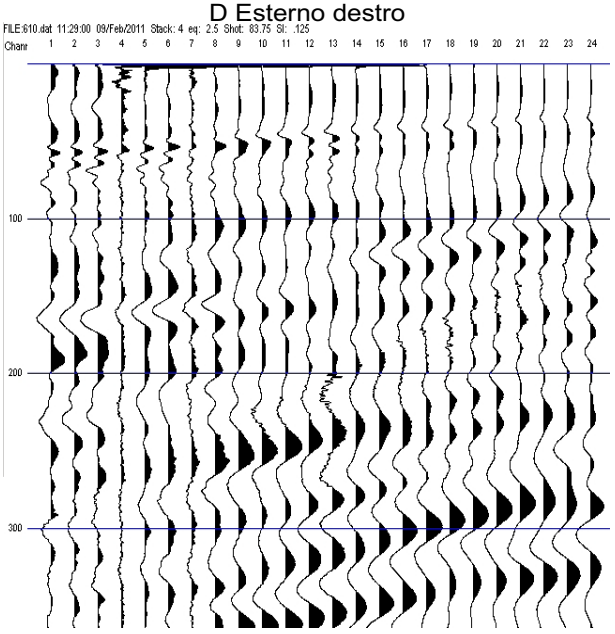
D Centrale



E Estremo destro



D Esterno destro



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di prova n. 278-296/2011

Montelupo Fiorentino lì 21/02/11 SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura
LOCALITA': La Spezia
DATA ESECUZIONE PROVE: 08/02/11 - 18/02/11
CAMPIONI:

S1Cr1	profondità	3.5 - 3.7 m	S1Cr2	profondità	5.5 - 6.0 m
S1Cr3	profondità	10.5 - 11.0 m	S3Cr1	profondità	3.0 - 3.3 m
S3C1bis	profondità	10.0 - 10.5 m			

Prove eseguite

1 - Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
2 - Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
3 - Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)
4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (ASTM D 421/85)
5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 1140/71)
6 - Peso specifico dei grani (Boll. Uff. CNR n. 64)
7 - Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

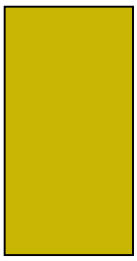
CERTIFICATO DI PROVA N. 278/2011

CAMPIONE: S1Cr1 profondità 3.5 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino lì 21/02/11
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data apertura campione: 11/02/11

Descrizione del campione
Campione rimaneggiato in sacchetto di plastica prelevato da cassetta da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Sabbia limosa argillosa con sporadici elementi litici
colore marrone oliva chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, granulometria e peso specifico



15 cm

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

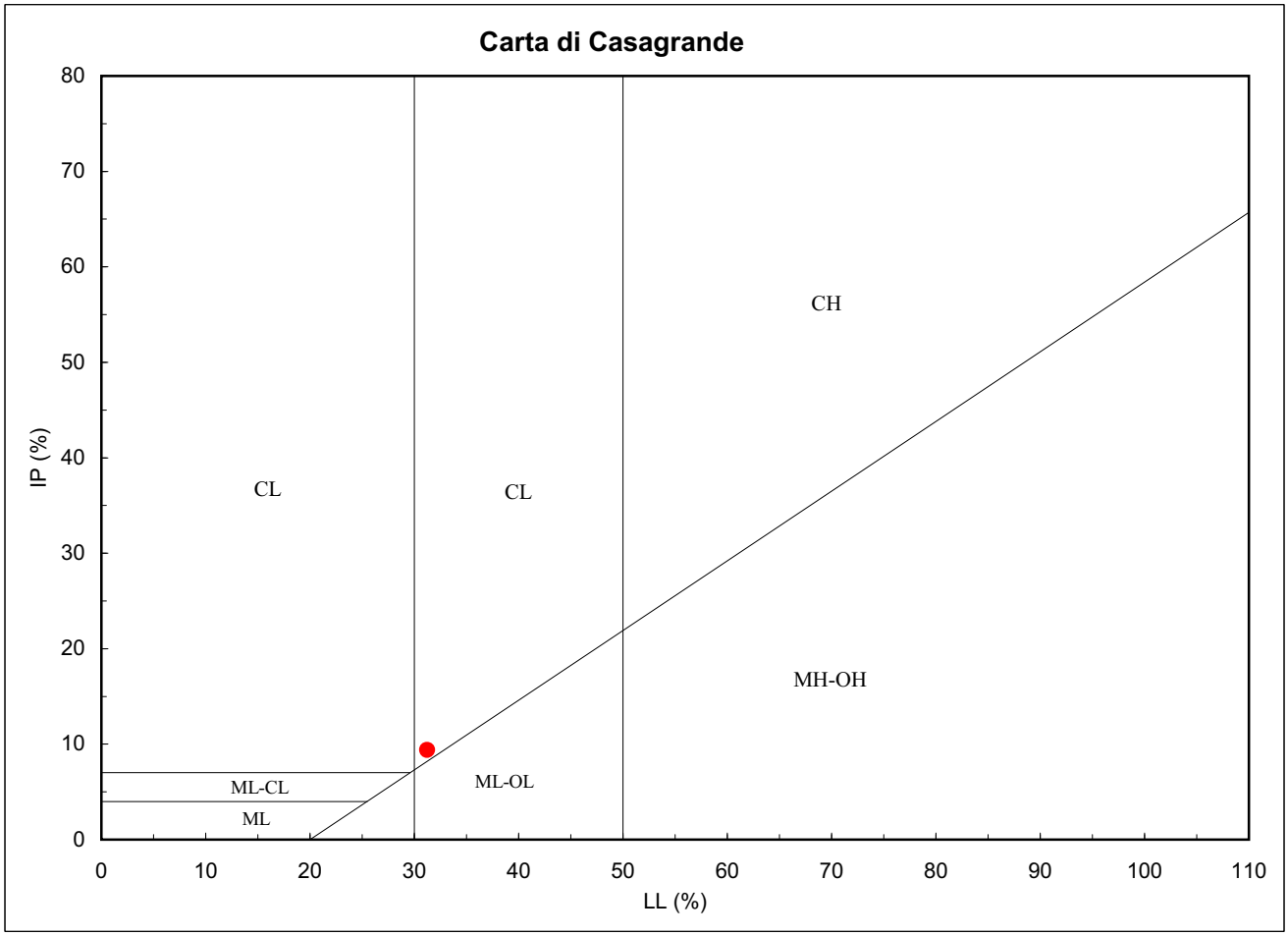
CERTIFICATO DI PROVA N. 278/2011

CAMPIONE: S1Cr1 profondità 3.5 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino lì 21/02/11
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 18/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) =	23.04%	Limite di liquidità (LL) =	31.2%
Limite di plasticità (LP) =	21.9%	Indice di plasticità (IP) =	9.4%
Indice di consistenza (Ic) =	0.87	Indice di attività (Iat) =	0.44

CL = argille inorganiche di media plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A4 Indice di gruppo: 3

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

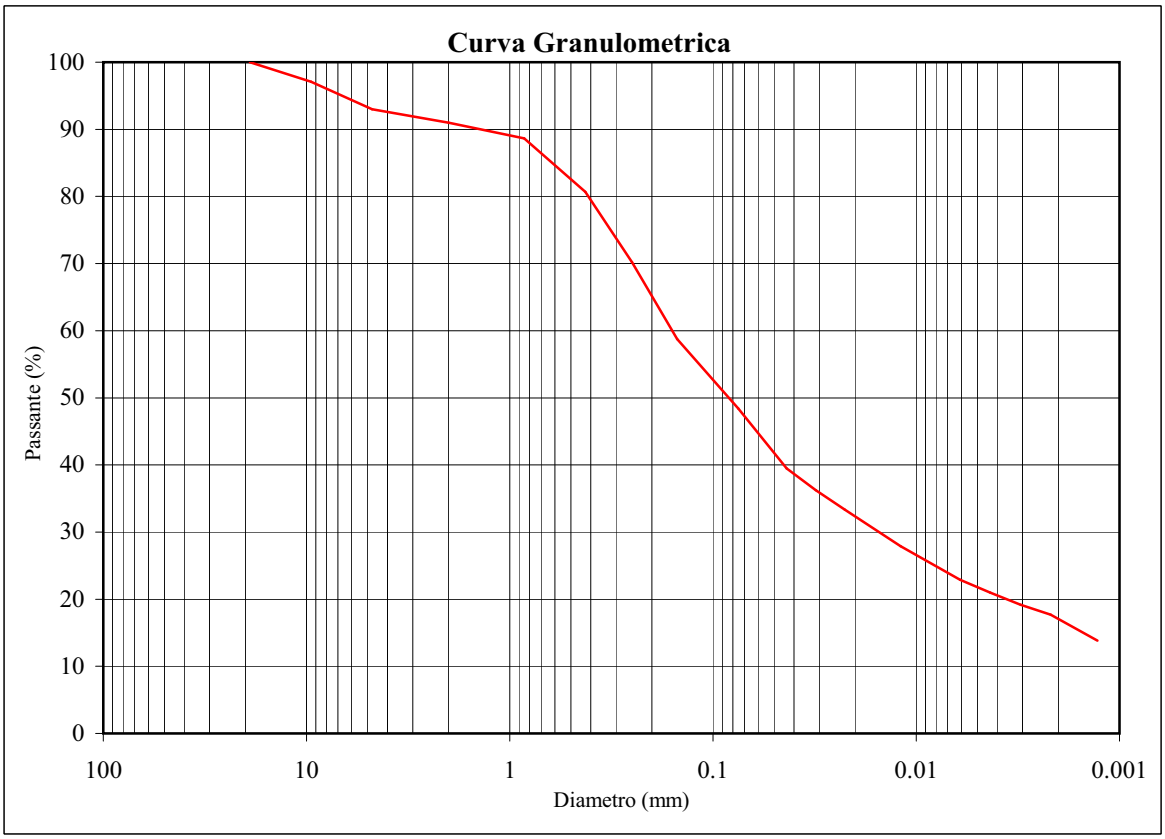
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 279/2011

CAMPIONE: S1Cr1 profondità 3.5 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino lì 21/02/11
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 15/02/11

Analisi granulometrica
Setacciatura: per via umida (ASTM D 421)
Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0434	39.5
9.5	97.09	0.0313	36.2
4.75	92.99	0.0225	33.3
2	91.01	0.0119	27.9
0.850	88.67	0.0061	22.9
0.425	80.67	0.0043	21.0
0.250	70.20	0.0031	19.2
0.150	58.77	0.0022	17.7
0.075	48.38	0.0013	13.8



Ghiaia: 9.0% Sabbia: 46.3% Limo: 27.7% Argilla: 17.1%

Sabbia con limo argillosa debolmente ghiaiosa

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 280/2011

CAMPIONE: S1Cr1 profondità 3.5 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino lì 21/02/11
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 18/02/11

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.50
Peso di volume naturale (kN/m^3)	19.9
Peso di volume secco (kN/m^3)	16.2
Indice dei vuoti	0.640
Grado di saturazione (%)	97.42
Contenuto d'acqua (%)	23.04

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Montelupo Fiorentino lì 21/02/11	LOCALITA': La Spezia
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11

Tabella riassuntiva certificati di prova n. 278-280/2011

CAMPIONE	**S1Cr1**
Profondità metri	3.5 - 3.7
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m^3)	19.9
Peso volume secco (kN/m^3)	16.2
Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.50
Indice dei vuoti	0.640
Grado di saturazione (%)	97.42
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	23.04
Limite liquido (%)	31.2
Limite plastico (%)	21.9
Indice di plasticità (%)	9.4
Indice di consistenza	0.87
Indice di attività	0.44
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	9.0
Sabbia (%)	46.3
Limo (%)	27.7
Argilla (%)	17.1
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A4
Indice di gruppo	3



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 281/2011

CAMPIONE: S1Cr2 profondità 5.5 - 6.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data apertura campione: 08/02/11

Descrizione del campione
Campione rimaneggiato in sacchetto di plastica prelevato da cassetta
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Sabbia limosa argillosa
colore grigio verdastro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti,
granulometria, taglio e peso specifico

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

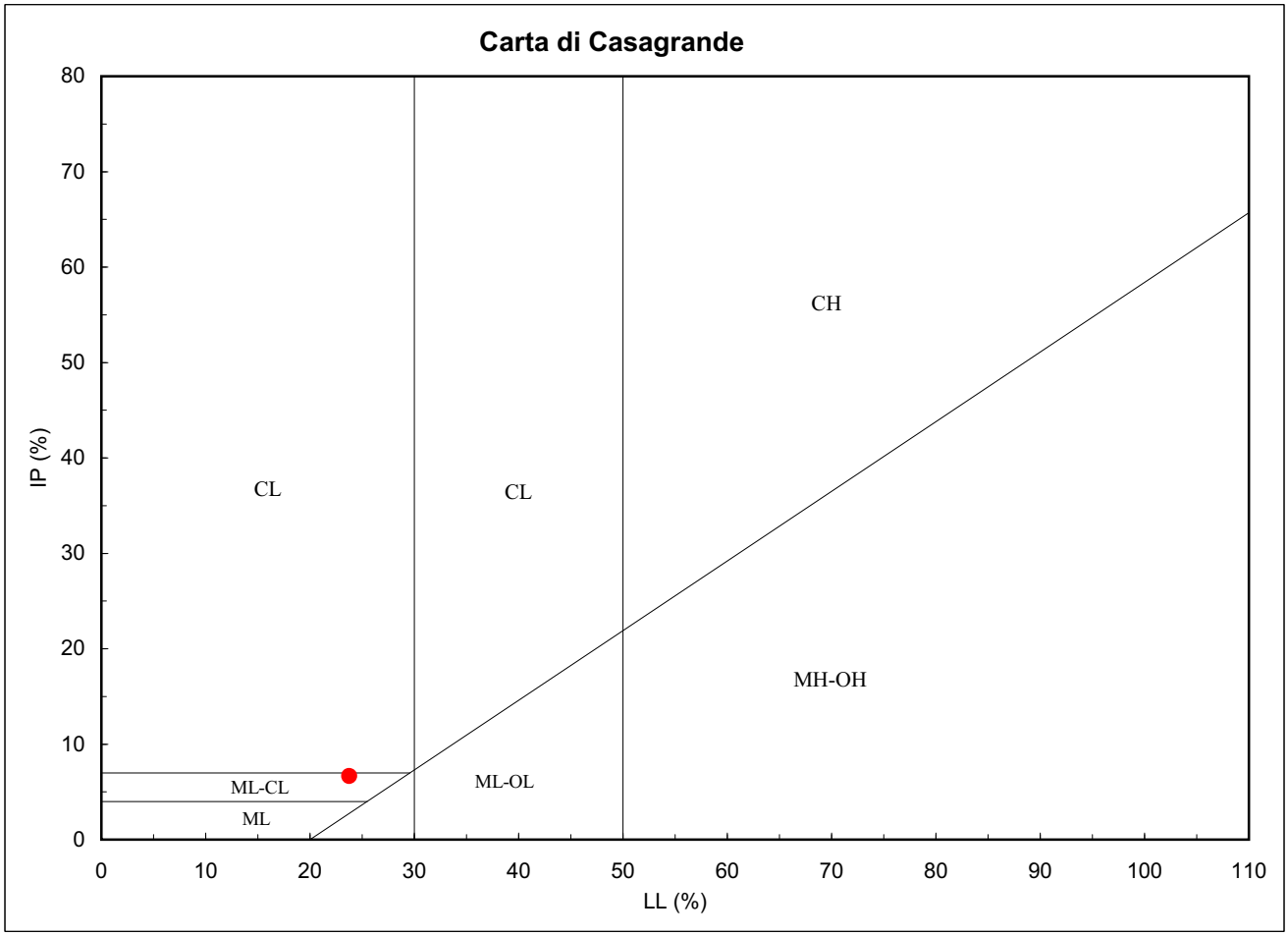
CERTIFICATO DI PROVA N. 281/2011

CAMPIONE: S1Cr2 profondità 5.5 - 6.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 14/02/11 - 16/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) =	21.52%	Limite di liquidità (LL) =	23.8%
Limite di plasticità (LP) =	17.1%	Indice di plasticità (IP) =	6.7%
Indice di consistenza (Ic) =	0.34	Indice di attività (Iat) =	0.48

ML-CL = limi inorganici - argille inorganiche di bassa plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A4 Indice di gruppo: 2

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

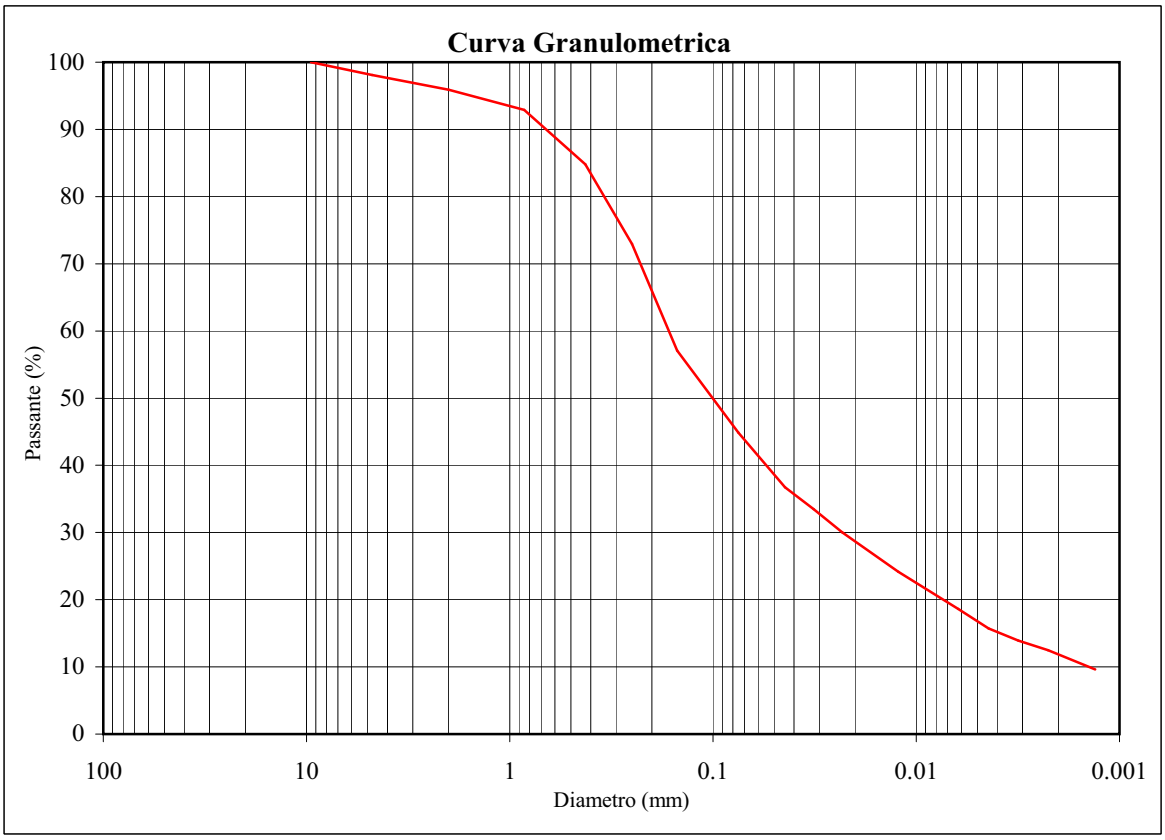
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 282/2011

CAMPIONE: S1Cr2 profondità 5.5 - 6.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 15/02/11

Analisi granulometrica
Setacciatura: per via umida (ASTM D 421)
Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
9.5	100	0.0443	36.7
4.75	98.11	0.0320	33.5
2	95.92	0.0231	30.0
0.850	92.90	0.0123	24.2
0.425	84.82	0.0062	18.6
0.250	72.95	0.0044	15.7
0.150	57.09	0.0031	13.9
0.075	44.90	0.0022	12.5
		0.0013	9.6



Ghiaia: 4.1% Sabbia: 54.5% Limo: 29.6% Argilla: 11.9%

Sabbia con limo argillosa

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 283/2011

CAMPIONE: S1Cr2 profondità 5.5 - 6.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 18/02/11

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.24
Peso di volume secco (kN/m^3)	15.7
Indice dei vuoti	0.673
Grado di saturazione (%)	82.92
Contenuto d'acqua (%)	20.82

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 284/2011

CAMPIONE: S1Cr2 profondità 5.5 - 6.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 08/02/11 - 15/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

	Provino 1	**Provino 2**	**Provino 3**
Peso di volume naturale iniziale (kN/m^3)	18.9	19.0	19.0
Peso di volume umido finale (kN/m^3)	19.4	20.0	20.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m^3)	15.7	15.7	15.7
Peso di volume secco finale (kN/m^3)	16.5	16.9	17.4
Contenuto d'acqua iniziale (%)	20.40	20.94	21.13
Contenuto d'acqua finale (%)	17.28	18.10	18.74
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0038	0.0038	0.0038
Sigma (kPa)	98.1	196.1	294.2
Tau a rottura (kPa)	74.7	149.4	224.2

Provino 1		**Provino 2**		**Provino 3**	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.05	7.9	0.09	19.2	0.07	26.5
0.11	12.7	0.15	27.6	0.12	38.8
0.17	16.9	0.21	35.0	0.44	87.4
0.23	20.1	0.28	41.8	0.74	114.5
0.30	23.4	0.34	48.0	1.05	135.8
0.36	26.2	0.40	53.7	1.36	153.2
0.74	40.3	0.77	78.1	1.66	167.5
1.12	49.3	1.15	95.0	1.98	178.8
1.49	56.2	1.52	108.0	2.30	188.1
1.86	61.2	1.89	118.2	2.61	195.1
2.23	64.8	2.27	125.6	2.93	200.8
2.62	67.5	2.65	131.1	3.24	206.6
3.00	69.1	3.03	135.3	3.55	212.4
3.38	70.2	3.41	139.4	3.87	217.1
3.75	71.1	3.78	143.0	4.19	220.2
4.14	71.9	4.17	145.4	4.51	221.8
4.53	72.5	4.55	146.9	4.83	222.3
4.91	73.1	4.94	147.7	5.15	223.1
5.30	73.6	5.32	148.3	5.46	223.7
5.67	74.1	5.69	148.8	5.78	224.2
5.98	74.7	6.01	149.4	6.03	224.2

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

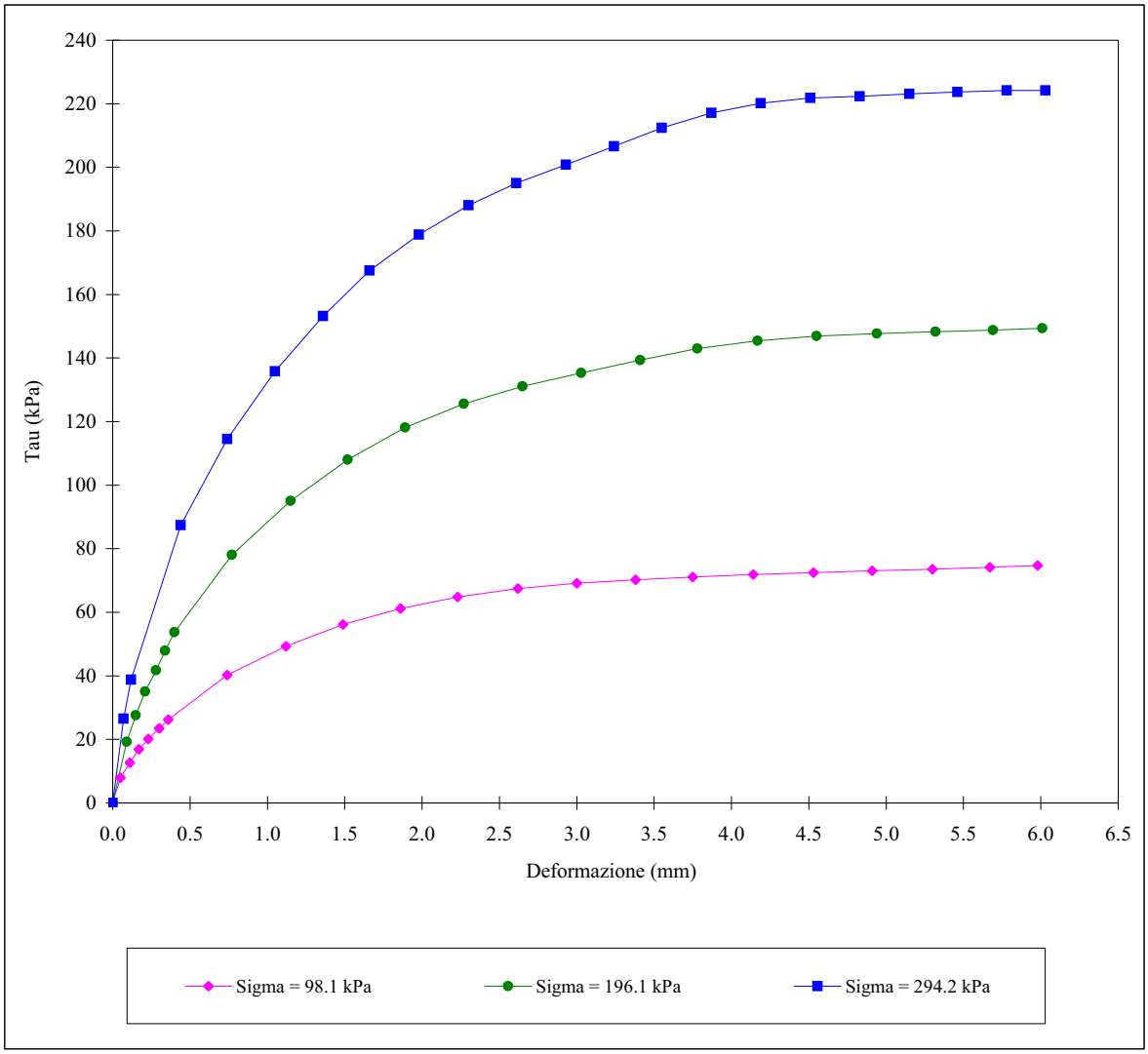
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 284/2011

CAMPIONE: S1Cr2 profondità 5.5 - 6.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 08/02/11 - 15/02/11

Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Grafico Deformazione - Tau



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA S.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Montelupo Fiorentino lì 30/12/10	LOCALITA': La Spezia
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11

Tabella riassuntiva certificati di prova n. 281-284/2011

CAMPIONE	**S1Cr2**
Profondità metri	5.5 - 6.0
Prova di taglio	
C (kPa)	0
ϕ (°)	37.3
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m^3)	18.9
Peso volume secco (kN/m^3)	15.7
Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.24
Indice dei vuoti	0.673
Grado di saturazione (%)	82.92
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	21.52
Limite liquido (%)	23.8
Limite plastico (%)	17.1
Indice di plasticità (%)	6.7
Indice di consistenza	0.34
Indice di attività	0.48
Classificaz. Casagrande	ML-CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	4.1
Sabbia (%)	54.5
Limo (%)	29.6
Argilla (%)	11.9
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A4
Indice di gruppo	2

IGETECMA S.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 285/2011

CAMPIONE: S1Cr3 profondità 10.5 - 11.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data apertura campione: 09/02/11

Descrizione del campione
Campione rimaneggiato in sacchetto di plastica prelevato da cassetta
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Sabbia limosa con elementi litici
colore grigio verdastro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti,
granulometria, taglio e peso specifico

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

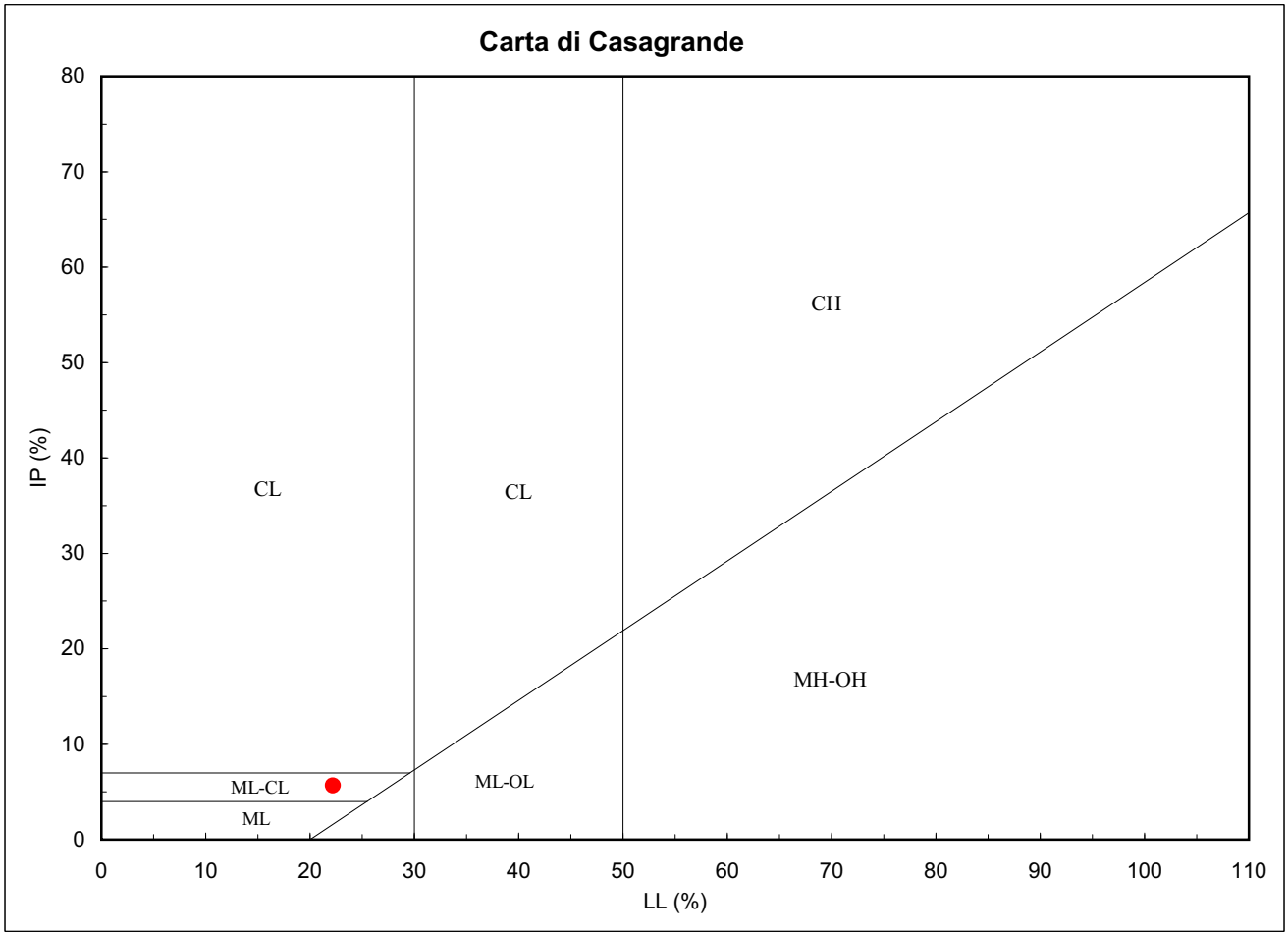
CERTIFICATO DI PROVA N. 285/2011

CAMPIONE: S1Cr3 profondità 10.5 - 11.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 16/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) =	12.05%	Limite di liquidità (LL) =	22.2%
Limite di plasticità (LP) =	16.5%	Indice di plasticità (IP) =	5.7%
Indice di consistenza (Ic) =	1.79	Indice di attività (Iat) =	0.50

ML-CL = limi inorganici - argille inorganiche di bassa plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A2-4 Indice di gruppo: 0

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

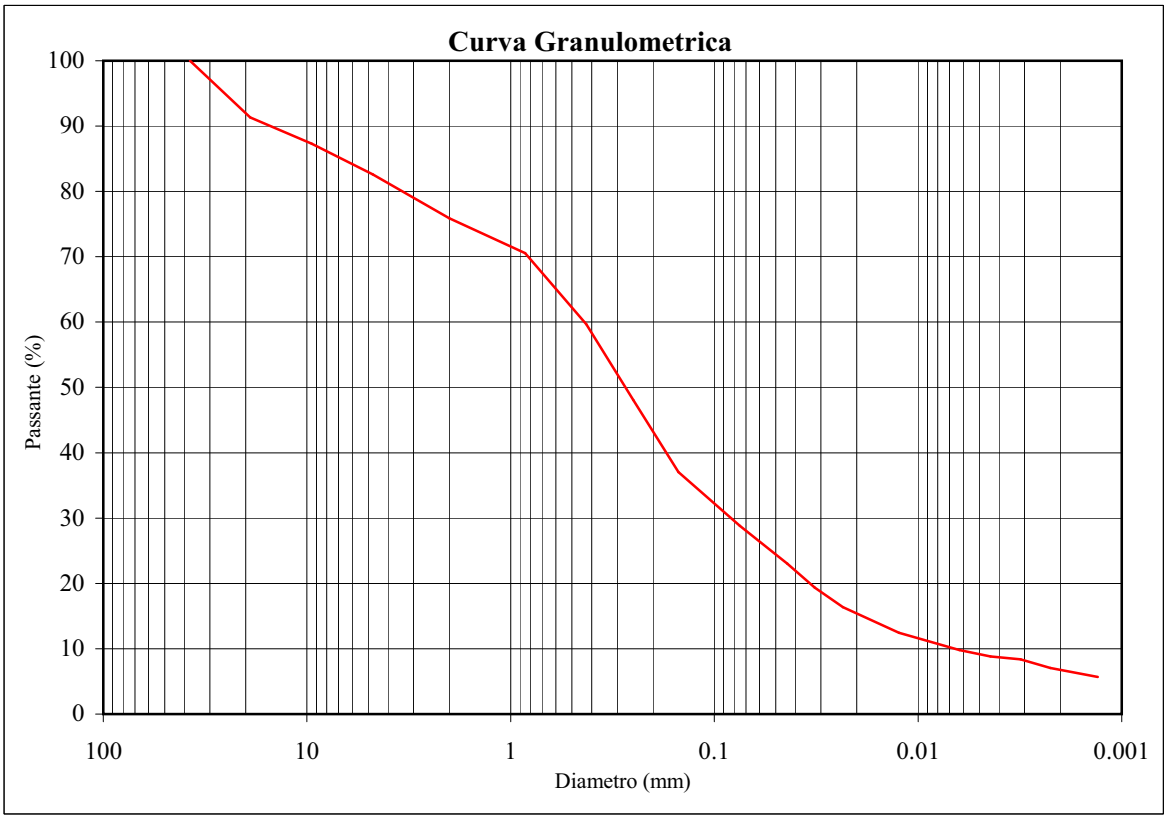
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 286/2011

CAMPIONE: S1Cr3 profondità 10.5 - 11.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 15/02/11

Analisi granulometrica
Setacciatura: per via umida (ASTM D 421)
Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
37.5	100	0.0439	23.0
19	91.33	0.0321	19.4
9.5	87.29	0.0234	16.4
4.75	82.63	0.0124	12.4
2	75.91	0.0063	9.8
0.850	70.57	0.0044	8.8
0.425	59.67	0.0031	8.4
0.250	48.08	0.0022	7.1
0.150	37.02	0.0013	5.7
0.075	28.81		



Ghiaia: 24.1% Sabbia: 49.5% Limo: 19.6% Argilla: 6.8%

Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prova Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 287/2011

CAMPIONE: S1Cr3 profondità 10.5 - 11.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 14/02/11 - 18/02711

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.53
Peso di volume secco (kN/m^3)	17.5
Indice dei vuoti	0.516
Grado di saturazione (%)	78.31
Contenuto d'acqua (%)	14.90

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 288/2011

CAMPIONE: S1Cr3 profondità 10.5 - 11.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 09/02/11 - 18/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

	Provino 1	**Provino 2**	**Provino 3**
Peso di volume naturale iniziale (kN/m^3)	20.1	20.1	20.1
Peso di volume umido finale (kN/m^3)	21.0	21.5	22.1
Peso di volume secco iniziale (kN/m^3)	17.6	17.5	17.4
Peso di volume secco finale (kN/m^3)	18.4	18.8	19.4
Contenuto d'acqua iniziale (%)	14.60	14.83	15.28
Contenuto d'acqua finale (%)	14.40	14.29	14.08
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0020	0.0020	0.0020
Sigma (kPa)	98.1	196.1	294.2
Tau a rottura (kPa)	71.0	140.0	211.5

Provino 1		**Provino 2**		**Provino 3**	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.05	7.2	0.07	17.4	0.11	38.7
0.19	15.9	0.11	24.2	0.17	49.5
0.32	21.8	0.17	30.8	0.22	59.5
0.48	27.9	0.44	56.5	0.50	98.8
0.64	33.9	0.73	74.8	0.78	126.1
0.97	41.6	1.03	89.0	1.10	147.4
1.27	46.7	1.36	100.8	1.42	165.0
1.59	50.6	1.68	108.8	1.72	175.7
1.93	54.0	1.99	115.3	2.04	185.1
2.25	57.5	2.32	122.0	2.38	193.4
2.60	59.1	2.64	125.8	2.69	198.7
2.95	60.9	2.95	129.3	3.01	202.5
3.30	62.8	3.30	131.0	3.36	204.2
3.65	63.7	3.63	132.8	3.68	205.7
3.99	65.0	3.95	134.5	4.00	206.3
4.29	66.9	4.29	135.4	4.35	207.4
4.64	67.9	4.62	136.6	4.67	208.0
4.99	68.9	4.95	137.3	4.99	209.1
5.32	69.5	5.30	138.3	5.35	209.8
5.67	70.7	5.64	139.1	5.67	210.9
6.01	71.0	5.97	140.0	5.99	211.5

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

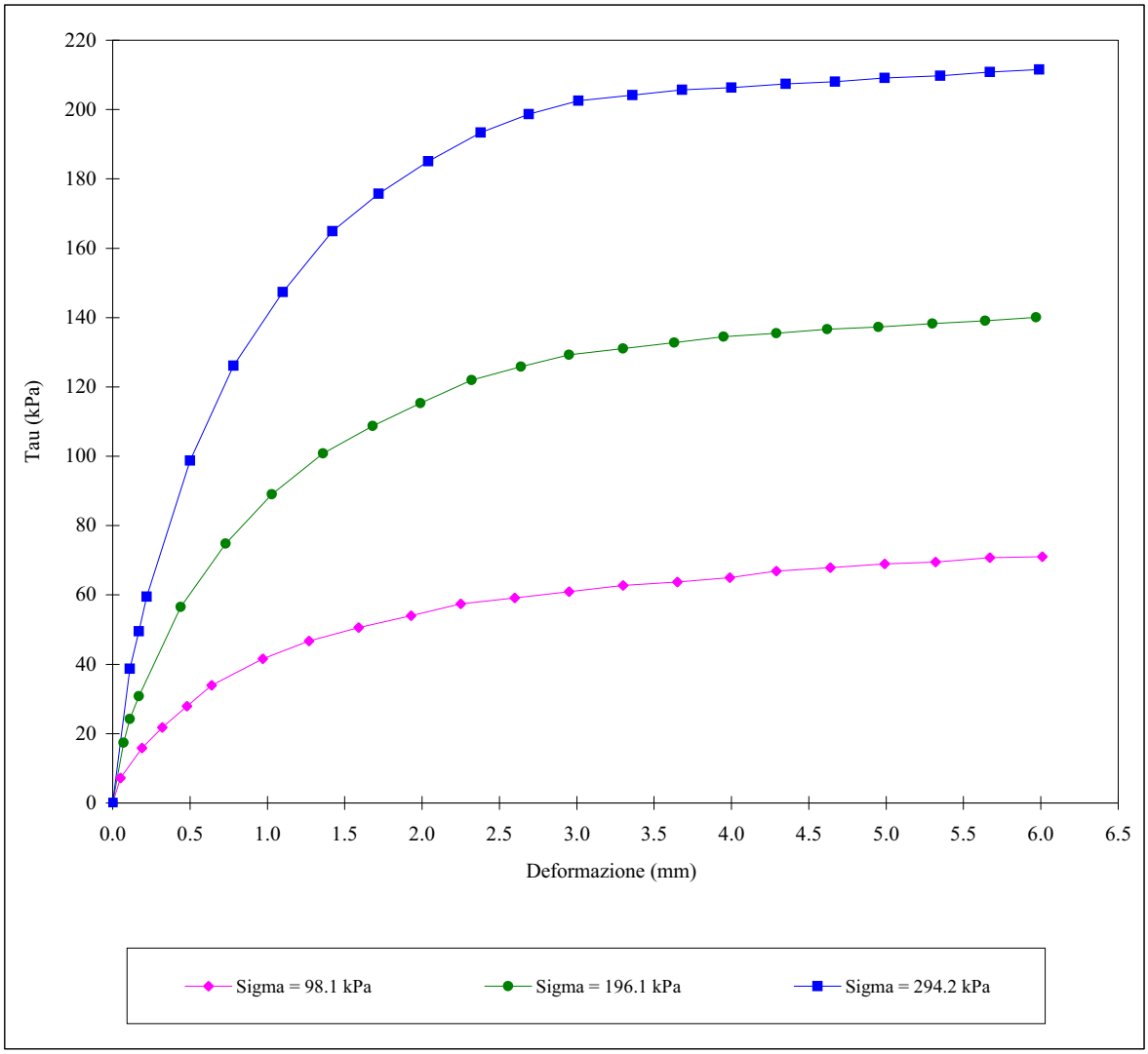
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 288/2011

CAMPIONE: S1Cr3 profondità 10.5 - 11.0 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 09/02/11 - 18/02/11

Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Grafico Deformazione - Tau



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA S.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Montelupo Fiorentino lì 30/12/10	LOCALITA': La Spezia
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11

Tabella riassuntiva certificati di prova n. 285-288/2011

CAMPIONE	**S1Cr3**
Profondità metri	10.5 - 11.0
Prova di taglio	
C (kPa)	0.3
ϕ (°)	35.6
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m^3)	20.1
Peso volume secco (kN/m^3)	17.5
Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.53
Indice dei vuoti	0.516
Grado di saturazione (%)	78.31
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	12.05
Limite liquido (%)	22.2
Limite plastico (%)	16.5
Indice di plasticità (%)	5.7
Indice di consistenza	1.79
Indice di attività	0.50
Classificaz. Casagrande	ML-CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	24.1
Sabbia (%)	49.5
Limo (%)	19.6
Argilla (%)	6.8
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A2-4
Indice di gruppo	0



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 289/2011

CAMPIONE: S3Cr1 profondità 3.0 - 3.3 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data apertura campione: 09/02/11

Descrizione del campione
Campione rimaneggiato in sacchetto di plastica prelevato da cassetta
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Limo argilloso sabbioso
colore da giallo marroncino a grigio verdastro chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti,
granulometria, taglio e peso specifico

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

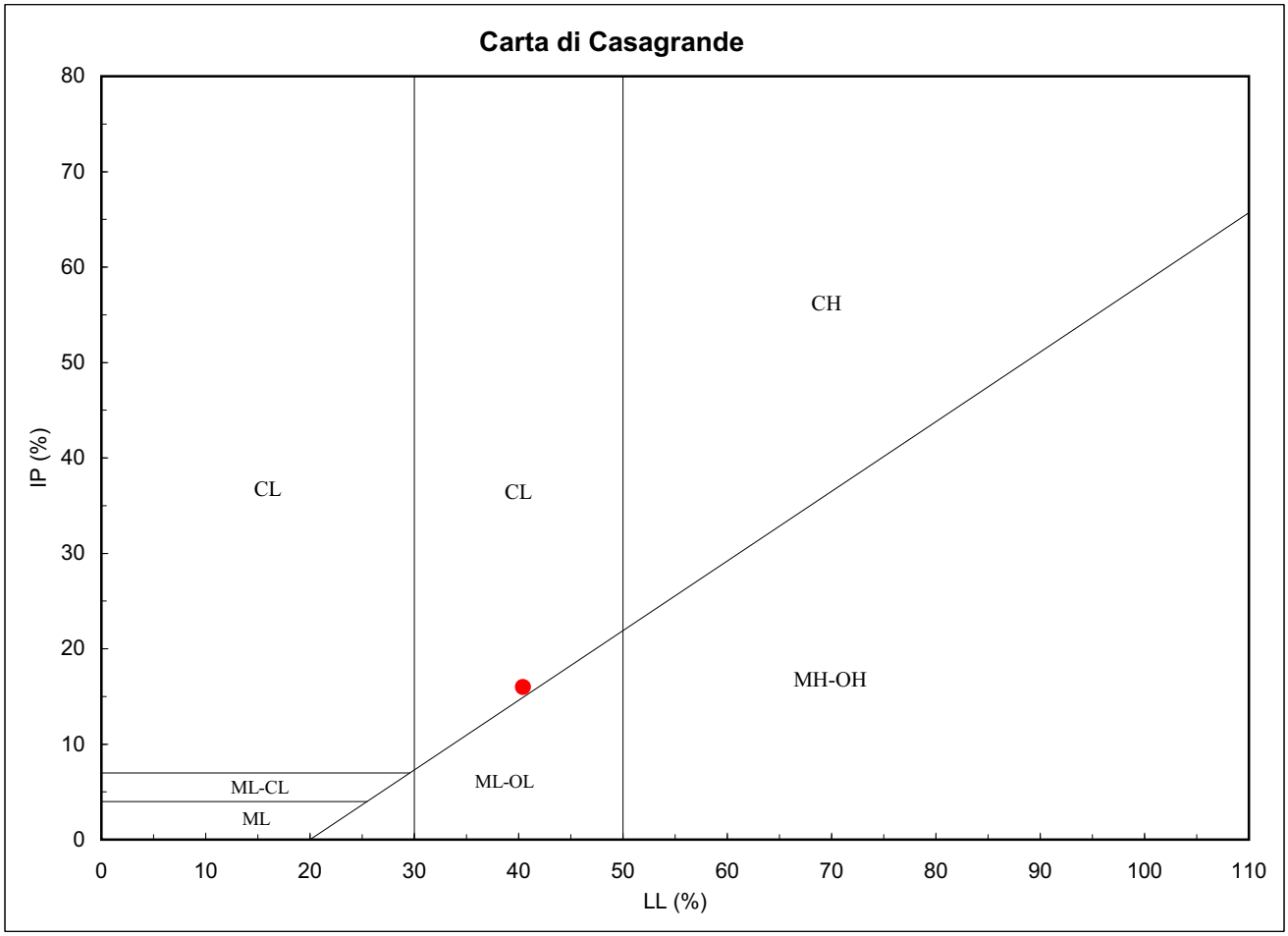
CERTIFICATO DI PROVA N. 289/2011

CAMPIONE: S3Cr1 profondità 3.0 - 3.3 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 16/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) =	20.37%	Limite di liquidità (LL) =	40.4%
Limite di plasticità (LP) =	24.5%	Indice di plasticità (IP) =	16.0%
Indice di consistenza (Ic) =	1.26	Indice di attività (Iat) =	0.45

CL = argille inorganiche di media plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6 Indice di gruppo: 10

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

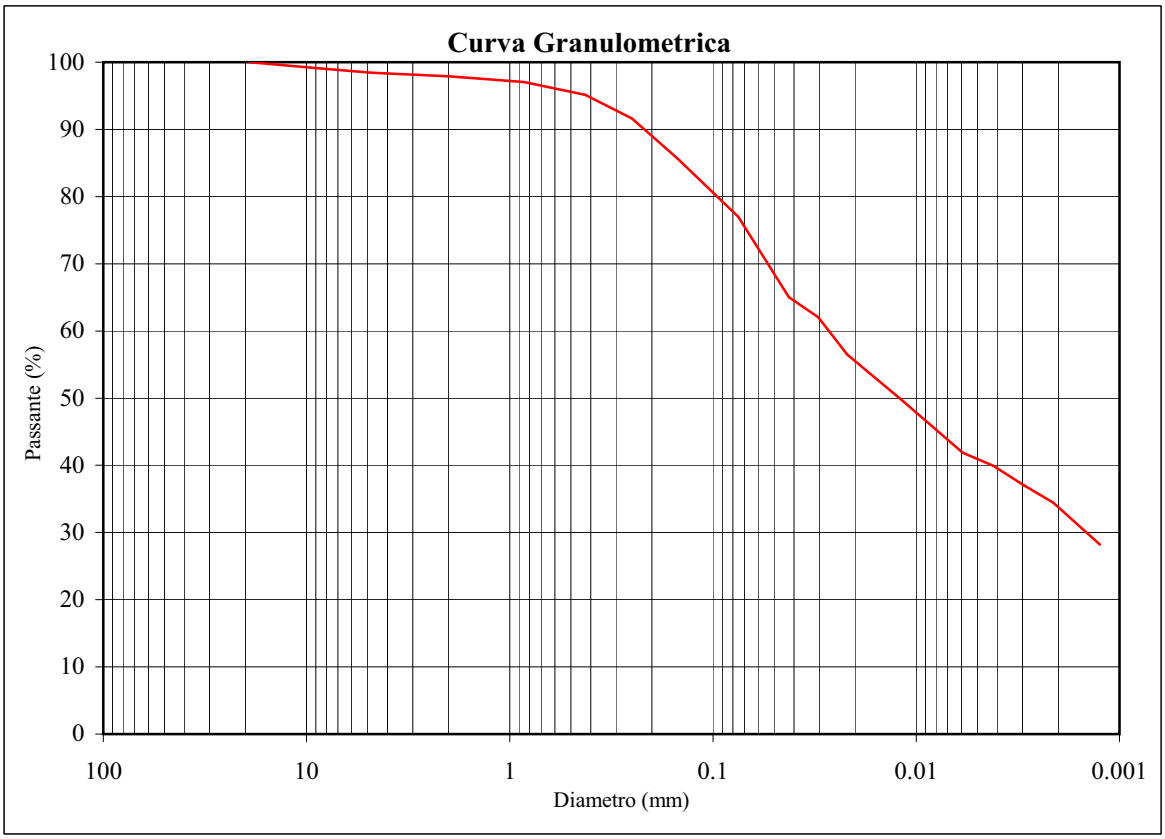
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 290/2011

CAMPIONE: S3Cr1 profondità 3.0 - 3.3 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 15/02/11

Analisi granulometrica
Setacciatura: per via umida (ASTM D 421)
Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0424	65.0
9.5	99.20	0.0303	62.0
4.75	98.43	0.0219	56.5
2	97.90	0.0116	49.5
0.850	97.05	0.0059	41.9
0.425	95.15	0.0042	39.9
0.250	91.60	0.0030	37.1
0.150	85.72	0.0021	34.5
0.075	76.99	0.0012	28.2



Ghiaia: 2.1% Sabbia: 25.6% Limo: 38.5% Argilla: 33.8%

Limo con argilla e sabbia

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 291/2011

CAMPIONE: S3Cr1 profondità 3.0 - 3.3 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 18/02/11

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.84
Peso di volume secco (kN/m^3)	14.6
Indice dei vuoti	0.838
Grado di saturazione (%)	76.40
Contenuto d'acqua (%)	23.36

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 292/2011

CAMPIONE: S3Cr1 profondità 3.0 - 3.3 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 09/02/11 - 18/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

	Provino 1	**Provino 2**	**Provino 3**
Peso di volume naturale iniziale (kN/m^3)	20.0	20.2	20.0
Peso di volume umido finale (kN/m^3)	20.6	21.3	21.4
Peso di volume secco iniziale (kN/m^3)	16.7	17.5	16.7
Peso di volume secco finale (kN/m^3)	16.6	18.1	17.4
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.89	15.74	20.27
Contenuto d'acqua finale (%)	23.71	18.15	23.52
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0020	0.0020	0.0020
Sigma (kPa)	196.1	343.2	490.4
Tau a rottura (kPa)	78.8	124.5	185.4

Provino 1		**Provino 2**		**Provino 3**	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.08	5.7	0.07	10.8	0.03	11.7
0.22	21.8	0.13	14.1	0.08	20.9
0.38	32.7	0.20	19.2	0.16	26.4
0.55	40.2	0.25	27.5	0.22	34.8
0.72	46.5	0.54	50.0	0.50	75.2
0.89	52.3	0.87	63.5	0.81	94.1
1.06	56.6	1.20	73.8	1.13	109.2
1.23	60.2	1.52	83.5	1.45	123.0
1.39	63.7	1.86	91.7	1.78	135.0
1.72	67.8	2.19	98.8	2.11	145.2
2.07	70.6	2.52	104.2	2.44	154.1
2.41	72.5	2.86	109.2	2.77	160.8
2.76	73.8	3.20	112.8	3.12	166.4
3.11	75.2	3.55	115.5	3.47	170.4
3.45	76.6	3.90	118.6	3.81	175.0
3.82	77.4	4.24	121.0	4.16	179.0
4.17	78.0	4.59	123.2	4.50	182.6
4.52	78.8	4.93	124.1	4.85	184.0
4.87	78.3	5.28	124.5	5.20	184.9
5.22	77.4	5.64	125.1	5.54	185.4
5.57	76.0	5.99	125.4	5.97	185.2

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

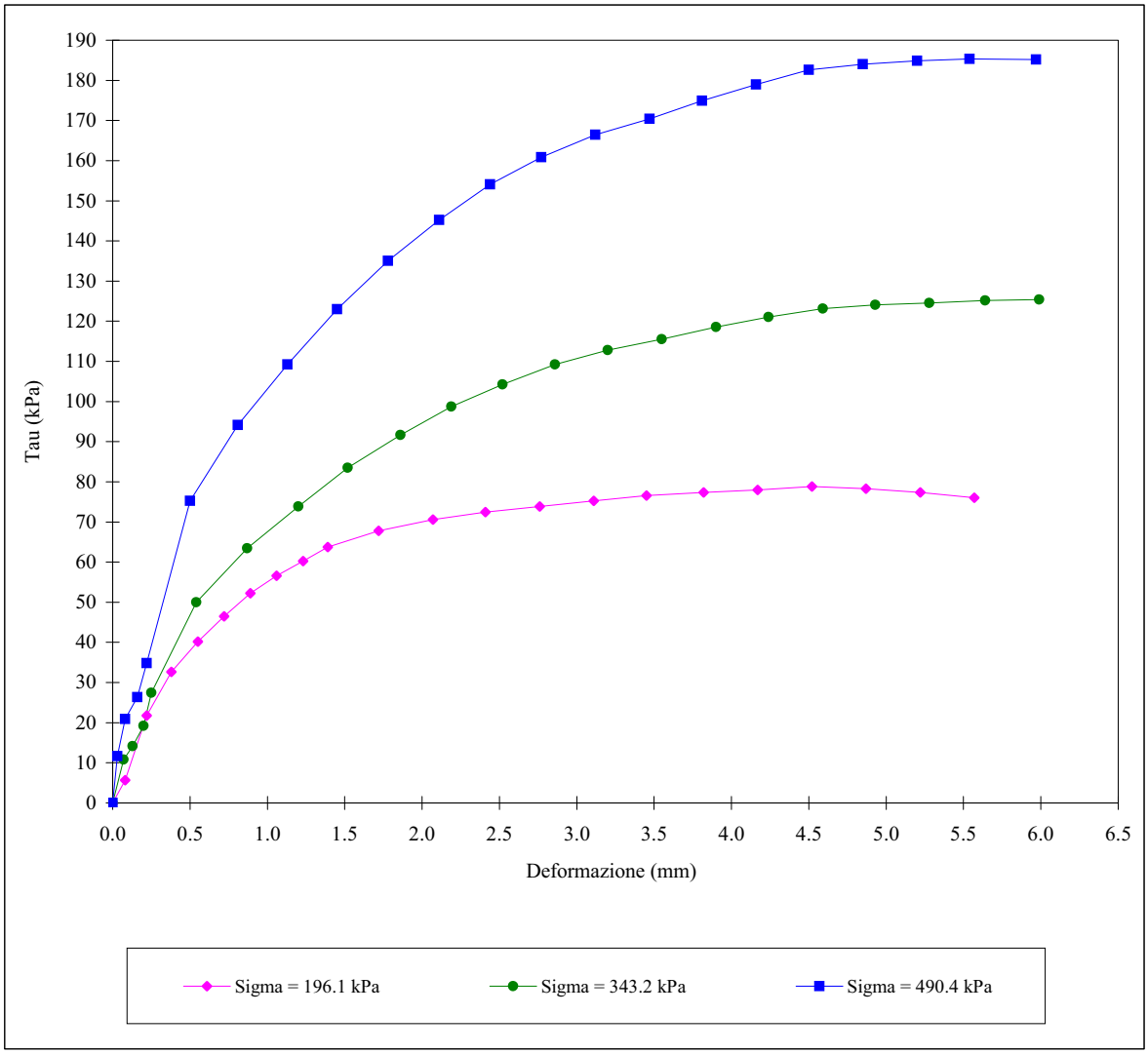
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 292/2011

CAMPIONE: S3Cr1 profondità 3.0 - 3.3 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 09/02/11 - 18/02/11

Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Grafico Deformazione - Tau



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA S.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Montelupo Fiorentino lì 30/12/10	LOCALITA': La Spezia
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11

Tabella riassuntiva certificati di prova n. 289-292/2011

CAMPIONE	**S3Cr1**
Profondità metri	3.0 - 3.3
Prova di taglio	
C (kPa)	5.4
ϕ (°)	19.9
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m^3)	20.1
Peso volume secco (kN/m^3)	16.9
Peso specifico dei grani (kN/m^3)	26.84
Indice dei vuoti	0.838
Grado di saturazione (%)	76.40
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	20.37
Limite liquido (%)	40.4
Limite plastico (%)	24.5
Indice di plasticità (%)	16.0
Indice di consistenza	1.26
Indice di attività	0.45
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	2.1
Sabbia (%)	25.6
Limo (%)	38.5
Argilla (%)	33.8
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	10



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

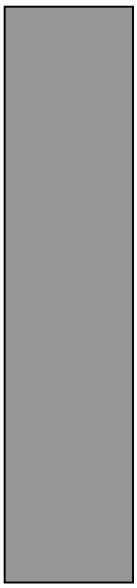
CERTIFICATO DI PROVA N. 293/2011

CAMPIONE: S3C1bis profondità 10.0 - 10.5 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data apertura campione: 09/02/11

Descrizione del campione
Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Argillite alterata a limo argilloso
colore grigio

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti,
granulometria, taglio e peso specifico



35 cm

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

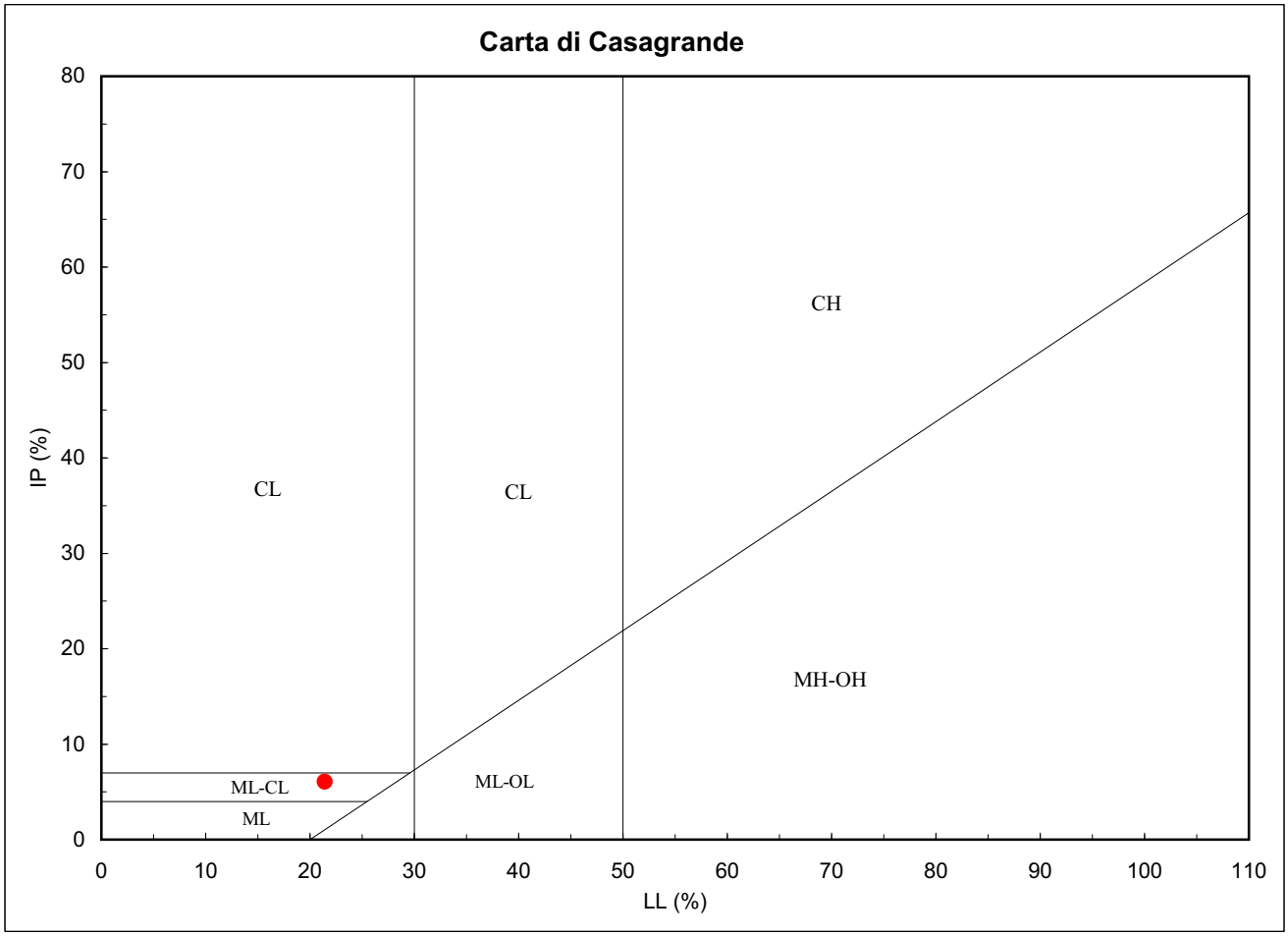
CERTIFICATO DI PROVA N. 293/2011

CAMPIONE: S3C1bis profondità 10.0 - 10.5 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 16/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) =	8.95%	Limite di liquidità (LL) =	21.4%
Limite di plasticità (LP) =	15.3%	Indice di plasticità (IP) =	6.1%
Indice di consistenza (Ic) =	2.05	Indice di attività (Iat) =	0.27

ML-CL = limi inorganici - argille inorganiche di bassa plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A4 Indice di gruppo: 1

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

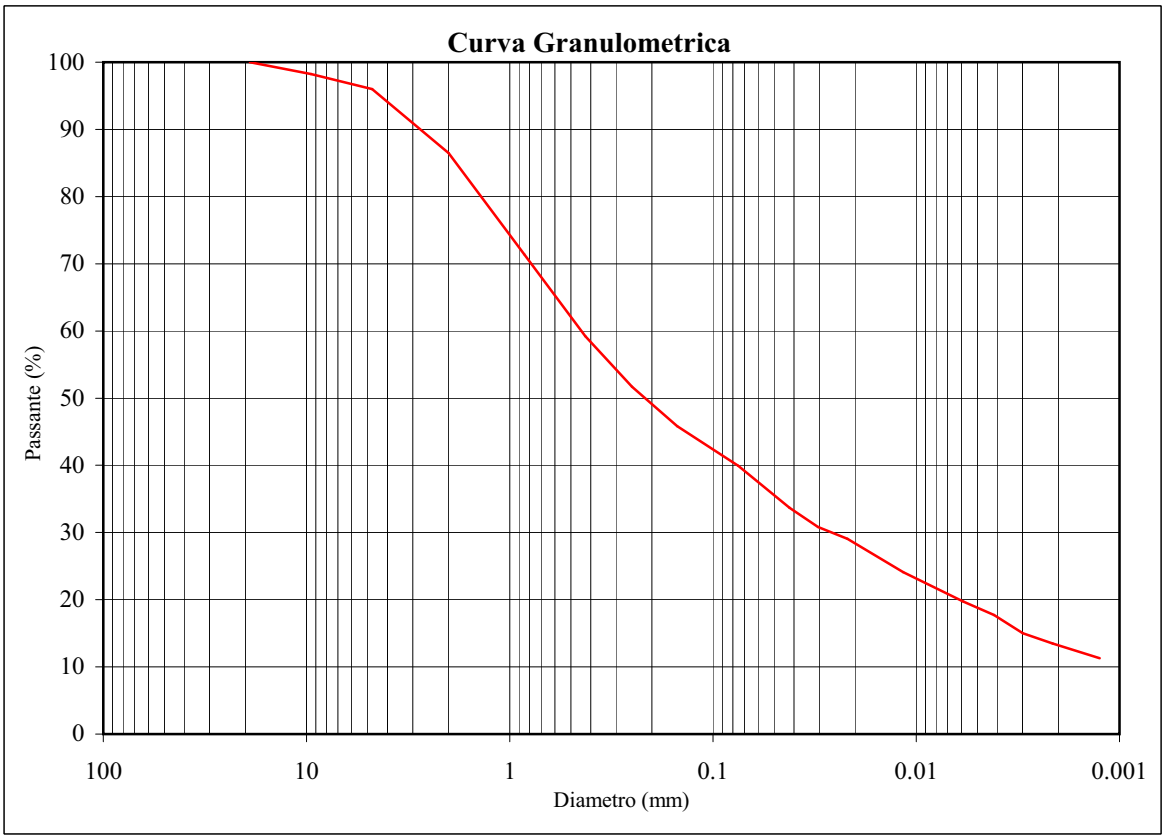
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 294/2011

CAMPIONE: S3C1bis profondità 10.0 - 10.5 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 11/02/11 - 15/02/11

Analisi granulometrica
Setacciatura: per via umida (ASTM D 421)
Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0421	33.7
9.5	98.23	0.0304	30.8
4.75	95.99	0.0218	29.1
2	86.49	0.0116	24.1
0.850	71.43	0.0059	19.7
0.425	59.22	0.0041	17.7
0.250	51.71	0.0030	15.0
0.150	45.82	0.0021	13.5
0.075	39.91	0.0013	11.3



Ghiaia: 13.5% Sabbia: 49.0% Limo: 24.3% Argilla: 13.2%

Sabbia limosa ghiaiosa argillosa

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prova Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 295/2011

CAMPIONE: S3C1bis profondità 10.0 - 10.5 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 14/02/11 - 18/02/11

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m^3)	27.46
Peso di volume secco (kN/m^3)	19.9
Indice dei vuoti	0.378
Grado di saturazione (%)	75.56
Contenuto d'acqua (%)	10.17

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 296/2011

CAMPIONE: S3C1bis profondità 10.0 - 10.5 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 09/02/11 - 18/02/11

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

	Provino 1	**Provino 2**	**Provino 3**
Peso di volume naturale iniziale (kN/m^3)	22.0	22.0	21.9
Peso di volume umido finale (kN/m^3)	23.4	23.9	24.7
Peso di volume secco iniziale (kN/m^3)	20.1	19.9	19.8
Peso di volume secco finale (kN/m^3)	20.9	21.3	21.9
Contenuto d'acqua iniziale (%)	9.81	10.18	10.53
Contenuto d'acqua finale (%)	11.96	12.11	12.46
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0020	0.0020	0.0020
Sigma (kPa)	98.1	196.1	294.2
Tau a rottura (kPa)	76.0	111.4	157.9

Provino 1		**Provino 2**		**Provino 3**	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.06	4.6	0.05	6.0	0.05	10.4
0.16	8.7	0.11	10.6	0.11	17.0
0.22	15.0	0.18	14.7	0.17	25.3
0.28	19.9	0.43	38.4	0.38	62.1
0.36	24.8	0.71	57.1	0.66	91.4
0.49	31.4	0.98	69.4	0.96	111.9
0.68	39.3	1.32	80.1	1.30	126.8
0.86	46.2	1.64	87.2	1.62	136.2
1.06	51.3	1.97	93.1	1.95	143.0
1.28	56.2	2.32	98.0	2.31	148.8
1.66	63.4	2.67	101.0	2.64	151.5
2.05	67.6	3.00	103.7	2.97	154.1
2.48	69.9	3.34	105.6	3.32	154.9
2.88	71.6	3.66	107.0	3.64	155.4
3.28	73.3	4.00	108.2	3.97	156.0
3.62	74.3	4.37	109.0	4.34	156.5
3.94	75.2	4.71	109.5	4.66	156.8
4.29	76.0	5.05	110.1	4.99	157.1
4.62	75.8	5.41	110.6	5.36	157.4
4.96	74.9	5.74	111.1	5.69	157.7
5.32	73.6	6.02	111.4	6.02	157.9

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

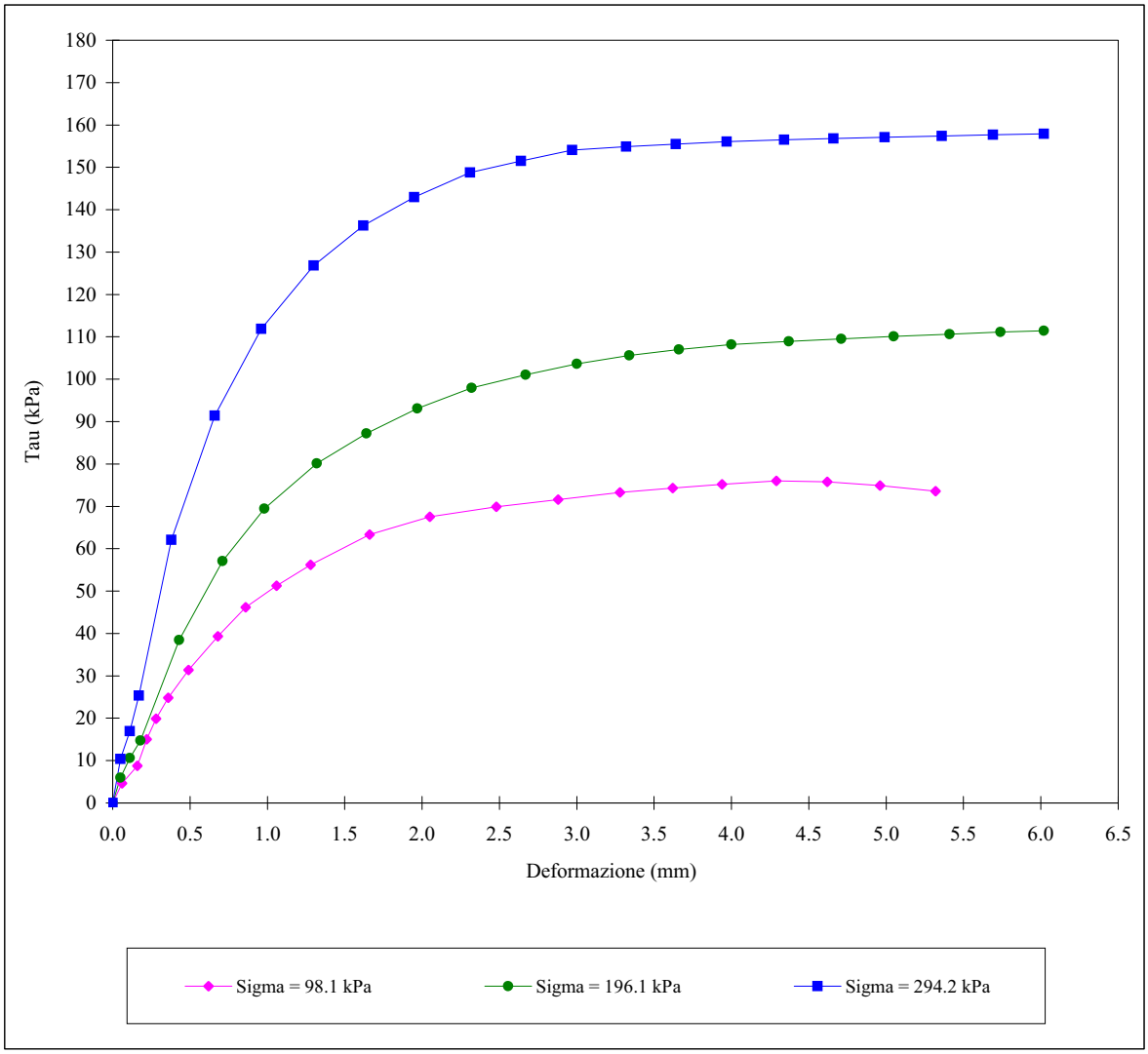
IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 296/2011

CAMPIONE: S3C1bis profondità 10.0 - 10.5 m	Montelupo Fiorentino lì 30/12/10
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11
LOCALITA': La Spezia	Data prova: 09/02/11 - 18/02/11

Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Grafico Deformazione - Tau



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Montelupo Fiorentino lì 30/12/10	LOCALITA': La Spezia
COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura	V.A. n. 21/2011 del 25/01/11

Tabella riassuntiva certificati di prova n. 293-296/2011

CAMPIONE	**S3C1bis**
Profondità metri	10.0 - 10.5
Prova di taglio	
C (kPa)	33.2
ϕ (°)	22.7
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m^3)	22.0
Peso volume secco (kN/m^3)	19.9
Peso specifico dei grani (kN/m^3)	27.46
Indice dei vuoti	0.378
Grado di saturazione (%)	75.56
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	8.95
Limite liquido (%)	21.4
Limite plastico (%)	15.3
Indice di plasticità (%)	6.1
Indice di consistenza	2.05
Indice di attività	0.27
Classificaz. Casagrande	ML-CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	13.5
Sabbia (%)	49.0
Limo (%)	24.3
Argilla (%)	13.2
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A4
Indice di gruppo	1



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Rapporto di prova n. 70/2011

Firenze lì 18/02/2011 SETTORE: meccanica delle rocce

r.p. n. 54/2011 del 03/02/11

COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura
LOCALITA': Ospedale Felettino, La Spezia

CAMPIONI: n. 3 campioni di roccia

Prove eseguite

1 - Peso di volume naturale (Boll. Uff. CNR n. 40)
2 - Prova a compressione uniassiale (ASTM 2938-95)
3 - Point Load Test (ASTM D 5731-95)

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prova Materiali

Il presente rapporto si compone di 5 pagine.

Campioni sondaggio 2

Campione S2C1 profondità 20.5 - 20.8 m
siltite alternata ad arenaria fine, colore girgio scuro
il materiale è fratturato in modo tale da non poter eseguire le pove di cui alla prima pagina
Si è potuto solo eseguire prove sclerometriche che hanno dato i seguenti risultati di rimbalzo:
siltite: 10, 16 e 12; media 12.7
arenaria: 30, 30 e 30; media 30

Campione S2C2 profondità 27.1 - 27.3 m
arenaria alternata ad argillite grigia
Le prove di cui alla prima pagina non sono eseguibili sia per la fratturazione
che per la presenza di argilla
Si è potuto solo eseguire prove sclerometriche che hanno dato i seguenti risultati di rimbalzo:
argillite: 0 e 0
arenaria: 26 e 40; media 33

Campione S2C3 profondità 28.0 - 28.2 m
arenaria colore grigio chiaro
Le prove di cui alla prima pagina non sono eseguibili per la fratturazione
Si è potuto solo eseguire prove sclerometriche che hanno dato i seguenti risultati di rimbalzo:
arenaria: 40 e 36; media 38

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

Campioni sondaggio 3

Campione S3C3A profondità 21.5 - 21.7 m
argillite in parte argillificata colore grigio scuro nerastro
Le prove di cui alla prima pagina non sono eseguibili per la presenza di argilla
Si è potuto solo eseguire prove sclerometriche che hanno dato i seguenti risultati di rimbalzo:
argillite: 0 e 0

Campione S3C3BA profondità 23.0 - 23.3 m
siltite alternata ad arenaria ed argillite (alterata), colore grigio scruro nerastro
Le prove di cui alla prima pagina non sono eseguibili sia per la fratturazione,
la presenza di argilla e la forma irregolare del campione
Si è potuto solo eseguire prove sclerometriche che hanno dato i seguenti risultati di rimbalzo:
argillite: 0 e 0
arenaria: 26 e 40; media 33

Campione S2C3 profondità 28.0 - 28.2 m
arenaria colore grigio chiaro
Le prove di cui alla prima pagina non sono eseguibili per la fratturazione
Si è potuto solo eseguire prove sclerometriche che hanno dato i seguenti risultati di rimbalzo:
arenaria: 40 e 36; media 38

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

IGETECMA s.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

Campione: S3C2	**Profondità: 21.2 - 21.5 m**

Descrizione: siltite colore grigio scuro

Point Load Test - ASTM D 5731-95
Peso di volume naturale (Boll. Uff. CNR n. 40)

Campione: S3C2 provino B

Altezza (cm)	Diametro (cm)	De (mm)	Peso (gr)	Peso immerso (gr)	T acqua (C°)	Volume (cm^3)	**γ (KN/m^3)**
2.26	7.64	46.59	286.49	183.20	14.10	103.4	**27.2**

Is (Mpa)	F	Is(50) (Mpa)	C	Carico a rottura (kN)	Area (cm^2)	**σ a rottura (Mpa)**
0.28	0.97	0.28	22.3	1.75	45.80	**6.2**

Campione: S3C2 provino C

Altezza (cm)	Diametro (cm)	De (mm)	Peso (gr)	Peso immerso (gr)	T acqua (C°)	Volume (cm^3)	**γ (KN/m^3)**
2.21	7.52	45.02	271.7	173.60	14.10	98.2	**27.1**

Is (Mpa)	F	Is(50) (Mpa)	C	Carico a rottura (kN)	Area (cm^2)	**σ a rottura (Mpa)**
0.31	0.95	0.29	22.0	1.81	44.44	**6.4**

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

IGETECMA S.a.s. - Laboratorio Prove Materiali

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Campione: S3C2	**Profondità: 21.2 - 21.5 m**

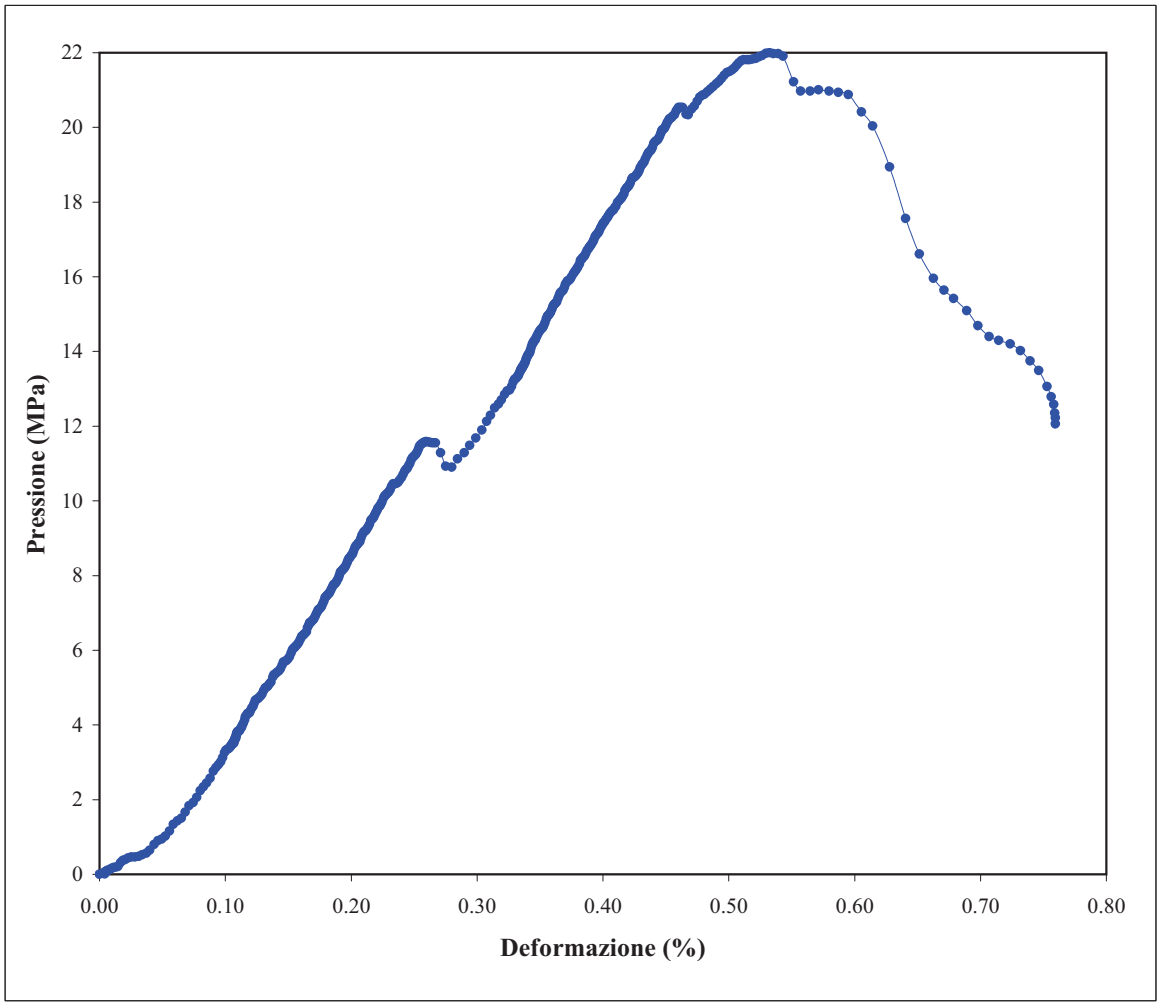
Descrizione: siltite colore grigio scuro

Prova a compressione uniassiale - ASTM 2938-95
Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)

Campione: S3C2 provino A

Altezza (cm)	Diametro (cm)	Area (cm^2)	Volume (cm^3)	Peso secco (gr)	Peso immerso (gr)	T acqua (C°)	Volume (cm^3)
14.15	7.81	47.87	677.37	1830.32	1166.1	14.1	664.71

Carico a rottura (kN)	**γ (KN/m^3)**	**σ a rottura (MPa)**	**Modulo elastico tangente iniziale (MPA)**
105.3	**27.0**	**22.0**	**4784**



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

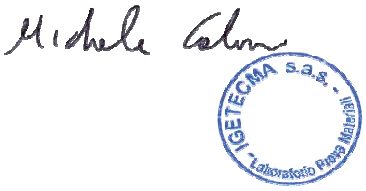
Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

TABELLA RIASSUNTIVA RAPPORTO DI PROVA N. 70/2011

COMMITTENTE: Politecnica Ingegneria e Architettura
LOCALITA': Ospedale Felettino, La Spezia

CAMPIONE	**S3C2**	**S3C2**	**S3C2**
Profondità metri	21.2 - 21.5	21.2 - 21.5	21.2 - 21.5
Prova a compressione uniassiale			
σ a rottura (MPa)			22.0
Modulo elastico (Mpa)			4784
Parametri fisici			
γ (kN/m^3)	27.2	27.1	27.0
Point Load Test			
σ a rottura (MPa)	6.2	6.4	



ELABORAZIONE DI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$Nspt = \beta_t \, N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
e = infissione media per colpo (δ/ N);
M = peso massa battente (altezza caduta H);
P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media
Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media minima
Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Massimo
Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Minimo
Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Scarto quadratico medio
Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media deviata
Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media + s
Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
Media - s
Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento d = 1 mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) σ>5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) σ>15 t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_y)*

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa γ = 2,65 t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione *(Ko)*

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

PROVA ...S2/89_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,15	0
4,30	0
4,45	23

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2/89_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Schultze & Menzenbach (1961)	59,2

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Japanese National Railway	33,39

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	336,62

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Begemann (1974)	286,81

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Meyerhof ed altri	2,02

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,42

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	21,298	4,45	21,298	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Ohsaki (Sabbie pulite)	1152,26

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	21,298	4,45	21,298	Navfac 1971-1982	4,27

PROVA ... S2/89_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,65	0
5,80	0
5,95	33

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2/89_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Schultze & Menzenbach (1961)	60,09

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Japanese National Railway	36,17

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	445,88

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Begemann (1974)	371,08

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Meyerhof ed altri	2,14

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	30,558	5,95	30,558	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Ohsaki (Sabbie pulite)	1617,82

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	30,558	5,95	30,558	Navfac 1971-1982	5,69

PROVA ... S5/89_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,65	0
4,80	0
4,95	24

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S5/89_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Schultze & Menzenbach (1961)	59,1

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Japanese National Railway	33,67

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	347,54

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Begemann (1974)	295,24

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Meyerhof ed altri	2,03

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,44

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	22,224	4,95	22,224	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Ohsaki (Sabbie pulite)	1199,30

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	22,224	4,95	22,224	Navfac 1971-1982	4,43

PROVA ... S5/89_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	0
6,30	0
6,45	61

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S5/89_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Schultze & Menzenbach (1961)	62,8

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Japanese National Railway	43,95

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	751,83

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Begemann (1974)	607,02

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Meyerhof ed altri	2,27

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	56,486	6,45	56,486	(A.G.I.)	0,24

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Ohsaki (Sabbie pulite)	2882,29

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	56,486	6,45	56,486	Navfac 1971-1982	9,22

PROVA ... S5/89_SPT3

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
10,15	0
10,30	0
10,45	28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S5/89_SPT3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Schultze & Menzenbach (1961)	57,63

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Japanese National Railway	34,78

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	391,25

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Begemann (1974)	328,94

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Meyerhof ed altri	2,09

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	25,928	10,45	25,928	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Ohsaki (Sabbie pulite)	1386,30

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	25,928	10,45	25,928	Navfac 1971-1982	5,02

PROVA ... S6/89_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,15	0
2,30	0
2,45	27

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S6/89_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Schultze & Menzenbach (1961)	61,63

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Japanese National Railway	34,5

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	380,32

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Begemann (1974)	320,52

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Meyerhof ed altri	2,08

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	25,002	2,45	25,002	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Ohsaki (Sabbie pulite)	1339,71

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	25,002	2,45	25,002	Navfac 1971-1982	4,88

PROVA ... S7/89_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,65	0
2,80	0
2,95	16

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S7/89_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Schultze & Menzenbach (1961)	58,67

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Japanese National Railway	31,44

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	260,13

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Begemann (1974)	227,83

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Meyerhof ed altri	1,88

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	14,816	2,95	14,816	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Ohsaki (Sabbie pulite)	819,22

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	14,816	2,95	14,816	Navfac 1971-1982	3,09

PROVA ...S7/89_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,95	0
5,10	0
5,25	66

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S7/89_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Schultze & Menzenbach (1961)	63,7

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Japanese National Railway	45,33

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	806,47

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Begemann (1974)	649,16

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Meyerhof ed altri	2,30

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	61,116	5,25	61,116	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Ohsaki (Sabbie pulite)	3103,84

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	61,116	5,25	61,116	Navfac 1971-1982	10,16

PROVA ... S8/89_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,15	0
2,30	0
2,45	10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S8/89_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Schultze & Menzenbach (1961)	56,96

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Japanese National Railway	29,78

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	194,57

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Begemann (1974)	177,27

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Meyerhof ed altri	1,70

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	9,26	2,45	9,26	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Ohsaki (Sabbie pulite)	526,66

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	9,26	2,45	9,26	Navfac 1971-1982	1,94

PROVA ... S6/97_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,15	0
2,30	0
2,45	84

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S6/97_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Schultze & Menzenbach (1961)	66,54

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Japanese National Railway	50,34

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	1003,15

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Begemann (1974)	800,83

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	77,784	2,45	77,784	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Ohsaki (Sabbie pulite)	3893,59

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	77,784	2,45	77,784	Navfac 1971-1982	11,93

PROVA ... S6/97_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,15	0
4,30	0
4,45	21

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S6/97_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Schultze & Menzenbach (1961)	58,77

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Japanese National Railway	32,83

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	314,76

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Begemann (1974)	269,96

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Meyerhof ed altri	1,98

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,38

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	19,446	4,45	19,446	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Ohsaki (Sabbie pulite)	1057,82

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	19,446	4,45	19,446	Navfac 1971-1982	3,95

PROVA ... S6/97_SPT3

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,35	0
6,50	0
6,65	97

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S6/97_SPT3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Schultze & Menzenbach (1961)	64,69

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Japanese National Railway	53,95

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	1145,20

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Begemann (1974)	910,38

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	89,822	6,65	89,822	(A.G.I.)	0,17

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	89,822	6,65	89,822	Navfac 1971-1982	11,93

PROVA ... S7/97_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,75	0
2,90	0
3,05	47

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S7/97_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Schultze & Menzenbach (1961)	63,59

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Japanese National Railway	40,06

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	598,86

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Begemann (1974)	489,05

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Meyerhof ed altri	2,22

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	43,522	3,05	43,522	(A.G.I.)	0,27

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Ohsaki (Sabbie pulite)	2255,80

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	43,522	3,05	43,522	Navfac 1971-1982	7,32

PROVA ... S7/97_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,85	0
7,00	0
7,15	53

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S7/97_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Schultze & Menzenbach (1961)	61,88

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Japanese National Railway	41,72

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	664,42

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Begemann (1974)	539,61

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Meyerhof ed altri	2,23

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	49,078	7,15	49,078	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Ohsaki (Sabbie pulite)	2525,50

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	49,078	7,15	49,078	Navfac 1971-1982	8,05

PROVA ... S8/97_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	0
6,30	0
6,45	91

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S8/97_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Schultze & Menzenbach (1961)	64,47

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Japanese National Railway	52,28

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	1079,64

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Begemann (1974)	859,82

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	84,266	6,45	84,266	(A.G.I.)	0,18

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Ohsaki (Sabbie pulite)	4197,85

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	84,266	6,45	84,266	Navfac 1971-1982	11,93

PROVA ... S8/97_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
8,15	0
8,30	0
8,45	50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S8/97_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Schultze & Menzenbach (1961)	61,14

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Japanese National Railway	40,89

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	631,64

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Begemann (1974)	514,33

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Meyerhof ed altri	2,22

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	46,3	8,45	46,3	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Ohsaki (Sabbie pulite)	2390,89

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	46,3	8,45	46,3	Navfac 1971-1982	7,68

PROVA ... S8/97_SPT3

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
13,15	0
13,30	0
13,45	49

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S8/97_SPT3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Schultze & Menzenbach (1961)	59,72

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Japanese National Railway	40,61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	620,71

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Begemann (1974)	505,90

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Meyerhof ed altri	2,22

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	45,374	13,45	45,374	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Ohsaki (Sabbie pulite)	2345,91

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	45,374	13,45	45,374	Navfac 1971-1982	7,56

PROVA ... G1/01_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,65	0
5,80	0
5,95	29

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA G1/01_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Schultze & Menzenbach (1961)	59,47

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Japanese National Railway	35,06

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	402,18

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Begemann (1974)	337,37

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	26,854	5,95	26,854	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Ohsaki (Sabbie pulite)	1432,79

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	26,854	5,95	26,854	Navfac 1971-1982	5,16

PROVA ... S1/11_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,65	0
3,80	0
3,95	77

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1/11_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Schultze & Menzenbach (1961)	65,03

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Japanese National Railway	48,39

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	926,66

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Begemann (1974)	741,85

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Meyerhof ed altri	2,42

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	71,302	3,95	71,302	(A.G.I.)	0,21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Ohsaki (Sabbie pulite)	3587,81

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	71,302	3,95	71,302	Navfac 1971-1982	11,93

PROVA ... S1/11_SPT2

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	0
6,30	0
6,45	74

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1/11_SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Schultze & Menzenbach (1961)	63,61

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Japanese National Railway	47,56

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	893,88

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Begemann (1974)	716,57

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Meyerhof ed altri	2,38

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	68,524	6,45	68,524	(A.G.I.)	0,21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Ohsaki (Sabbie pulite)	3456,25

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	68,524	6,45	68,524	Navfac 1971-1982	11,93

PROVA ... S1/11_SPT3

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,15	0
9,30	0
9,45	75

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1/11_SPT3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Schultze & Menzenbach (1961)	62,65

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Japanese National Railway	47,83

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	904,81

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Begemann (1974)	724,99

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Meyerhof ed altri	2,39

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	69,45	9,45	69,45	(A.G.I.)	0,21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Ohsaki (Sabbie pulite)	3500,14

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	69,45	9,45	69,45	Navfac 1971-1982	11,93

PROVA ... S1/11_SPT4

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	0
12,30	0
12,45	72

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1/11_SPT4

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Schultze & Menzenbach (1961)	61,75

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Japanese National Railway	47

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	872,03

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Begemann (1974)	699,72

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Meyerhof ed altri	2,35

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	66,672	12,45	66,672	(A.G.I.)	0,22

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Ohsaki (Sabbie pulite)	3368,37

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	66,672	12,45	66,672	Navfac 1971-1982	11,66

PROVA ... S1/11_SPT5

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
15,15	0
15,30	0
15,45	67

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1/11_SPT5

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Schultze & Menzenbach (1961)	60,84

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Japanese National Railway	45,61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	817,40

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Begemann (1974)	657,58

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Meyerhof ed altri	2,30

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	62,042	15,45	62,042	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Ohsaki (Sabbie pulite)	3148,02

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm^3)
Strato 1	62,042	15,45	62,042	Navfac 1971-1982	10,38

PROVA ... S3/11_SPT1

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,65	0
3,80	0
3,95	31

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S3/11_SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Schultze & Menzenbach (1961)	60,95

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Japanese National Railway	35,61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	424,03

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Begemann (1974)	354,22

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Meyerhof ed altri	2,12

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	28,706	3,95	28,706	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Ohsaki	1525,48

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	28,706	3,95	28,706	Navfac 1971-1982	5,43

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Pagina
POLITECNICA	30m	51	1/1
Operatore	**Indagine**	**Cantiere**	**Inizio/Fine Esecuzione**
IGETECMA SAS	PROGETTO PRELIMINARE	OSPEDALE FELETTINO	17-01-2011/18-01-2011
Responsabile	**Sondaggio**		**Tipo Carotaggio**
P. ACCOLTI GIL	S1		CONTINUO

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Cass. Catalog.	Falda	NOTE
1		terreno di riporto e/o rimaneggiato: sabbia limosa con laterizi ed elementi litoidi eterometrici, colore marrone giallastro scuro (10YR4/4)	1.20	%C=100						
2		sabbia e sabbia limosa con elementi litoidi (20% circa) arenacei molto alterati, colore marrone grigiastro (10YR5/2)							1.60	
3				%C=100	23-27-50	3.50 R 3.70				
4			4.15		3.50 PA					
5		sabbia e sabbia limosa con elementi litoidi da 25 a 150mm in percentuale da 40% a 70%, colore grigio scuro bluastro e grigio verdastro (5B4/1 e 5BG5/1), tra 8,70 e 9,10 colore grigio molto scuro (10YR3/2); presenza di s.o. poco decomposta alla profondità di circa 5,50m						S1/C1 5.00		
6					23-29-45	5.50 R 6.00				
7					6.00 PA					
8										
9					18-27-48					
10				%C=100	9.00 PA			S1/C2 10.00		
11						10.50 R 11.00				
12					20-32-40					
13					12.00 PA					
14										
15					24-28-39			S1/C3 15.00		
16			16.30		15.00 PA					
17		flysh molto alterato: alternanza di siltiti/argilliti scagliettate e areniti fini alterate e fratturate di colore grigio verdastro								RQD NON MISURABILE 16.82
18										
19										
20								S1/C4 20.00		
21				%C=100						
22										
23										
24										
25								S1/C5 25.00		
26		arenarie fini e molto fini, fratturate, colore grigio scuro	25.80	%RQD=13			(CS) 25.80			
27										QUOTA FONDO PIEZOMETRO 27.00
28				%C=100						
29										
30			30.00				(CD) 30.00	S1/C6 30.00		
31										
32										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: CONTINUO

Sonda: Carotaggio: CONTINUO

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Pagina
POLITECNICA	42m	45,50	1/2
Operatore	**Indagine**	**Cantiere**	**Inizio/Fine Esecuzione**
IGETECMA SAS	PROGETTO PRELIMINARE	OSPEDALE FELETTINO LA SPEZIA	19-01-2011/24-01-2011
Responsabile	**Sondaggio**		**Tipo Carotaggio**
P. ACCOLTI GIL	S2		CONTINUO

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Cass. Catalog.	Falda	NOTE
1		cementazione + terreno di riporto	0.75	%C=100						
		arenaria molto alterata, colore marrone	1.20	%C=100						
2		alternanza di siltiti fogliettate e livelli di calcare marnoso e arenaria molto fine (5cm di spessore circa), colore grigio scuro								
3					38-R (5cm)					
4					3.00 PA					
5		arenaria grossolana fratturata di colore grigio chiaro, presenza di fratture riempite con calcite spatica	4.80	%RQD=15 %C=100				S2/C1 5.00		
6										
7										
8										
9										
10		alternanza di siltiti/argilliti, arenarie fini e calcari marnosi (livelli di 5cm di spessore) di colore grigio scuro	9.80					S2/C2 10.00		
11					36-R (3cm)					
12					11.50 PA					
13										
14										
15				%C=100	34-R (5cm)			S2/C3 15.00		
16					15.50 PA					
17										
18										
19										
20								S2/C4 20.00		
21		arenarie fini, colore grigio scuro, fratturate, con sottili livelli siltitici	20.50	%RQD=33 %C=100		20.50 R 20.80	(CS) 20.50			
22			22.30							
23		alternanza di arenarie fini (5-10cm) e siltiti/argilliti grigio scuro		%C=100						
24										
25		arenaria grossolana molto fratturata, colore grigio con rari interstrati di siltite di 5-20cm di spessore	24.80					S2/C5 25.00		
26										
27						27.10 R 27.30				
28				%RQD=16 %C=100		28.00 R 28.20				
29										
30								S2/C6 30.00		
31										
32			32.00				(CD) 32.00	S2/C7 32.00		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: CONTINUO

Sonda: Carotaggio: CONTINUO

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Pagina
POLITECNICA	42m	45,50	2/2
Operatore	**Indagine**	**Cantiere**	**Inizio/Fine Esecuzione**
IGETECMA	PROGETTO PRELIMINARE	OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA	19-01-2011/24-01-2011
Responsabile	**Sondaggio**		**Tipo Carotaggio**
P. ACCOLTI GIL	S2		CONTINUO

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Cass. Catalog.	Falda	NOTE
33		arenaria grossolana molto fratturata, colore grigio, con rari interstrati di siltite (5-10cm di spessore)								
34										
35										
36										
37										QUOTA FONDO TUBO DOWNHOLE 37.60
38										
39										
40										
41										
42			42.00				(EC) 42.00			
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: CONTINUO

Sonda: Carotaggio: CONTINUO

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Pagina
POLITECNICA	42,50	45,60	1/2
Operatore	**Indagine**	**Cantiere**	**Inizio/Fine Esecuzione**
IGETECMA	PROGETTO PRELIMINARE	OSPEDALE FELETTINO-LASPEZIA	25-01-2011/28-01-2011
Responsabile	**Sondaggio**		**Tipo Carotaggio**
P. ACCOLTI GIL	S3		CONTINUO

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Cass. Catalog.	Falda	NOTE
1		riempimento: sabbia e laterizi		%C=100						
			1.20							
2		terreno di riporto: sabbia limosa con laterizi ed elementi litoidi eterogenei		%C=100						
			2.30							
3		limo argilloso, sabbia limosa e sabbia con elementi litoidi arenacei molto alterati, colore bruno olivastro chiaro (2,5Y5/6) e grigio bluastro (5PB4/1)				3.00 R 3.30				
4				%C=100	12-15-16 3.50 PA					
5			5.10					S1/C1 5.00		
		marne molto alterate e fratturate di colore marrone	5.90	%C=100	22-24-36 6.00 PA					
6		siltiti/argilliti fogliettate molto alterate di colore grigio, con rari intercalazioni di arenarie fini (5cm) e calcare marnoso								
7										
8										
9					26-32-38 9.00 PA					
10						10.00 R 10.50		S1/C2 10.00		
11				%C=100						
12					38-36-R(8cm) 12.00 PA					
13										
14										
15					28-32-R(6cm) 15.00 PA			S1/C3 15.00		
16		arenarie fini grigio scuro, alternate a rare siltiti in livelli di 30-40cm	16.00							
17										
18							(CS) 18.00			
19										
20								S1/C4 20.00		
21						21.20 R 21.50 R 21.70				
22				%RQD=29						
23				%C=100		23.00 R 23.20				
24										
25								S1/C5 25.00		
26										
27										
28						27.70 R 27.80				
29			29.20			29.00 R 29.15				
		arenaria grossolana grigio chiaro fratturata								
30				%C=100				S1/C6 30.00		
31										
32			32.00				(CD) 32.00	S1/C7 32.00		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: CONTINUO

Sonda: Carotaggio: CONTINUO

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Pagina
POLITECNICA	42,50		2/2
Operatore	**Indagine**	**Cantiere**	**Inizio/Fine Esecuzione**
IGETECMA SAS	PROGETTO PRELIMINARE	OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA	25-01-2011/28-01-2011
Responsabile	**Sondaggio**		**Tipo Carotaggio**
P. ACCOLTI GIL	S3		CONTINUO

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Cass. Catalog.	Falda	NOTE
33		arenaria grossolana, fratturata, con rare intercalazioni siltitiche/argillitiche, colore grigio chiaro								
34										
35										
36										
37										
38										QUOTA FONDO TUBO DOWNHOLE 38.00
39										
40										
41										
42										
			42.50				(EC) 42.50			
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: CONTINUO

Sonda: Carotaggio: CONTINUO

NUOVO OSPEDALE DI FELETTINO
PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOLOGICHE

SONDAGGIO S1




CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S1
DATA: 17-01-2011
CASSETTA N°: S1/C1
PROFONDITA': 0-5m


CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S1
DATA: 17-01-2011
CASSETTA N°: S1/C2
PROFONDITA': 5-10m


CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S1
DATA: 17-01-2011
CASSETTA N°: S1/C3
PROFONDITA': 10-15m


CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S1
DATA: 18-01-2011
CASSETTA N°: S1/C4
PROFONDITA': 15-20m

CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA SONDAGGIO N° S1 DATA 18-01-2011 CASSETTA N° S1/C5 PROFONDITA' 20-25 m	

NUOVO OSPEDALE DI FELETTINO
PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOLOGICHE

SONDAGGIO S2




CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N° S2
DATA 19-01-2011
CASSETTA N° S2/C1
PROFONDITA' 0-5m


SONDAGGIO N° S2
DATA 19-01-2011
CASSETTA N° S2/C2
PROFONDITA' 5-10 m


CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N° S2
DATA 19-01-2011
CASSETTA N° S2/C3
PROFONDITA' 10-15 m


CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N° S2
DATA 20-01-2011
CASSETTA N° S2/C4
PROFONDITA' 15-20m


CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N° 52
DATA 20-01-2011
CASSETTA N° 52/C5
PROFONDITA' 20-25m


SONDAGGIO N° 52
DATA 21-01-2011
CASSETTA N° 52/C6
PROFONDITA' 25-30m


SONDAGGIO N° 52
DATA 21-01-2011
CASSETTA N° 52/C7
PROFONDITA' 30-32m

NUOVO OSPEDALE DI FELETTINO
PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOLOGICHE

SONDAGGIO S3



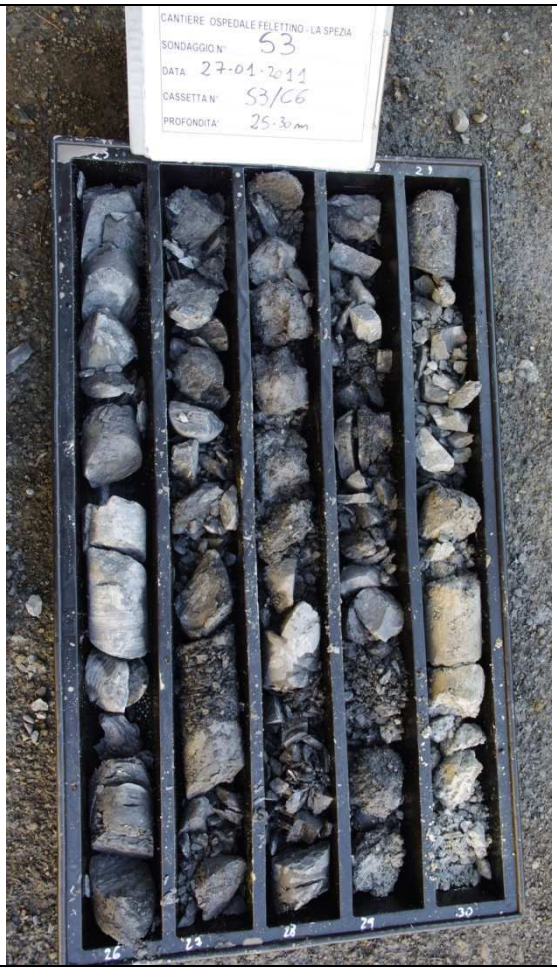

CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S3
DATA: 25-01-2011
CASSETTA N°: S3/C1
PROFONDITA': 0-5m


CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S3
DATA: 25-01-2011
CASSETTA N°: S3/C2
PROFONDITA': 5-10m


CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S3
DATA: 26-01-2011
CASSETTA N°: S3/C3
PROFONDITA': 10-15m


CANTIERE: OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N°: S3
DATA: 26-01-2011
CASSETTA N°: S3/C4
PROFONDITA': 15-20m


CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N° S3
DATA 27-01-2011
CASSETTA N° S3/C5
PROFONDITA' 20-25m


CANTIERE OSPEDALE FELETTINO - LA SPEZIA
SONDAGGIO N° S3
DATA 27-01-2011
CASSETTA N° S3/C6
PROFONDITA' 25-30m


SONDAGGIO N° S3
DATA 27-01-2011
CASSETTA N° S3C7