
Dott.ssa Geol. Rita AMATI

74122 Taranto-Lama : Via Girasoli n. 142 - cell. 339/2989200

COMUNE DI MASSAFRA
PROVINCIA DI TARANTO

RELAZIONE GEOLOGICA

- **MODELLO GEOLOGICO**
- **MODELLAZIONE SISMICA**
- **ASPETTI GEOTECNICI**

Progetto: “PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA PIATTAFORMA PER LO STOCCAGGIO E IL TRATTAMENTO DI RIFIUTI LIQUIDI NON PERICOLOSI”
ZONA PIP COMUNE DI MASSAFRA (TA)– COMPARTO EST

COMMITTENTE: “CISA S.p.A”,
 sede legale in Massafra
 Contrada “ S. Sergio”

IL GEOLOGO: **DOTT. Geol. Rita AMATI**

DATA: 26 Marzo 2012

INDICE

RELAZIONE GEOLOGICA	0
PREMESSA	2
1. UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
2.1 Litostratigrafia	5
2.2 Geomorfologia	9
3. IDROGEOLOGIA.....	9
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	10
4.1 Prospezioni geofisiche	12
<u>Geoelettrica-Descrizione del metodo</u>	12
<u>Descrizione dell'indagine elettrica</u>	13
<u>Interpretazione dei dati</u>	15
<u>Risultati dell'indagine elettrica</u>	15
<u>Sismica a rifrazione di superficie-Metodologia</u>	15
<u>Descrizione delle indagini eseguite</u>	17
<u>Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche</u>	18
<u>Indagine RE.MI</u>	23
CALCOLO DEI MODULI DINAMICI	24
5. GEOLOGIA DI DETTAGLIO	30
5.1 Modello geologico di sottosuolo.....	30
6. ASPETTI GEOTECNICI.....	31
7. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE	33
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E INDICAZIONI CIRCA LE FONDAZIONI	34

ALLEGATI:

ALLEGATO 1- PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI
 ALLEGATO 2- INDAGINE GEOELETTRICA
 ALLEGATO 3- INDAGINE SISMICA
 ALLEGATO 4 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PREMESSA

La presente relazione fa seguito all'incarico conferito, alla scrivente, dalla società "CISA S.pA con sede legale in in Massafra "Contrada San Sergio", ed ha lo scopo di definire il modello geologico di un sito ricadente nell' area PIP del Comune di Massafra, ubicato lungo la S.S. 7 - Appia, interessato dal "Progetto di realizzazione di una piattaforma di stoccaggio e trattamento di Rifiuti Liquidi non Pericolosi".

Il progetto riguarda i lotti dal n°19 al n° 24 dell'area PIP, per i particolari tecnici dell'impianto si rimanda agli elaborati di progetto.

Al fine di redigere la presente relazione, in conformità a quanto previsto sia dal D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed alla successiva Circolare Ministeriale, è stato condotto uno studio **geologico preliminare** secondo il seguente programma:

- è stato eseguito un rilievo geologico e geomorfologico del sito;
- è stata condotta, su indicazioni della committenza, una campagna di indagini geognostiche a carattere geofisico in tutta una porzione dell'area PIP a **sud** della linea ferroviaria (che comprende i lotti dal n. 19 al n. 35) di cui i lotti dal n°25 al n° 28 sono interessati dal progetto in essere. In totale sono stati eseguiti:
 - a) n. 4 profili elettrici dipolari (dipolo-dipolo assiale) di cui i profili elettrici 1, 2 e 3 hanno lunghezza pari a 115m per i quali sono stati impiegati 24 postazioni elettrodeiche mentre il profilo elettrico 4 ha lunghezza pari a 235m per il quale sono stati impiegati 48 postazioni elettrodeiche; nell'ambito di tali profili sono stati inoltre acquisite, lungo un piano orizzontale, le misure geoelettriche mediante la configurazione Wenner (Tomografie elettriche: **T.E.1÷T.E.4**);
 - b) n. 6 profili sismici a rifrazione superficiale in onde P (**BS1 ÷ BS6**) tutti di lunghezza pari a 125m;
 - c) n. 6 profili RE.MI. ubicati in corrispondenza delle stesse basi sismiche.
 Nei lotti di stretto interesse progettuale (lotti 25,26,27,28) ricadono i profili elettrici **2** e parte del profilo elettrico **4 (T.E.2 ; T.E.4)** e le basi sismiche **BS3 e BS4** (Fig. 5 e allegati) con i rispettivi profili RE.MI.
- è stata condotta un'analisi idrogeologica dei luoghi al fine di rilevare l'eventuale presenza di acqua di falda e il relativo livello di stazionamento della piezometrica a verifica dell'interferenza della stessa con il piano di posa delle fondazioni;

Sulla base delle conoscenze acquisite, si ritiene sia stato possibile definire, con l'attendibilità necessaria ai fini della presente relazione preliminare, i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici del sito così come descritti nel seguito.

A conferma di quanto riportato in questa sede, in fase di progettazione esecutiva, dovranno essere eseguite indagini geognostiche di tipo diretto (perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo) con prelievo di campioni per le analisi di laboratorio ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

1. UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Il sito in esame è ubicato nel Comune di Massafra nella zona PIP Comparto est, lungo la S.S. 7 Appia, quasi al confine con il Comune di Taranto.

L'area ricade topograficamente nel Foglio 202 Tav. IV SE "Fermata Bellavista" della Carta I.G.M. d'Italia (Fig. 1) in cui è individuata dalle seguenti coordinate geografiche del punto baricentrico:

40°33'5,25" N di latitudine

17°8'22,59" E di longitudine

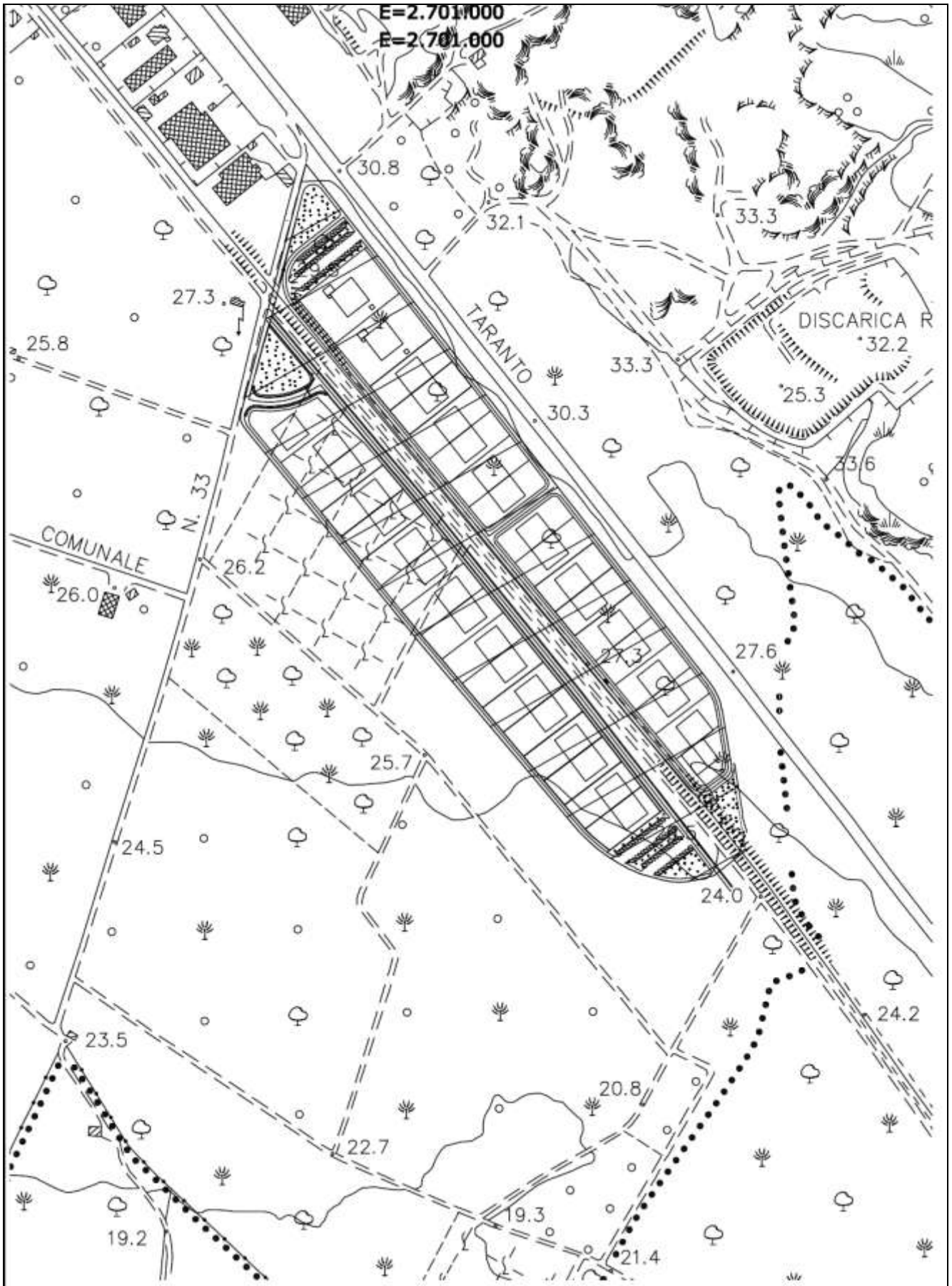


Fig. 2- Stralcio Aerofotogrammetrico con ubicazione dell'area P.I.P. di Massafra (scala 1 :5000)

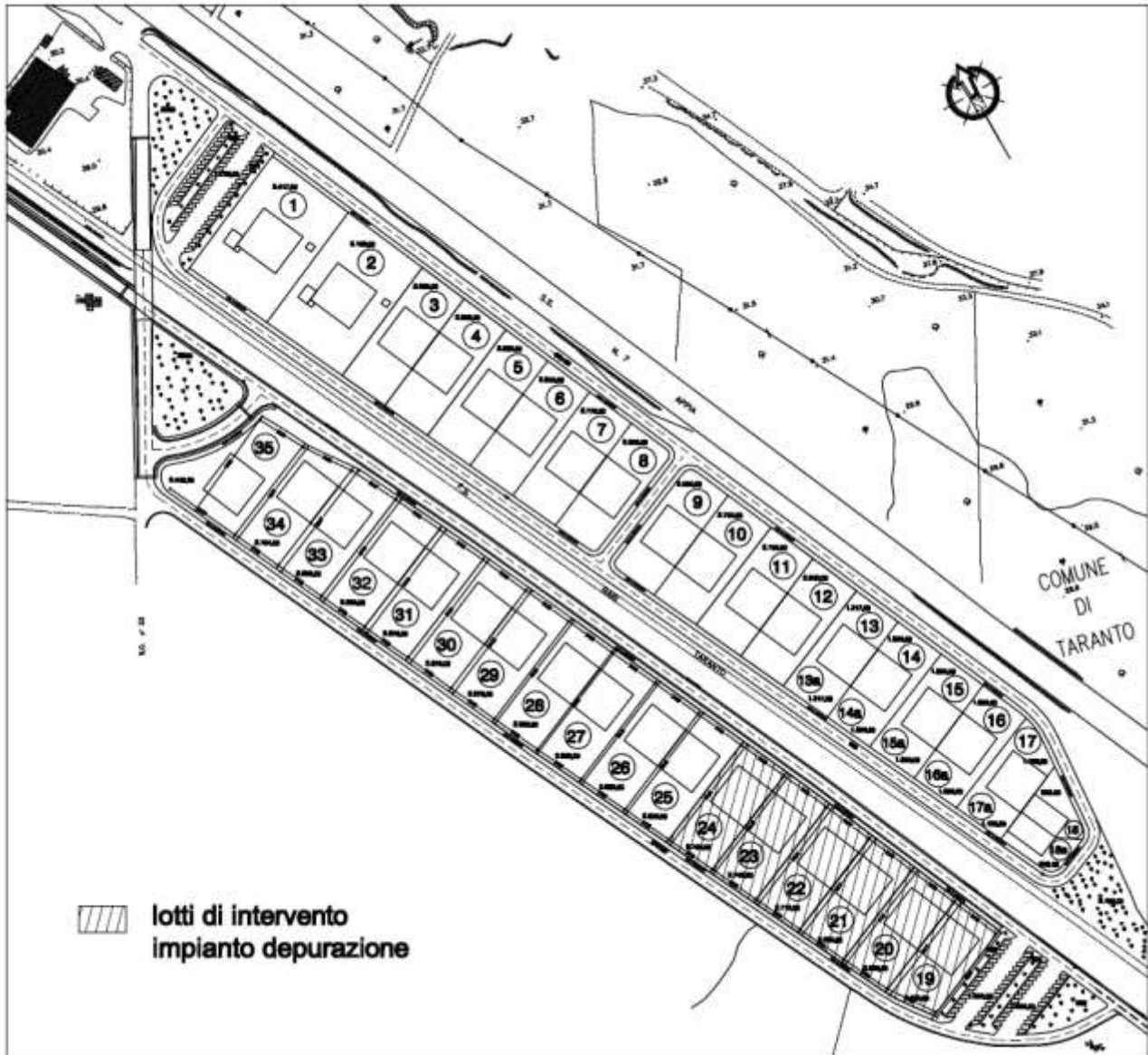


Fig. 3 Ubicazione dell'area di intervento

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1 Litostratigrafia

L'area d'indagine è geologicamente caratterizzata, in linea generale, da un potente basamento carbonatico cretaceo (riferibile al "Calcarea di Altamura" della letteratura geologica ufficiale) sovrastato in trasgressione da una sequenza sedimentaria marina plio - pleistocenica ("Calcarenite di Gravina", "Argille subappennine", "Calcarenite di M. Castiglione") su cui, durante il ritiro del mare presso le attuali coste, si sono accumulati depositi terrazzati, marini e continentali e depositi alluvionali di natura sabbioso-limoso e ghiaiosa.

In particolare, la successione stratigrafica generale del territorio si compone come segue, dal basso verso l'alto, dai termini più antichi ai più recenti (Fig.4):

- **Calcarea di Altamura** (Cretaceo superiore)
- **Calcareniti di Gravina** (Pliocene sup. - Pleistocene inf)
- **Argille sub-appennine** (Pliocene sup. - Pleistocene inf)
- **Calcareniti di Monte Castiglione** (pleistocene medio-sup.)
- **Ghiaie, sabbie e conglomerati poligenici terrazzati**

- **Sabbie, limi e conglomerati alluvionali** (Olocene)

Le litologie così indicate vengono brevemente descritte qui di seguito:

- **Calccare di Altamura** (Cretaceo superiore): questa unità litostratigrafica costituisce la litologia più antica presente nell'area; si tratta di calcari micritici, compatti, di colore bianco a luoghi fossiliferi. Si presentano stratificati, con giacitura sub-orizzontale o al più, gli strati risultano inclinati di alcuni gradi con una leggera immersione verso sud sud-est. La stratificazione viene, spesso, obliterata da un'intensa rete di fratture irregolari riempite di *terra rossa*. Essa affiora estesamente a nord dell'abitato di Massafra dove forma i rilievi del M. S. Elia (450 m s.l.m.) e il M. Forcellara (299m s.l.m.), ed il M. Specchia (213m.s.l.m.) a nord est ed affiora lungo i fianchi della Gravina Gennarini e della Gravina di Colombato. Tali litotipi sono interessati da fenomeni di dissoluzione carsica, caratteristici di un elevato grado di permeabilità in grande.

- **Calcareniti di Gravina** (Pliocene sup. - Pleistocene inf.): tale formazione poggia in trasgressione sul Calccare di Altamura. Affiora estesamente e con continuità alle pendici del rilievo murciano. Si osserva nelle numerose cave di "tufo" presenti lungo la S.S. Appia, e lungo i versanti delle numerose "gravine" presenti nell'area. Si tratta di biocalcareniti porose, variamente cementate, biancastre o giallognole, con resti di micro e macro fossili; sono massive, a luoghi stratificate in banchi con giacitura sub-orizzontale; il loro spessore raggiunge circa i 40 m. Localmente, in corrispondenza della superficie di trasgressione, si rinviene un orizzonte discontinuo di breccia calcarea rossastra ad elementi carbonatici poco elaborati.

- **Argille sub-appennine** (Pliocene sup. - Pleistocene inf.): questa formazione risulta in continuità stratigrafica con le Calcareniti di Gravina. Si tratta di argille marnoso-siltose con intercalazione sabbiose, di colore grigio-azzurro che sfuma al giallastro, se alterate. L'ambiente di sedimentazione è di mare profondo. A chiudere la sequenza del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica sono i depositi regressivi in facies calcarenitica di età calabrianica, noti come "Calcareniti di M. Castiglione" e che mostrano una sensibile somiglianza con i depositi calcarenitici dei cicli sedimentari post-calabrianici (Depositi Marini Terrazzati) tale da essere spesso confusi.

- **Calcareniti di Monte Castiglione** (Pleistocene medio superiore): si tratta di calcareniti grossolane, compatte o friabili, calcareniti farinose con talora brecce calcaree che rappresentano la chiusura della serie plio-pleistocenica della Fossa Bradanica (iniziatasi con le Calcareniti di Gravina). Questi depositi sono tipicamente terrazzati e localmente si possono individuare fino a sei ordini di terrazzi.

Tali depositi affiorano estesamente a sud dell'abitato di Massafra oltre la Via Appia, presentano un buon grado di diagenesi e hanno uno spessore variabile tra i 10-20 m. tale unità contiene abbondanti resti di molluschi e microfaune di ambiente caldo e poco profondo.

- **Ghiaie, sabbie e conglomerati poligenici terrazzati** (Pleistocene superiore-Olocene): nella piana costiera a sud di Massafra affiorano estesamente tali depositi rappresentati da conglomerati, ghiaie e sabbie poligenici ad elementi arrotondati e spesso allungati, di dimensioni dell'ordine del millimetro fino ad 1 cm. Si tratta di depositi marini, tipicamente terrazzati, eteropici con le Calcareniti di Monte Castiglione e con i depositi alluvionali continentali descritti più innanzi. Si tratta di materiali che venivano abbandonati dalle correnti appenniniche che si spostavano sempre più verso est, in epoche via via più recenti.

- **Sabbie, limi e conglomerati alluvionali** (Olocene): questi depositi sono costituiti da sabbie, limi e conglomerati provenienti essenzialmente dall'erosione dei terreni attraversati dalle lame d'acqua e che si sono accumulati in zone depresse o lungo il fondovalle dei modesti corsi d'acqua. Costituiscono depositi con spessore variabile da 2 a 5 m di sabbia rossiccia con grossi livelli di conglomerati e brecce calcaree, ben esposti in prossimità della stazione ferroviaria di Massafra e lungo alcune gravine. I ciottoli e il pietrisco, di dimensioni fino a 20-30 cm, sono in genere di calcare micritico o di natura calcarenitica (in relazione alla natura del substrato attraversato dalle lame d'acqua) immersi in una matrice microconglomeratica. La deposizione di questi materiali è il risultato di episodi di "piena" che caratterizzano il regime delle gravine murgiane: il materiale grossolano è riferibile all'acme, le sabbie alle fasi di piena calante.

A chiusura della sequenza stratigrafica locale è disposta la coltre pedologica di esiguo spessore derivante dall'alterazione dei litotipi sottostanti.

La geologia di dettaglio presente nel sito di intervento sarà descritta nel capitolo 5, alla luce delle osservazioni fatte durante il rilievo geologico di superficie ed in base alle risultanze delle indagini geofisiche eseguite.

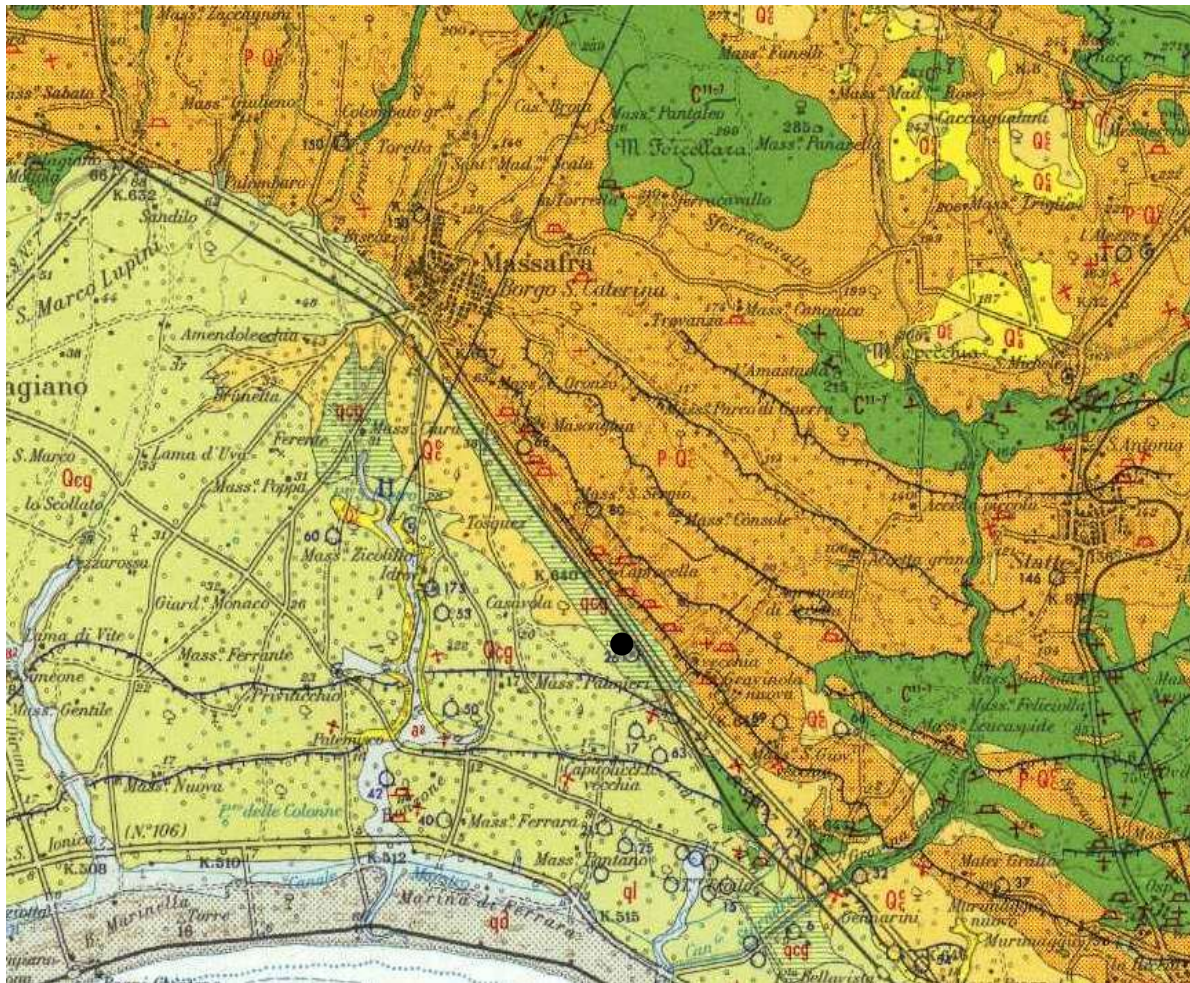
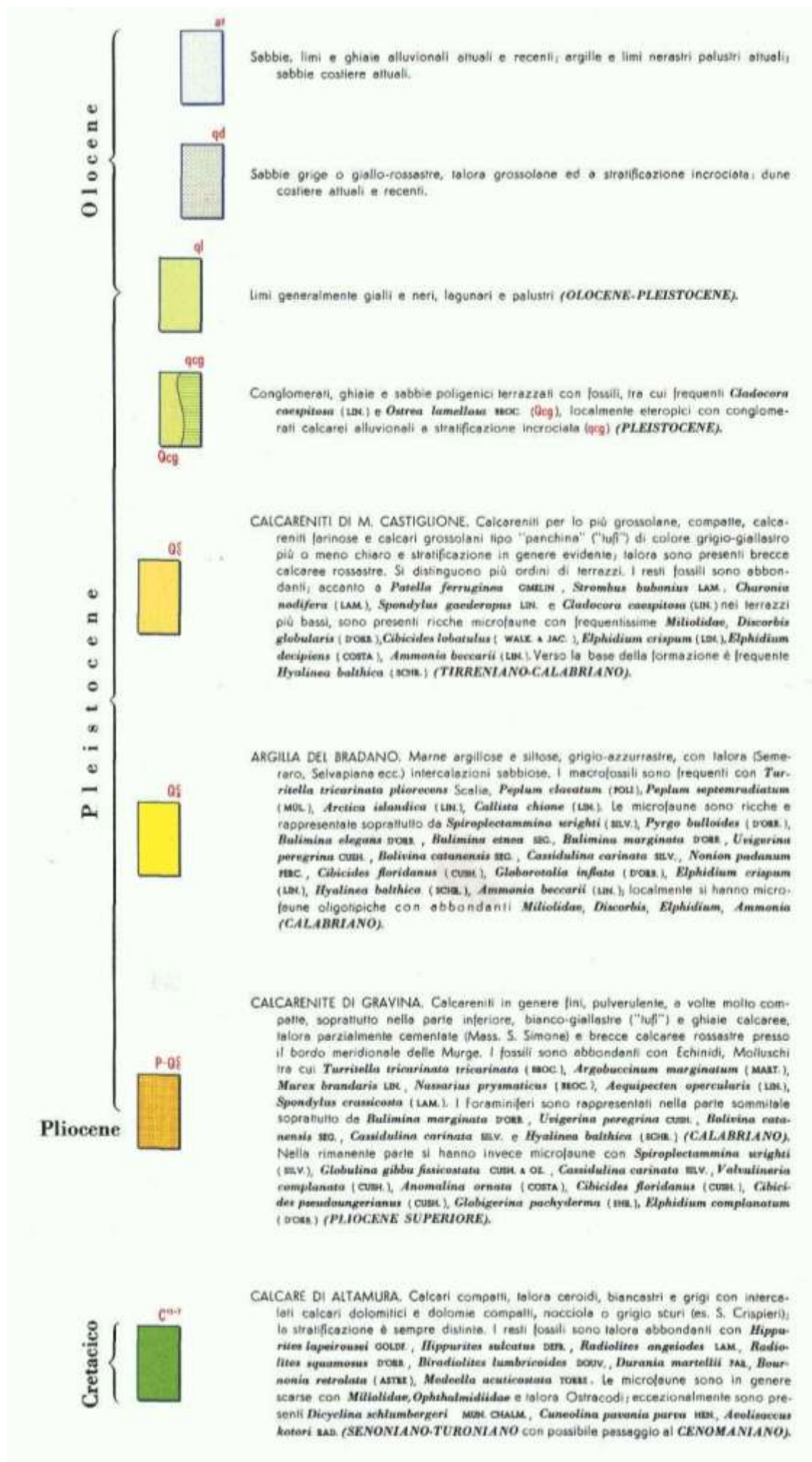


Fig. 4- Stralcio della Carta Geologica d'Italia scala 1:100000



2.2 Geomorfologia

Nel sito di indagine si osserva una morfologia generale piuttosto dolce rappresentata dalla piana costiera, terrazzata man mano che ci si avvicina alla costa, che si accentua verso nord in corrispondenza degli affioramenti delle rocce più antiche: Calcareniti di Gravina e Calcarea di Altamura.

La morfologia è resa più viva dalla presenza di profondi canali, le cosiddette “gravine” che incidono la piana anche per qualche decina di metri mettendo a giorno terreni più antichi della successione stratigrafica.

Di rilevante importanza sono le *Gravine di Madonna della Scala*, la *Gravina di S. Marco* che attraversano il Centro abitato di Massafra e la *Gravina Gennarini* che si delinea ad est del sito di intervento. Non mancano inoltre piccole incisioni che solcano le calcareniti di Gravina lungo tutto il versante nord della SS Appia come quelli che si delineano nei pressi del sito di intervento, in un’area a cavallo tra i Comuni di e Massafra, Statte e Taranto segni di una paleorete relitta a carattere torrentizio che convoglia le acque sino alla piana.

3. IDROGEOLOGIA

Nell’ambito dell’area esaminata, l’idrografia superficiale è limitata alle gravine e ad incisioni minori che convogliano le acque agli assi principali di drenaggio; essi rappresentano però una paleorete relitta in cui si hanno temporanei deflussi superficiali.

La successione stratigrafica del sito di intervento, in particolare la probabile presenza di litotipi argillosi a letto dei depositi ghiaioso sabbiosi e delle calcareniti dei terrazzi marini, permette l’individuazione di due acquiferi: quello profondo rappresentato dai calcari cretacei, sede di una falda cospicua ben alimentata che rappresenta la falda idrica di base, e quello superficiale costituito dai depositi sabbiosi e ghiaiosi dei Depositi Marini terrazzati che, poggiando sulle Argille subappennine, sono sede di falde superficiali con potenzialità idriche ridotta.

La formazione carbonatica mesozoica rappresenta un’unità “da poco a molto permeabile” per fessurazione e carsismo (permeabilità variabile tra 10 e 10^{-4} cm/s), pertanto, in considerazione del notevole spessore e della considerevole estensione, è sede di una falda ben alimentata e consistente cui attingono numerosi pozzi profondi. Tale falda circola attraverso la rete di discontinuità strutturali del calcare, a luoghi ampliate dalla dissoluzione carsica, che ha generato autentici condotti. L’infiltrazione e la circolazione avviene sia in forma concentrata che diffusa ed è in ogni caso influenzata sempre dall’orientazione dei principali sistemi di fratturazione.



Fig.5- Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento (tratto dal P.T.A. della Regione Puglia)

Dalla planimetria del PTA della Regione Puglia relativa all'andamento delle isofreatiche si deduce che nell'ambito del sito di interesse l'altezza piezometrica rispetto al livello di riferimento, ossia il livello del mare, è di circa 5,5 m e che la direzione di deflusso preferenziale delle acque sotterranee è verso sud-est dovuta al notevole drenaggio provocato dalla *Sorgente Tara*.

Da rilievi effettuati su pozzi per acqua presenti nei terreni agricoli circostanti, si è constatato che nel sito di intervento è presente una falda superficiale che impregna i depositi ghiaioso-sabbiosi e calcarenitici dei terrazzi marini sostenuta probabilmente da uno strato argilloso impermeabile.

Tali depositi, essendo classificabili come rocce “da poco a mediamente permeabili” per porosità di interstizi (permeabilità tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/s), sono sede di una falda freatica con potenzialità idrica ridotta che riceve apporti legati direttamente alle precipitazioni meteoriche ricadenti in loco. Pertanto il livello idrico oscilla in funzione del regime pluviometrico; tali falde superficiali sono a pelo libero e possono emergere, dando origine a manifestazioni sorgentizie, lì dove la superficie topografica intercetta il livello piezometrico.

In riferimento agli orizzonti litologici superficiali del sito di intervento, dai rilievi idrologici su pozzi presenti in zona nonché dalle tomografie elettriche restituite dalle prospezioni geoelettriche, si è riscontrato la presenza della falda superficiale all'interfaccia fra le calcareniti, presenti subito sotto i depositi ghiaioso-sabbiosi, ed i limi argillosi il cui pelo libero si attesta (nel periodo delle indagini, Marzo 2012) ad una profondità di 21,50 m dal p.c..

Il livello piezometrico però è soggetto a fluttuazioni legato alle precipitazioni meteoriche.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In questa prima fase conoscitiva, per l'esplorazione dei terreni presenti nel sottosuolo del sito di interesse ed in particolare della zona a sud della linea ferroviaria dell'area PIP (che comprende i lotti dal n. 19 al n. 35), si è proceduto ad eseguire indagini geognostiche di tipo geofisico.

L'esecuzione dei sondaggi geofisici è stata eseguita dalla ApoGeo p.s.c.r.l. di Altamura (BA) sotto la direzione tecnica della scrivente.

Su indicazioni della committenza la macro area su cui insistono le indagini è stata suddivisa in tre sub-aree che, per praticità descrittiva sono state indicate in questo elaborato con le lettere A, B e C, in ciascuna delle quali sono stati distribuiti gli stendimenti sia sismici che elettrici nelle modalità rappresentate in planimetria di Fig. 6 (riportata anche in **Allegato 1**), in totale sono stati eseguiti:

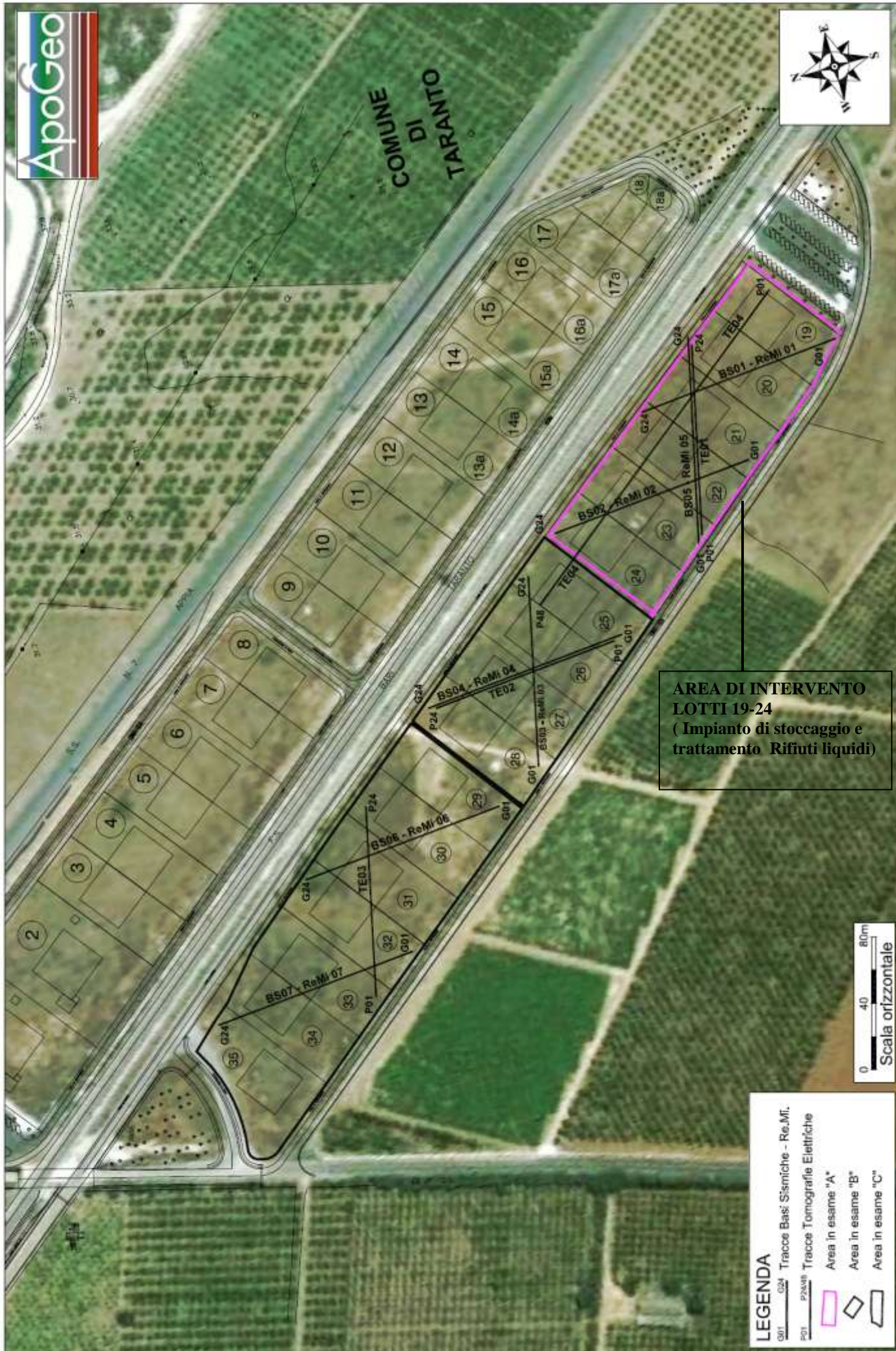
- a) n. 4 profili elettrici dipolari (dipolo-dipolo assiale) di cui i profili elettrici 1, 2 e 3 hanno lunghezza pari a 115m per i quali sono stati impiegati 24 postazioni elettrodiche mentre il profilo elettrico 4 ha lunghezza pari a 235m per il quale sono stati impiegati 48 postazioni elettrodiche; nell'ambito di tali profili sono stati inoltre acquisite, lungo un piano orizzontale, le misure geoelettriche mediante la configurazione Wenner (Tomografie elettriche: **T.E.1÷T.E.4**);
- b) n. 6 profili sismici a rifrazione superficiale in onde P (**BS1 ÷ BS6**) tutti di lunghezza pari a 125m;
- c) n. 6 profili RE.MI. ubicati in corrispondenza delle stesse basi sismiche.

Nei lotti di stretto interesse progettuale indicata come area A (lotti 19,20,21,22,23,24), in cui si intende realizzare una “Piattaforma di stoccaggio e trattamento di rifiuti liquidi non pericolosi”, ricadono i profili elettrici **1**, e gran parte del profilo elettrico **4** (**T.E.2 ; T.E.4**) e le basi sismiche **BS1**, **BS2** e **BS5** con i rispettivi profili RE.MI.

Scopo dell'indagine è stata quella di:

- individuare la struttura di resistività del sottosuolo;
- rilevare l'eventuale presenza della falda superficiale e il livello di stazionamento della piezometrica a verifica dell'interferenza della stessa con il piano di posa delle fondazioni;
- rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo;

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE - Scala 1:2000



TARANTO
COMUNE



**AREA DI INTERVENTO
LOTTE 19-24**
(Impianto di stoccaggio e
trattamento Rifiuti liquidi)

LEGENDA

- G24 Tracce Bast Sismiche - Re.Mi.
- P24 Tracce Tomografie Elettriche
- P01 Piani
- G01
- Area in esame "A"
- Area in esame "B"
- Area in esame "C"

0 40 80m
Scala orizzontale

- ricavare lo spessore e le caratteristiche geotecniche e/o geomeccaniche (velocità delle onde elastiche, coefficiente di Poisson e moduli elastici dinamici) degli strati riconosciuti;
- ricavare il valore del V_{S30} e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione secondo quanto è richiesto dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche ed integrazioni dell' O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone*" G.U. n.108 del 11/05/2006, poi recepite nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (DM 14/1/2008).

I risultati delle indagini geofisiche saranno esposte qui nel seguito, le elaborazioni e rappresentazioni grafiche (Tomografie elettriche, sismo-sezioni, profili RE.MI), e la relativa documentazione fotografica sono allegati alla presente relazione (allegato 2, allegato 3, allegato 4,) e fanno parte integrante della stessa.

4.1 Prospezioni geofisiche

Al fine di caratterizzare il sottosuolo nell'area di studio (indicate con AREA A, B e C - porzione dell'area PIP a sud della linea ferroviaria) si è scelto di utilizzare, in questa prima fase conoscitiva, indagini di tipo geofisico, nello specifico si sono utilizzate due metodologie di indagine indirette complementari fra loro:

- il metodo geoelettrico, per ricostruire la struttura di resistività del sottosuolo e per verificare l'eventuale presenza della falda superficiale ed individuarne il livello di stazionamento della piezometrica;
- il metodo sismico, in primo luogo per rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica – rifrattori – ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso terroso o roccioso con differente grado di densità e compattezza; in secondo luogo per ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (V_{S30}).

Per entrambi i metodi impiegati non è stato necessario utilizzare accorgimenti sia durante la fase di esecuzione del lavoro sia durante la fase di elaborazione dei dati.

I risultati della sismica a rifrazione e della geoelettrica sono sintetizzati qui di seguito e rappresentate nelle sismo-sezioni e tomografie elettriche riportati negli Allegati.

Geoelettrica-Descrizione del metodo

Il metodo elettrico in generale, consente di caratterizzare il sottosuolo in base alle sue proprietà elettriche, dalle quali è possibile desumere informazioni sulla litologia e sulla presenza di eventuali anomalie stratigrafiche e tettoniche (cavità, terra rossa, faglie e fratture), nonché individuare zone maggiormente conduttive per la presenza di acquiferi sotterranei.

Il parametro fisico determinato per mezzo delle suddette indagini è la resistività apparente (ρ_a) che dipende dalla composizione mineralogica, dalla granulometria e dal contenuto in acqua della roccia.

In particolare la configurazione del Dipolo-Dipolo assiale consente di accertare la distribuzione delle resistività apparenti nel sottosuolo lungo direzioni laterali mentre la configurazione Wenner consente di accertare la distribuzione delle resistività apparenti nel sottosuolo lungo direzioni verticali.

La strumentazione utilizzata è costituita da un georesistivimetro Syscal Pro Switch 96 composto da:

- n. 2 batterie per l'invio di corrente elettrica;

- un trasformatore che consente uscite di corrente variabile da 120Volts a 800Volts;
- un sistema automatico di registrazione dati;
- n. 24-48 picchetti in acciaio inox connessi mediante cavi elettrici per l'invio della corrente e la misura dei potenziali.

Il metodo elettrico secondo le configurazioni dipolo-dipolo assiale e Wenner consiste nell'immettere corrente nel terreno attraverso un dipolo energizzante (AB) e di misurare la differenza di potenziale (d.d.p.) indotta nel terreno tramite un dipolo di misura (MN); in entrambe le configurazioni i dati sono acquisiti variando le posizioni degli elettrodi con tutte le combinazioni al fine di creare una griglia di punti sufficientemente densa (elaborazione tomografica).

La geometria del metodo elettrico consente di investigare l'area dalla superficie fino ad una profondità massima nel punto centrale dello stendimento pari a circa $0.2L$, dove L è la distanza massima fra i centri dei dipoli AB ed MN.

Noti i valori di corrente immessi nel terreno tramite il dipolo AB e noti i valori di d.d.p. generati nei vari punti, si può calcolare la resistività apparente secondo la seguente formula:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

dove:

K = fattore geometrico del dispositivo; dipende dalla geometria del dispositivo e varia al variare delle distanze fra i dipoli;

ΔV = differenza di potenziale, misurata in millivolts, creata sul dipolo MN;

I = intensità di corrente, misurata in milliampere, generata dal dipolo AB.

I valori di resistività apparente calcolati vengono riportati su una griglia il cui asse orizzontale indica la direzione dello stendimento e l'asse verticale la profondità.

Fissati i valori di resistività apparente per i punti della maglia nella sezione stabilita, mediante un opportuno countouring si ottengono delle sezioni di isoresistività (vedi Pseudosezioni e modello interpretativo nell'**allegato 2**) che consentono di dare un'interpretazione qualitativa circa la presenza di anomalie nell'ambito degli spessori di terreno investigati.

Descrizione dell'indagine elettrica

Nella tre aree individuate in planimetria **A**, **B** e **C** sono state eseguite n. 4 basi sismiche **T.E.1** ÷ **T.E.4** di cui la **T.E.1**, **T.E.2** e **T.E.3** di lunghezza pari a 115m, spaziatura elettroica 5 per un numero di 24 elettrodi mentre la **T.E.4** di lunghezza pari a 235m, spaziatura elettroica 5m per un numero di 48 elettrodi.

Nello specifico i profili geoelettrici sono stati distribuiti e ubicati come segue:

- AREA A: in essa ricadono i profili geoelettrici **T.E.1**, e **T.E.4**, il primo ubicato in direzione NW-SE e parallelamente alla **BS5**, il secondo in direzione SE-NW così come mostrato nell'**Allegato 1**;
- AREA B: in essa ricade il profilo geoelettrico **T.E.2** disposto in direzione NNW-SSE, in corrispondenza del quale si sviluppa parallelamente la **BS4** così come mostrato in **Allegato 1**;
- AREA C: in essa ricade il profilo geoelettrico **T.E.3**, disposto in direzione NW-SE in posizione ortogonale rispetto agli stendimenti sismici **BS6** e **BS7**, così come mostrato nell'**Allegato 1**.

L'acquisizione ha consentito di elaborare i dati secondo una modellazione bidimensionale (profilo) dello spazio investigato, valutando quantitativamente i volumi di aree elettricamente omogenee.

I dati ottenuti da entrambe le configurazioni, dipolo-dipolo e Wenner, (elaborazione totale dei dati) sono stati interpolati ed elaborati con il Software RES2DINV il quale ha permesso di evidenziare al meglio la struttura di resistività del sottosuolo investigato rilevando inoltre la presenza di variazioni

lateralmente che caratterizzano la natura del sottosuolo in esame. Poiché la pseudosezione ottenuta dalla configurazione Wenner non ha apportato nessun valore aggiunto alla conoscenza delle condizioni del sottosuolo in esame si è proceduto alla modellizzazione del sottosuolo basandosi soltanto sulla pseudosezione ottenuta dalla configurazione dipolo-dipolo assiale.

La profondità massima di investigazione, letta nel punto centrale degli stendimenti **T.E.1**, **T.E.2** e **T.E.3** è pari a 24 metri mentre per lo stendimento **T.E.4** è pari a 42 metri.

Le Pseudosezioni riportate nell'**allegato 2** presentano una differenziazione delle classi di resistività secondo diverse tonalità di colore.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati delle indagini geofisiche è di fondamentale importanza la conoscenza geologica dell'area e la taratura delle prospezioni geofisiche con indagini di tipo diretto. Infatti, come si evince dalla tabella riportata di seguito, è possibile che rocce diverse siano caratterizzate dalla stessa resistività. Inoltre i ranges di resistività delle varie formazioni sono molto variabili, in funzione delle condizioni locali, della porosità, del grado di saturazione, del grado di alterazione ecc.

Nella tabella, alla pagina seguente, sono riportati i ranges tipici dei valori di resistività di alcuni tra i terreni costituenti il sottosuolo.

Tabella – Resistività delle rocce (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti e da “La prospezione Geofisica in campo ambientale” della Provincia di Milano).

LITOTIPO	RESISTIVITA' (Ohmxmt)
Acqua di mare	2-3
Acqua	10
Argille, marne, grasse	3-30
Argille, marne, magre	10-40
Rifiuti domestici	12-30
Suolo di copertura	10-200
Argille sabbiose, silt	25-105
Fanghi industriali	40-200
Sabbie con argille	50-300
Detrito alluvionale	50-1000
Olio esausto	150-700
Tufi	150-900
Sabbia, ghiaia in falda	200-400
Arenaria	300-3000
Calcere, dolomie, gesso	500-10000
Sabbia, ghiaia asciutta	800-5000
Gneiss	400-6000
Granito	2000-10000

Interpretazione dei dati

Una volta ottenuti in campo i valori di resistività apparente per i punti della maglia nella sezione stabilita, mediante il programma RES2DINV, si sono ottenute, utilizzando i risultati della configurazione dipolo-dipolo, sezioni di iso-resistività (pseudosezioni) che consentono di dare una interpretazione qualitativa circa la presenza di anomalie nell'ambito degli spessori di terreno investigati suddivisi in blocchi rettangolari (la cui dimensione e posizione regolare è automaticamente generata dal programma).

Un avanzato sottoprogramma di modellizzazione è stato usato per calcolare i valori di resistività, e una tecnica di ottimizzazione non lineare dei minimi quadrati, è usata per il programma di inversione (De Groot-Hedlin e Constable 1990, Loke e Barker 1996), sino ad ottenere la Sezione di Resistività basata sul metodo dell'inversione (Inverse Model Resistivity Section).

Le risultanze ottenute con la presente campagna di indagine condotta nell'area di interesse, sono state riportate all'interno degli elaborati grafici (vedi **allegato 2**: pseudosezioni e modellizzazione bidimensionali del sottosuolo investigato).

Risultati dell'indagine elettrica

Come indicazione generale relativa a tutta l'area di interesse, il sottosuolo può essere suddiviso in quattro elettro strati:

- il primo elettro strato caratterizzato da valori di resistività compresi tra 60 e 100 Ohm*m correlabile ad un deposito sabbioso-ciottoloso poco addensato;
- il secondo elettro strato caratterizzato da valori di resistività compresi tra 200 e 400 Ohm*m correlabile ad un deposito sabbioso-ciottoloso da poco a mediamente addensato;
- il terzo elettro strato caratterizzato da valori di resistività compresi tra 100 e 200 Ohm*m correlabile ad un deposito calcarenitico da poco a mediamente cementato con probabile presenza di acqua;
- il quarto elettro strato caratterizzato da valori di resistività minori di 60Ohm*m correlabile ad uno strato di deposito argilloso.

E' opportuno specificare che nella tomografia **T.E.3** e **T.E.4** è stato possibile individuare lo spessore di questo strato di argilla, portando quindi nelle corrispondenti pseudosezioni il modello da quattro elettro strati ad un modello a cinque strati se non proprio sei.

Data la scarsità dei dati elettrici presenti a quelle profondità non è possibile individuare dai valori delle resistività (poco attendibili) il litotipo ivi presente.

La correlazione del dato geofisico con quello geologico è riportato in dettaglio nell'**allegato 2**.

Sismica a rifrazione di superficie-Metodologia

L'indagine geosismica, del tipo a rifrazione di superficie come tutti i metodi di indagine indiretta del sottosuolo ci permette di investigare un certo volume, variabile a seconda della lunghezza dei profili eseguiti e della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente ad impatto o esplosiva, e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, viene generata da interfacce rifrangenti, che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

In particolare le indagini sismiche tomografiche consentono di ricostruire una sezione bidimensionale di velocità sismica dei terreni, mediante l'analisi di una molteplicità di percorsi di onde sismiche fra stazioni trasmettenti, corrispondenti ai punti di energizzazione del terreno (scoppi), e stazioni riceventi, corrispondenti alle posizioni dei singoli geofoni della catena geofonica.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

La strumentazione utilizzata è composta da un sismografo a 24 canali, della "MAE" modello A6000/S, con acquisizione computerizzata dei dati. È stata utilizzata una sorgente del tipo ad impatto verticale ed orizzontale (massa battente di 8Kg) per la generazione di onde, rilevate da 24 geofoni.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;

la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.

nelle indagini superficiali, le onde di taglio, che in questo caso sono state eseguite con metodologia Re.Mi., meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Riguardo al punto d) (vedi Zezza¹-1976), possono essere distinti 5 differenti gradi di carsificazione ai quali corrispondono le seguenti caratteristiche dell'ammasso roccioso carsificato:

grado V: $V_p = 0,7-1,0$ km/sec. Sono cancellati i caratteri tessiturali della roccia in posto i cui relitti si trovano inglobati in abbondanti terre rosse;

grado IV: $V_p = 1,1-1,9$ km/sec. Sono conservati i caratteri tessiturali della roccia in posto attraversata in ogni senso da cavità carsiche attive e fossili;

grado III: $V_p = 2,0-3,0$ km/sec. Diffusa presenza di cavità collegate ai processi di dissoluzione carsica;

grado II: $V_p = 3,1- 4,5$ km/sec. Giunti di fessurazione interessati solo parzialmente da manifestazioni carsiche;

grado I: $V_p > 4,5$ km/sec. Assenza completa di manifestazioni carsiche; giunti di fessurazione radi e bancate compatte.

Nella pagina seguente sono riportati in una tabella i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici per ciascun litotipo.

¹ Valutazione geologica-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi. Mem. Soc. Geol. It., 14,1976.

Tabella 1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio – Elmi)

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400
Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Descrizione delle indagini eseguite

Nella tre aree individuate in planimetria A, B e C sono state eseguite n. 7 basi sismiche BS1 ÷ BS7 in onde P per le quali sono stati effettuati 5 scoppi.

Per quanto riguarda la geometria adottata in tutte le basi sismiche i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 5m, i punti di scoppio A e B sono a 5m rispettivamente dal 1° e dal 24° geofono, in posizione esterna allo stendimento geofonico, lo scoppio C è posto al centro dello stendimento stesso (fra il 12° e il 13° geofono) mentre gli altri due scoppi intermedi D ed E rispettivamente tra 6° e 7° geofono e tra il 18° e il 19° geofono, quindi l'intero stendimento per queste basi risulta di 125m.

Nello specifico i profili sismici sono stati distribuiti e ubicati come segue:

AREA A: in essa ricadono i profili sismici BS1, BS2 e BS5, i primi due sono stati ubicati in direzione NNW-SSE, il terzo disposto circa ortogonalmente in direzione NW-SE e parallelamente alla tomografia elettrica T.E.1 così come mostrato nell'Allegato 1;

AREA B: in essa ricadono i profili sismici BS3 e BS4 disposti ortogonalmente tra loro, rispettivamente in direzione NW-SE e NNW-SSE, parallelamente alla BS4 si sviluppa la tomografia elettrica T.E.2 così come mostrato in Allegato 1;

AREA C: in essa ricadono i profili sismici BS6 e BS7 disposti parallelamente tra di loro in direzione NNW-SSE ma ortogonalmente alla tomografie elettrica T.E.3, così come mostrato nell'Allegato1.

Data la natura dei litotipi costituenti il sottosuolo in esame e le lunghezze degli stendimenti eseguiti è stato possibile investigare il sottosuolo fino ad una massima profondità compresa tra circa 26m e 27m a partire dal piano campagna.

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica e dalla metodologia RE.MI., sono stati inoltre calcolati alcuni parametri geotecnici: assegnando la densità in sito è stato calcolato il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico dinamico. Le determinazioni dei moduli elastici effettuate mediante tali metodologie sismiche sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia. I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (Rzhevsky et alii, 1971) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$$

Infine, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno K_s (Kg/cm³) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$K_s = E_s/B(1 - \nu^2)$$

dove

B = larghezza della fondazione;

E = modulo di elasticità del terreno;

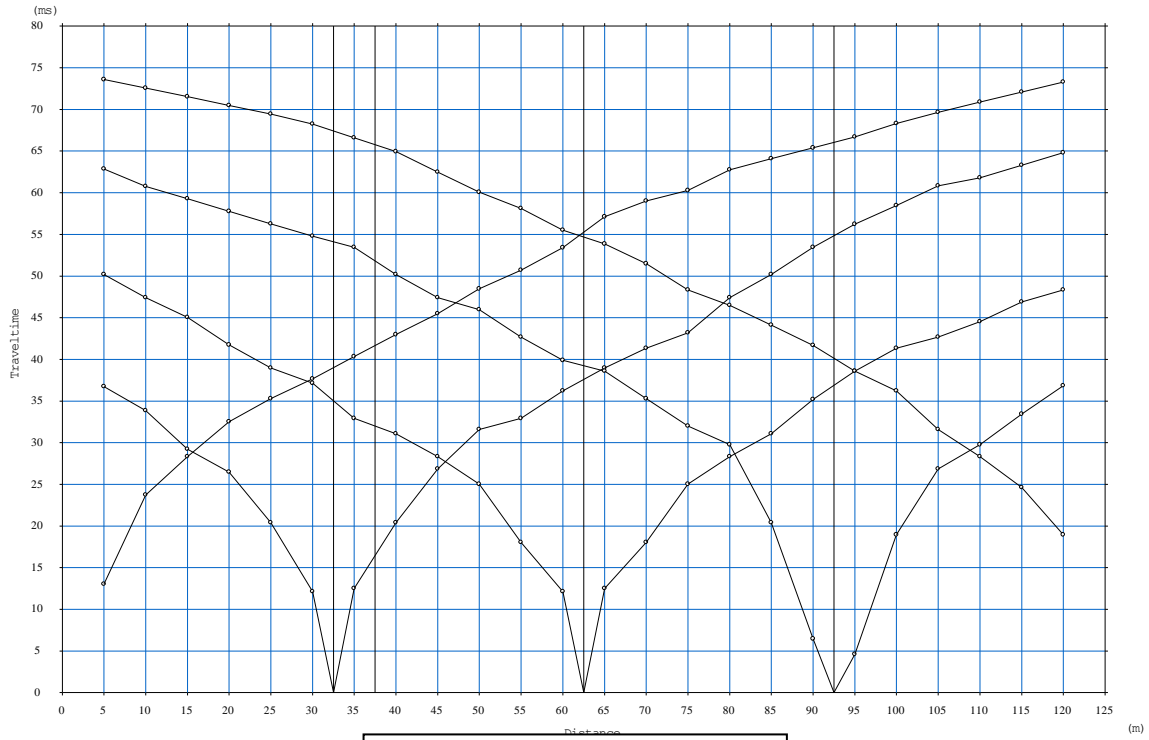
ν = coefficiente di Poisson.

Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche

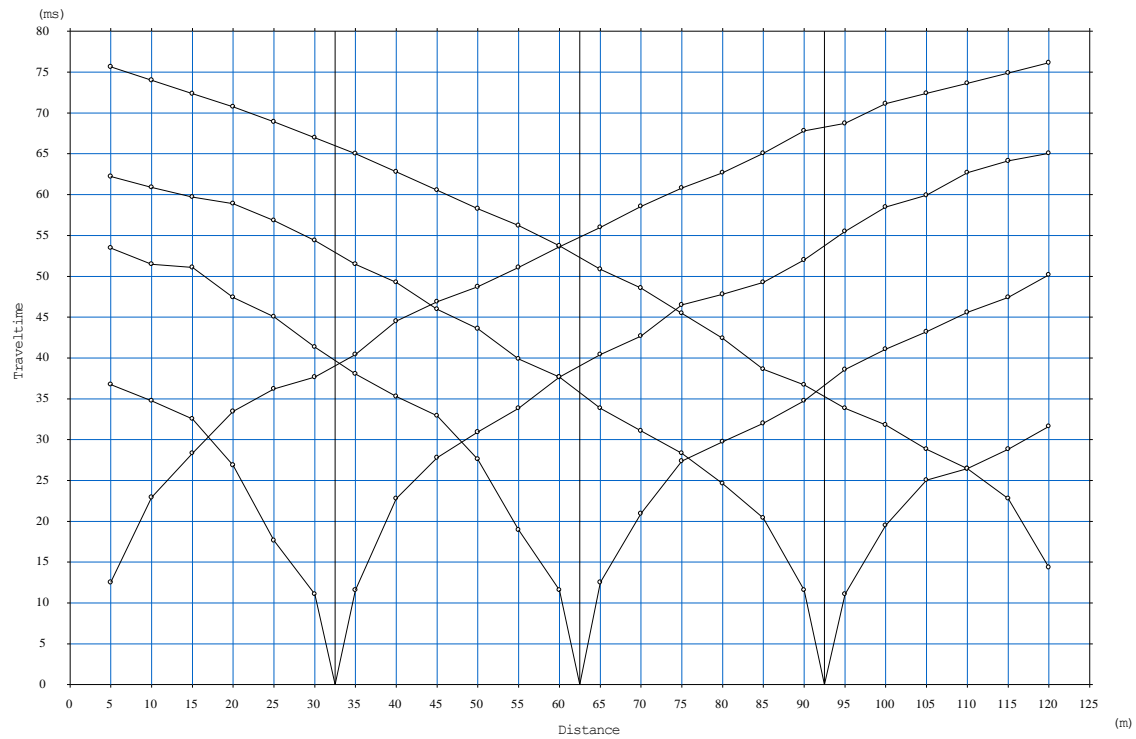
Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, registrate in tutte e tre le Aree (A, B e C), è stato possibile ricavare la struttura del sottosuolo distinguendolo in tre sismo strati ciascuno dei quali caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Sulla base dell'interpretazione quantitativa delle dromocrone è stato possibile individuare un primo sismo strato con valori medi della velocità di propagazione delle onde P di 572m/s attribuibile alla presenza di una sottile copertura di terreno vegetale frammisto a un deposito sabbioso-ciottoloso poco addensato, rilevato fino ad una profondità compresa tra circa 2.5m e circa 3.0m a partire dal piano di indagine; in successione un secondo sismo strato con valori medi della velocità di propagazione delle onde P di 1056m/s, attribuibile alla presenza di un deposito sabbioso-ciottoloso mediamente addensato, rilevato fino ad una profondità compresa fra 10.5m e 7.5m; in successione un terzo sismo strato con valori medi della velocità di propagazione delle onde P di 1681m/s, attribuibile alla presenza di un ammasso calcarenitico mediamente cementato e fratturato, poco alterato rilevato fino alla massima profondità investigata.

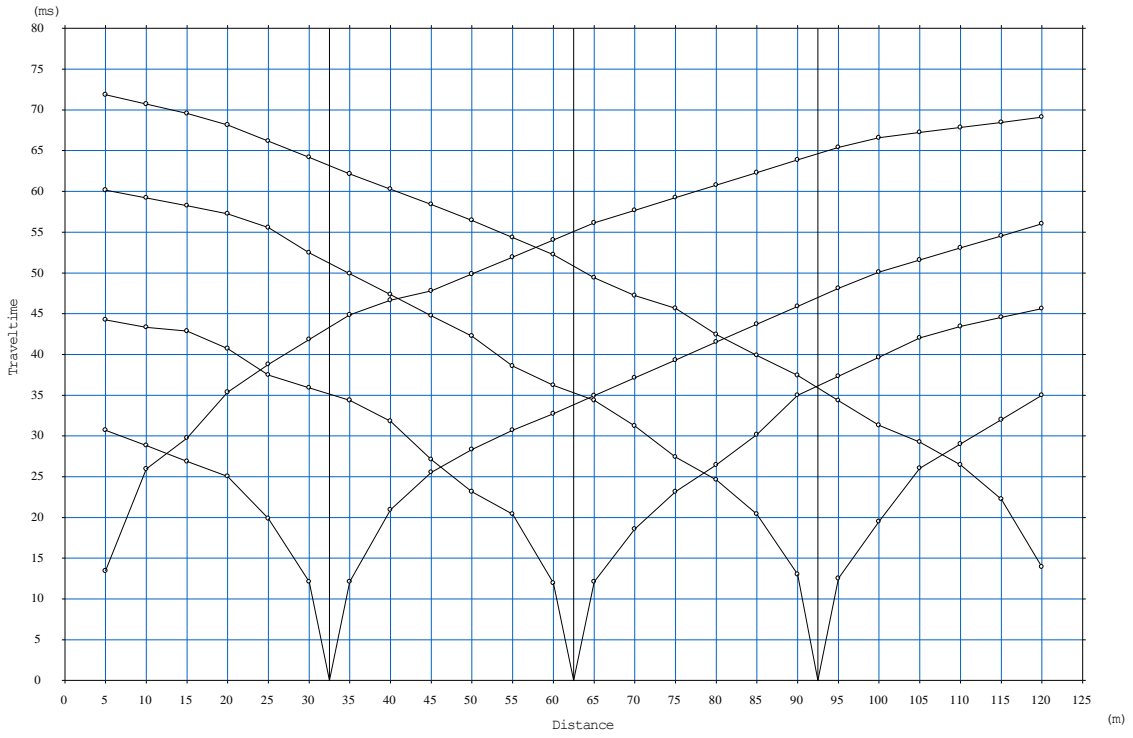
La rappresentazione grafica dei dati sperimentali così ottenuti sono riportati nell'allegato 3.



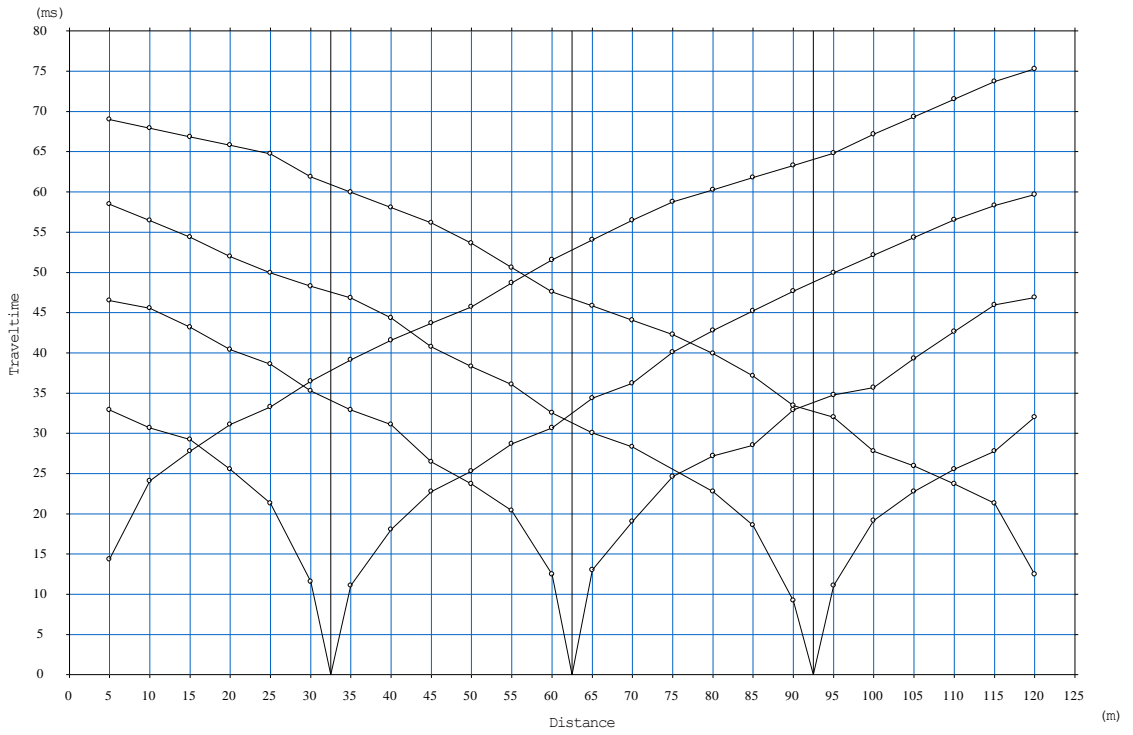
BASE SISMICA BS1



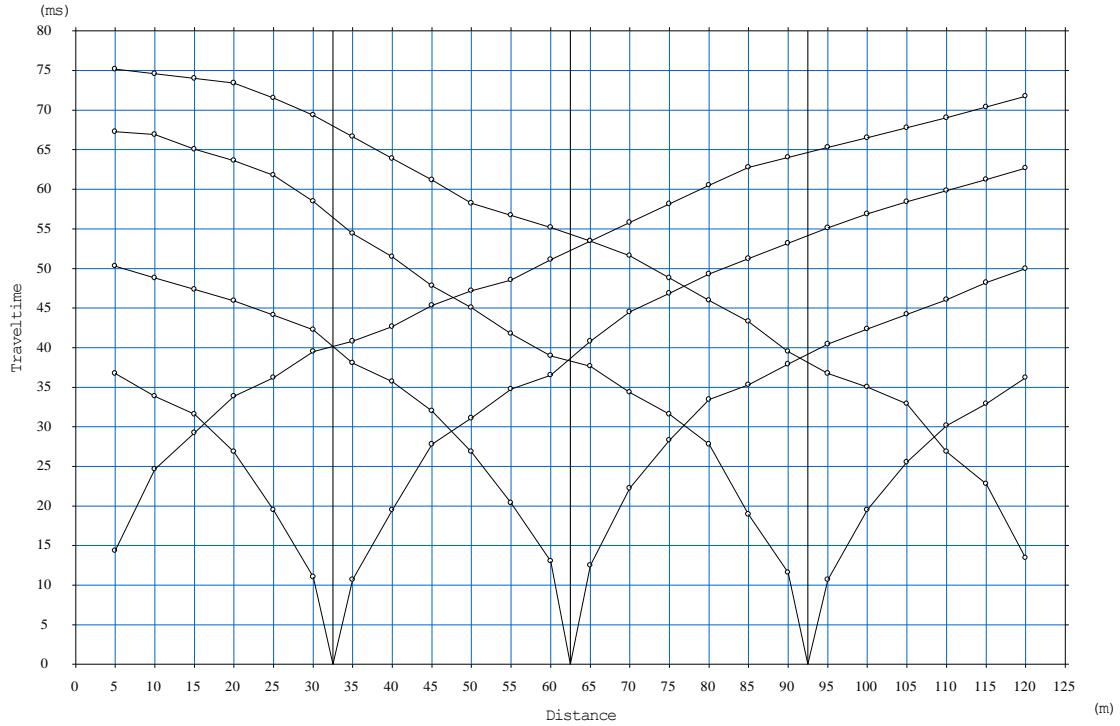
BASE SISMICA BS2



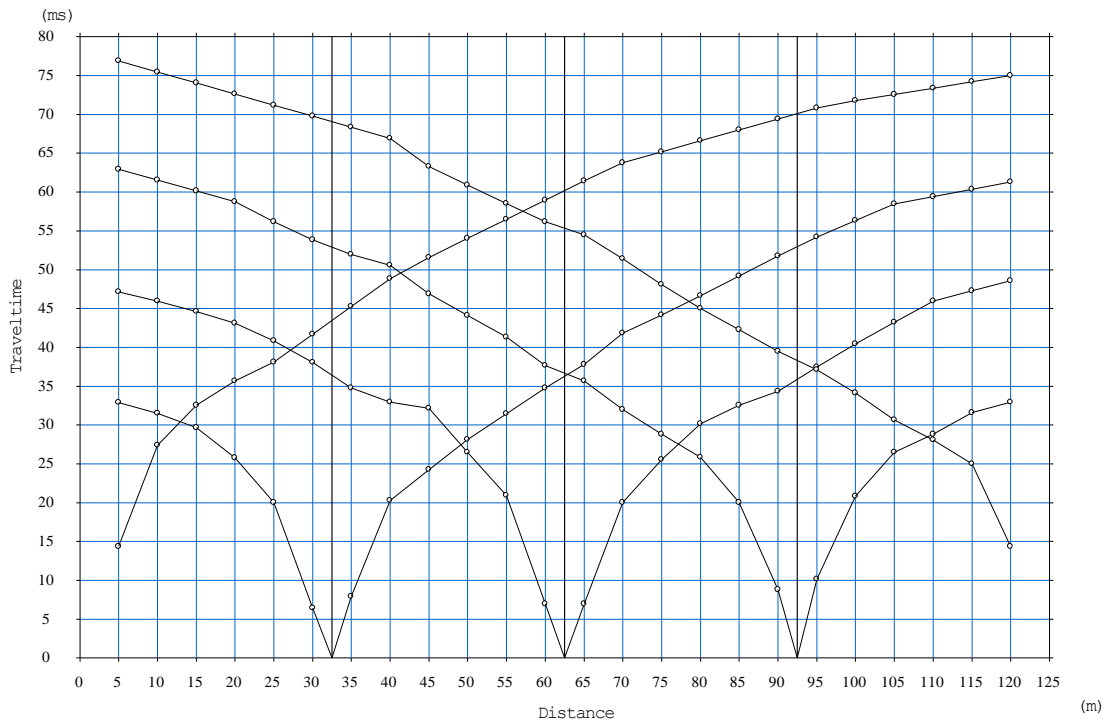
BASE SISMICA BS3



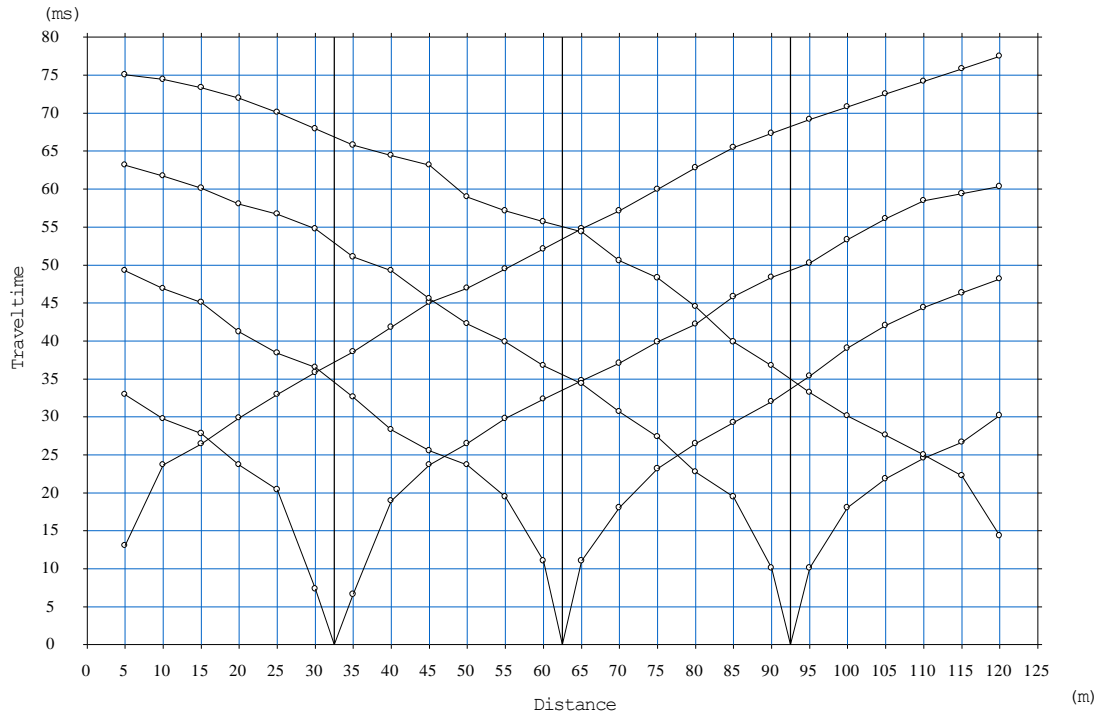
BASE SISMICA BS4



BASE SIMICA BS5



BASE SIMICA BS6



BASE SISMICA BS7

Indagine RE.MI.

In tutte e tre le aree di interesse, A, B e C al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità di 30m (VS30) e quindi determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008 (G.U. 4 febbraio 2008, n.29 – s.o. n.30), sono stati eseguiti sette profili RE.MI. ubicati in corrispondenza delle stesse basi sismiche, ubicati come mostrato in planimetria (Allegato 1).

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando semplicemente il rumore di fondo ed elaborando il segnale con un opportuno software. A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%).

È così possibile definire con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo "VS30".

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati e in linea retta, ciascuno della lunghezza di 115m (RE.MI.1 ÷ RE.MI.7);
- esecuzione di 20 registrazioni della durata di 30 sec del rumore ambientale;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'A6000/S.

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. E' importante rilevare che i profili sono stati ottenuti coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, essi quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, risultano più rappresentativi a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

Nell'allegato 3 sono riportati i risultati dell'elaborazione (n. 3 grafici oltre al sismogramma medio di tutte le interazioni relative a ciascun stendimento Re.Mi.).

Il primo grafico, a partire dallo spettro P-F, mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo.

Nel grafico successivo invece è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

La figura successiva riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

Pertanto sulla base delle indagini sismiche eseguite, considerando il profilo stratigrafico dell'attuale piano campagna, è possibile calcolare il parametro Vs30, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

il quale risulta compreso tra 576m/s e 665m/s misurandolo a partire dal piano di indagine; di conseguenza si può caratterizzare il sito in esame in una delle categorie di suolo di fondazione che in tal caso, nella Nuova Normativa Sismica, corrisponde ad un suolo di classe "B", definito come (punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008): "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 VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

E' opportuno precisare che dal profilo RE.MI. si ricavano i valori di velocità delle onde S lungo la verticale a circa metà della lunghezza dello stendimento fino ad una profondità mutevole in funzione della variazione delle frequenze; generalmente, se non ci sono particolari "accidenti" la profondità di investigazione è pari alla lunghezza dello stendimento; in questo caso, la profondità raggiunta dai sismo strati è compresa tra 49m circa 73m pertanto non è stato necessario eseguire alcuna estrapolazione del dato relativo alle Vs30.

CALCOLO DEI MODULI DINAMICI

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i principali moduli elastici dei terreni relativi alle basi sismiche eseguite; tali valori si riferiscono all'ammasso pertanto devono essere intesi come valori medi. Si ribadisce, inoltre, il fatto che i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità.

BASE SISMICA 1			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	506	1019	1638
Velocità onde S (m/s):	264	444	661
Modulo di Poisson:	0.31	0.38	0.40
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm ³):	1.47	1.75	1.97
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	3.00	6.00	18.00
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	263	954	2414
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	100	345	861
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	235	1357	4137
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	32	115	291
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	54	77	93
Φ (angolo di attrito in °)	27	29	30
C (coesione in kg/cm ²)	2.8	3.9	4.7
Rigidità Sismica (Tonn/m ² *sec)	388	776	1302
Frequenza dello Strato	22	19	9
Periodo dello Strato	0.05	0.05	0.11
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm ³)	2.38	9.14	23.59
K (Coeff. di Winkler in N/cm ³)	23.37	89.67	231.37

BASE SISMICA 2			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	600	1050	1638
Velocità onde S (m/s):	284	500	816
Modulo di Poisson:	0.36	0.35	0.33
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm^3):	1.53	1.76	1.97
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.70	8.50	15.80
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	329	1193	3502
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	121	441	1312
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	379	1356	3536
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	39	144	422
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	58	81	99
Φ (angolo di attrito in $^{\circ}$)	28	29	30
C (coesione in kg/cm^2)	3.0	4.1	5.1
Rigidità Sismica ($Tonn/m^2 \cdot sec$)	435	881	1607
Frequenza dello Strato	26	15	13
Periodo dello Strato	0.04	0.07	0.08
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	3.07	11.15	32.29
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	30.12	109.37	316.71

BASE SISMICA 3			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	550	1056	1525
Velocità onde S (m/s):	245	487	753
Modulo di Poisson:	0.38	0.36	0.34
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm^3):	1.50	1.76	1.93
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.50	7.50	16.80
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	243	1143	2937
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	88	419	1097
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	327	1410	3037
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	29	138	354
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	53	80	96
Φ (angolo di attrito in °)	27	29	30
C (coesione in kg/cm^2)	2.7	4.1	4.9
Rigidità Sismica ($Tonn/m^{2*sec}$)	367	859	1456
Frequenza dello Strato	25	16	11
Periodo dello Strato	0.04	0.06	0.09
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	2.31	10.79	27.17
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	22.63	105.79	266.44

BASE SISMICA 4			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	489	961	1622
Velocità onde S (m/s):	227	457	790
Modulo di Poisson:	0.36	0.35	0.34
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm^3):	1.46	1.72	1.96
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.50	4.50	20.00
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	200	975	3297
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	74	360	1226
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	243	1112	3534
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	24	117	397
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	50	77	98
Φ (angolo di attrito in $^{\circ}$)	27	29	30
C (coesione in kg/cm^2)	2.5	3.9	5.0
Rigidità Sismica ($Tonn/m^2 \cdot sec$)	330	788	1552
Frequenza dello Strato	23	25	10
Periodo dello Strato	0.04	0.04	0.10
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	1.88	9.12	30.63
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	18.45	89.42	300.43

BASE SISMICA 5			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	580	1072	1751
Velocità onde S (m/s):	282	518	853
Modulo di Poisson:	0.35	0.35	0.34
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm^3):	1.52	1.77	2.00
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.60	9.50	14.90
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	319	1281	3918
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	118	475	1457
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	343	1402	4198
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	38	154	472
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	58	82	101
Φ (angolo di attrito in $^{\circ}$)	28	29	30
C (coesione in kg/cm^2)	2.9	4.2	5.2
Rigidità Sismica ($Tonn/m^2 \cdot sec$)	428	917	1708
Frequenza dello Strato	27	14	14
Periodo dello Strato	0.04	0.07	0.07
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	2.95	11.93	36.40
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	28.97	116.98	356.99

BASE SISMICA 6			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	536	1064	1728
Velocità onde S (m/s):	243	505	842
Modulo di Poisson:	0.37	0.35	0.34
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm^3):	1.49	1.77	2.00
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	3.00	9.30	13.70
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	236	1222	3805
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	86	451	1415
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	305	1401	4074
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	28	147	458
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	53	81	101
Φ (angolo di attrito in $^{\circ}$)	27	29	30
C (coesione in kg/cm^2)	2.7	4.1	5.1
Rigidità Sismica ($Tonn/m^2 \cdot sec$)	362	893	1680
Frequenza dello Strato	20	14	15
Periodo dello Strato	0.05	0.07	0.07
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	2.24	11.44	35.35
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	21.92	112.16	346.64

BASE SISMICA 7			
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Velocità onde P (m/s):	588	1108	1835
Velocità onde S (m/s):	266	535	923
Modulo di Poisson:	0.37	0.35	0.33
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm^3):	1.52	1.79	2.03
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.90	9.50	14.60
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa)	290	1378	4594
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa) (Modulo di rigidità)	106	511	1726
MOD. di BULK (K) MPa: (mod. di incompress. di volume)	376	1511	4522
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa) (Rzhevsky et alii, 1971)	35	166	553
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce)	56	83	104
Φ (angolo di attrito in °)	28	29	30
C (coesione in kg/cm^2)	2.9	4.2	5.3
Rigidità Sismica ($\text{Tonn/m}^2 \cdot \text{sec}$)	405	955	1870
Frequenza dello Strato	23	14	16
Periodo dello Strato	0.04	0.07	0.06
B (Larghezza Fondazione in cm)	150	150	150
K (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3)	2.75	12.84	42.24
K (Coeff. di Winkler in N/cm^3)	26.93	125.88	414.23

5. GEOLOGIA DI DETTAGLIO

5.1 Modello geologico di sottosuolo

Sulla base di quanto desunto dalle indagini indirette eseguite (prospezioni geoelettriche e sismica a rifrazione) si ritiene siano stati definiti con l'attendibilità necessaria ai fini della presente relazione preliminare i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici del sito ed è stato quindi possibile costruire il modello geologico di sottosuolo ai sensi del D.M. 14.01.08.

Lo strato superficiale è rappresentato dal terreno vegetale e/o depositi alluvionali di natura sabbioso-limosa, inglobanti ciottoli sparsi calcarenitici eterometrici. Tale deposito risulta più prettamente ciottoloso nella parte bassa al *contatto*, o in *etoropia di facies*, con calcareniti grossolane, mediamente cementate e macrofossilifere probabilmente attribuibili alle (Calcareniti di M. Castiglione. o i cosiddetti Depositi Marini Terrazzati).

In questo primo step conoscitivo non si esclude la possibilità della presenza di uno strato argilloso a partire dalla profondità di 24,00m circa dal p.c. (ben evidenziato nelle Tomografie elettriche) che passano verso il basso a calcareniti a grana medio fine e a grado di cementazione da medio ad alto,

fossilifere (attribuibili alla formazione geologica delle *Calcareniti di Gravina*) o che poggiano direttamente sul basamento carbonatico (*Calcarea di Altamura*).

Perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo potranno confermare tale modello geologico e permetteranno di desumere la stratimetria di dettaglio del sito di intervento.

Stratigrafia di riferimento

0,00 p.c.	10,00-12,00 m	10-12,00m	<p>Terreno vegetale e depositi alluvionali di natura sabbioso-limosa, inglobanti ciottoli sparsi calcarenitici eterometrici, da poco a mediamente addensato.</p> <p>Nella parte bassa il deposito risulta prettamente ciottoloso al <i>contatto</i>, o in <i>eteropia di facies</i>, con calcareniti grossolane probabilmente attribuibili alle Calcareniti di M. Castiglione, o i cosiddetti Depositi Marini Terrazzati.</p>
		24-26,00m	<p>Calcareniti a grana medio-grossa, da poco a mediamente cementate, macrofossilifere con presenza di acqua di falda (Calcareniti di M. Castiglione e/o Calcareniti di Gravina)</p>
		36,00-38,00	<p>Livello di limo argilloso-sabbioso intercalato nelle calcareniti o al contatto direttamente con i sottostanti calcari .</p>
			<p>Bedrock</p> <p>A partire da circa 36,00 m si individua il Bedrock che può essere caratterizzato da calcarenite mediamente cementata (<i>Calcareniti di Gravina</i>) oppure direttamente dal Calcarea biancastro stratificato, fratturato e alterato (<i>Calcarea di Altamura</i>)</p>

6. ASPETTI GEOTECNICI

In base ai risultati della geofisica, da cui è stato possibile desumere parametri elastici del volume di roccia indagato (vedi "Calcolo dei moduli dinamici") e dalle informazioni di carattere geotecnico raccolte su prove di laboratorio eseguite su campioni derivanti dallo stesso ambiente geologico, è stato possibile assegnare valori sufficientemente attendibili ai principali parametri geologico-tecnici e geotecnici che governano il comportamento meccanico dei diversi litotipi individuati nell'ambito del modello geologico di sottosuolo.

Ad esclusione del terreno vegetale e dei depositi alluvionali sabbioso-limosi più superficiali, fino a circa 2,50-3,00 m dal p.c., che come si evince dai moduli elastici derivanti dalle basi sismiche e dalle sismo-sezioni risultano al quanto scadenti, si rappresenta qui di seguito la caratterizzazione geotecnica dei diversi litotipi individuati fino a 36,00-40,00 m di profondità.

Si tratta di valori medi indicativi che dovranno però essere confermati da analisi di laboratorio su campioni prelevati nel sito di intervento.

LITOTIPO A**Da 2,50 m a 10,00 m dal p.c.: deposito sabbioso - ciottoloso alluvionale**

$\gamma_d = 1.75 \text{ g/cm}^3$	(peso di volume secco)
$\gamma_{\text{sat}} = 1.85 \text{ g/cm}^3$	(peso di volume allo stato saturo)
$\phi' = 20^\circ$	(angolo di attrito interno)
$c' = 0.1 \text{ Kg/cm}^2$	(coesione efficace)
$\nu = 0,35$	(coeff. di Poisson)

LITOTIPO B**Da 10,00 m a 24,00 m dal p.c.: calcareniti a grana medio-grossa mediamente cementate**

$\gamma_d = 1.8 \text{ g/cm}^3$	(peso di volume secco)
$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ g/cm}^3$	(peso di volume allo stato saturo)
$\phi' = 35^\circ$	(angolo di attrito interno)
$c' = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$	(coesione efficace)
$\nu = 0,36$	(coeff. di Poisson)

LITOTIPO C**Da 24,00 m a 36,00 m dal p.c.: deposito argilloso**

$\gamma = 2,00 \text{ g/cm}^3$ (2.0 t/m ³ ; $\approx 20 \text{ kN/m}^3$)	
$c' = 0,25 \text{ kg/cm}^2$	
$\phi' = 20^\circ$	
$E_d = 5-10 \text{ MPa}$ (50 – 100 kg/cm ²)	(modulo edometrico)
$K_{\text{winkler vert}} = 1 - 4 \text{ kg/cm}^3$	
$K_{\text{winkler oriz}} = 0,5-2 \text{ kg/cm}^3$	

Dette argille sono potenzialmente soggette a significativi fenomeni di rigonfiamento a seguito di scavi e o di contatto con acqua. Andranno pertanto valutati gli eventuali cedimenti in caso di rigonfiamento ed essiccamento ciclico di tale deposito.

LITOTIPO D**Da 36,00m dal p.c.: Calcarenite ben cementata**

$\gamma_d = 1.72 \text{ g/cm}^3$	(peso di volume secco)
$\gamma_s = 2,05 \text{ g/cm}^3$	(peso-volume naturale)
$\phi' = 36^\circ$	(angolo di attrito interno)
$c' = 0.002 \text{ daN/cm}^2$	(coesione efficace)
$\nu = 0,40$	(coeff. di Poisson)
$\sigma_c = 6,15 - 24,60 \text{ Kg/cm}^2$	(resistenza a compressione monoassiale)
$E = 6022 \text{ MPa}$	(Modulo di elasticità dinamico)
$K_{\text{winkler}} = 41,30 \text{ kg/cm}^3$	

Relativamente alla zona di stretto interesse di intervento si è accertata la presenza di una falda idrica il cui livello piezometrico (all'epoca del rilievo sopralluogo, Marzo 2012) risulta essere a 21,50 m dal p.c.

A profondità superiori ai 36,00 m si evidenzia la presenza del bedrock sia esso costituito da calcarenite mediamente cementata o direttamente dal basamento calcareo. In fase di progettazione

esecutiva si dovranno effettuare perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo con prelievi di campioni per le prove di laboratorio geotecnico per confermare questo modello geologico e per desumere la stratimetria di dettaglio del sito di intervento.

7. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

In base ai risultati dei profili Re.Mi eseguiti in corrispondenza delle simiche a rifrazione, si è determinato il V_{S30} per i diversi profili, ossia la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità, parametro che permette di definire la categoria di appartenenza del sottosuolo come definita nell'O.P.C.M. n. 3274 del Marzo 2003 e successive modifiche ed integrazioni poi recepite nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/1/2008).

Nel nostro caso il V_{S30} , considerando il profilo stratigrafico dall'attuale piano campagna, risulta compreso tra **576m/s e 665m/s**; di conseguenza si può caratterizzare il sito in esame in una delle categorie di suolo di fondazione che in tal caso corrisponde ad un suolo di classe "**B**", definito come definito come (punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008): "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 V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Classificazione sismica secondo il D.M. 14.01.08

Il comune di Massafra (TA) in base alla zonizzazione sismica (Ordinanza PCM n°3274 del 20/03/2003 recepita dal D.M 14/01/2008) rientra nella zona 3, per la quale è previsto un valore di accelerazione orizzontale massima $a_g = 0,15g$. Questo valore è riferito all'accelerazione orizzontale massima su un suolo di categoria A. Detto valore di accelerazione massima al suolo va poi incrementato per tener conto della specifica situazione litologica del sito oggetto di studio. A tal fine il D.M. 14.01.08 ha introdotto una nuova procedura per la valutazione delle azioni sismiche da utilizzare in fase di progettazione basata sulla valutazione della *pericolosità sismica di base* del sito. Questa viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) nonché delle caratteristiche dello spettro di risposta elastica del sito, con riferimento a determinate probabilità di accadimento. In particolare la normativa ha definito 3 parametri di riferimento:

Simbolo	Parametro
a_g	Accelerazione orizzontale massima al sito
F_0	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

Fornendo per tutto il territorio nazionale i valori di detti parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

La normativa ha poi definito gli stati limite in stati limite di esercizio e di danno fissando per ciascuno stato limite la probabilità di superamento durante la vita utile dell'opera.

Stati limite			Probabilità di superamento durante la vita utile (%)
di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63 %
ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite ultimo	SLU	5%

La norma introduce poi un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S funzione della categoria di sottosuolo e dei parametri F_0 ed a_g ed un fattore topografico S_T che per terreno subpianeggiante è pari ad 1.

Il valore dell'accelerazione massima al sito è

$$a_{gmax} = a_g \times S_S \times S_T$$

Per il sito oggetto di studio sono state determinate le coordinate geografiche:

$$N = 40^\circ 33' 5,25'' \quad E = 17^\circ 8' 22,59''$$

Ed attraverso il programma fornito dal Ministero delle infrastrutture sono stati valutati i 3 parametri di riferimento per diversi tempi di ritorno:

Tr (anni)	a_g (g)	F_0	T_c'
30	0,030	2,392	0,252
50	0,039	2,422	0,301
70	0,048	2,400	0,324
101	0,057	2,496	0,318
141	0,067	2,526	0,316
201	0,081	2,520	0,321
475	0,123	2,494	0,320
975	0,167	2,473	0,311
2475	0,234	2,460	0,320

Sempre utilizzando il programma fornito dal Ministero delle infrastrutture si è assunta una vita utile delle costruzioni di 50 anni in classe II e si è provveduto per ciascuno stato limite definito dalla norma a valutare i parametri di progetto (a_g , F_0 e T_c'), i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica e quindi il valore di a_{max} .

Stato limite	Tr (anni)	a_g (g)	F_0	T_c'	Ss	a_{max} (g)
SLO	30	0,030	2,392	0,252	1,2	0,036
SLD	50	0,039	2,422	0,302	1,2	0,0468
SLV	475	0,123	2,494	0,320	1,2	0,1467
SLC	975	0,167	2,473	0,311	1,2	0,2004

$$S_T = 1$$

$$a_{max} = a_g \times S_s \times S_T$$

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le risultanze delle indagini geognostiche a carattere geofisico sviluppate hanno consentito di determinare il modello geologico del sito interessato dal Progetto di realizzazione di una piattaforma di Stoccaggio e trattamento di rifiuti liquidi non pericolosi. È stato accertato che nell'area interessata dall'opera in progetto affiora un deposito superficiale caratterizzato da terreno vegetale e/o alluvionale di natura sabbioso-limosa inglobanti ciottoli calcarenitici eterometrici dello spessore dell'ordine dei 12,00 m che nella parte bassa risulta più prettamente ciottoloso. Tale deposito poggia su litotipi calcarenitici fossiliferi mediamente cementati con presenza di acqua. In questa prima fase conoscitiva non si esclude la possibilità di uno strato argilloso a partire da circa 24,00m fino al bedrock locale individuato a partire da circa 36,00m che può essere di natura calcarenitica (Calcarenite di Gravina) o meglio ancora da Calcarea.

La morfologia del sito si presenta sub- pianeggiante lievemente digradante verso sud- sudest senza indizio alcuno di movimento del terreno in atto o potenziale, e né i lavori da eseguire potranno indurne la genesi.

Si è accertata la presenza di una falda idrica superficiale che impregna i depositi calcarenitici e conglomeratici superficiali, sostenuta dallo strato argilloso impermeabile individuato. Il livello piezometrico della falda idrica è alla profondità di 21,50 m dal p.c. (in Marzo 2012), ma può oscillare in funzione del regime pluviometrico.

In base ai risultati delle indagini geofisiche è stato determinato il V_{S30} che risulta compreso , considerando il profilo stratigrafico dall'attuale piano campagna, **576m/s e 665m/s**; di conseguenza si può caratterizzare il sito in esame in una delle categorie di suolo di fondazione che in tal caso corrisponde ad un suolo di classe **“B”**, definito come (punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008): “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 VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

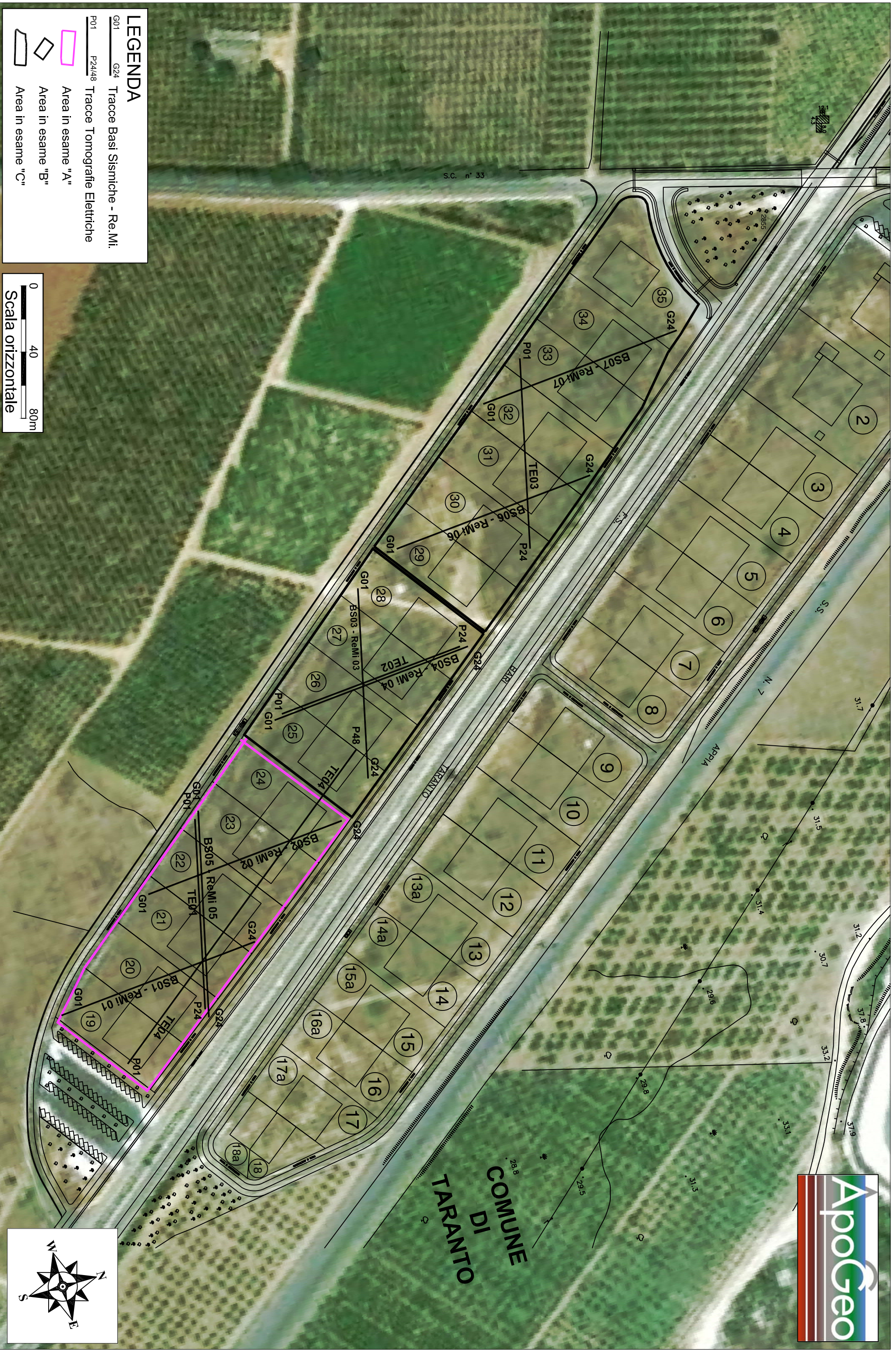
Taranto, lì 26 Marzo 2012

Il GEOLOGO
Dott. Geol. Rita Amati

ALLEGATO 1

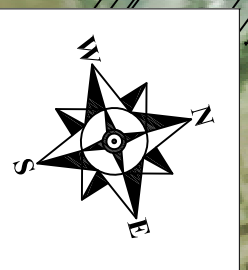
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE
INDAGINI GEOFISICHE

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE - Scala 1:2000



LEGENDA

- G01 G24 Tracce Basi Sismiche - Re.Mi.
- P01 P24/48 Tracce Tomografiche Elettriche
- Area in esame "A"
- Area in esame "B"
- Area in esame "C"

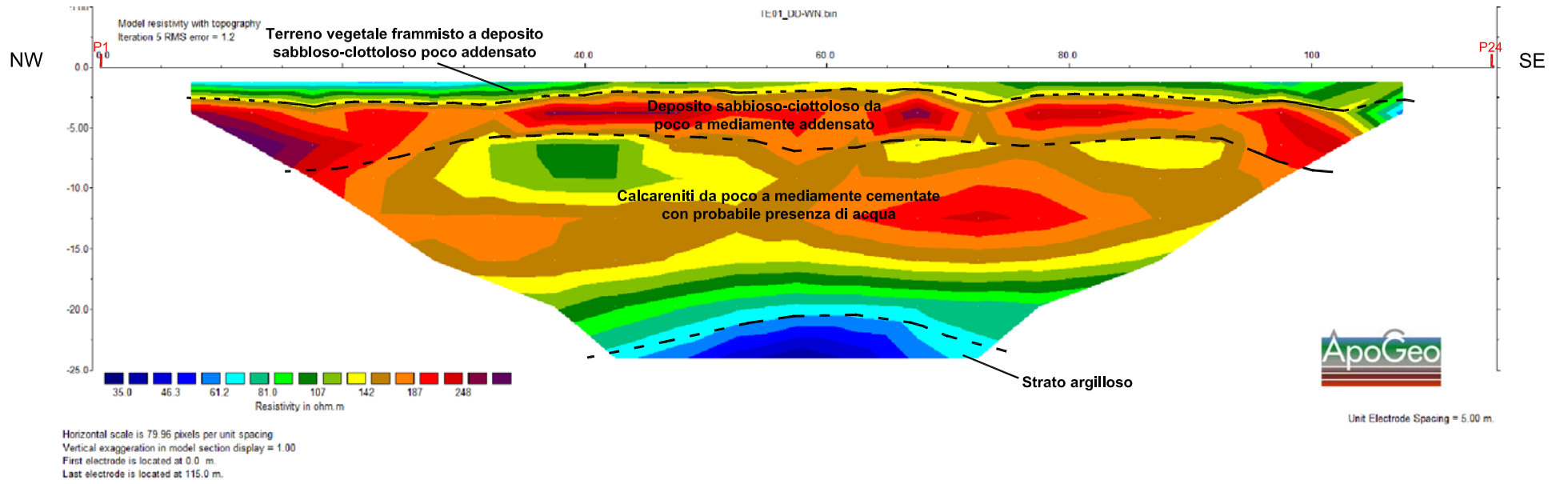


ALLEGATO 2

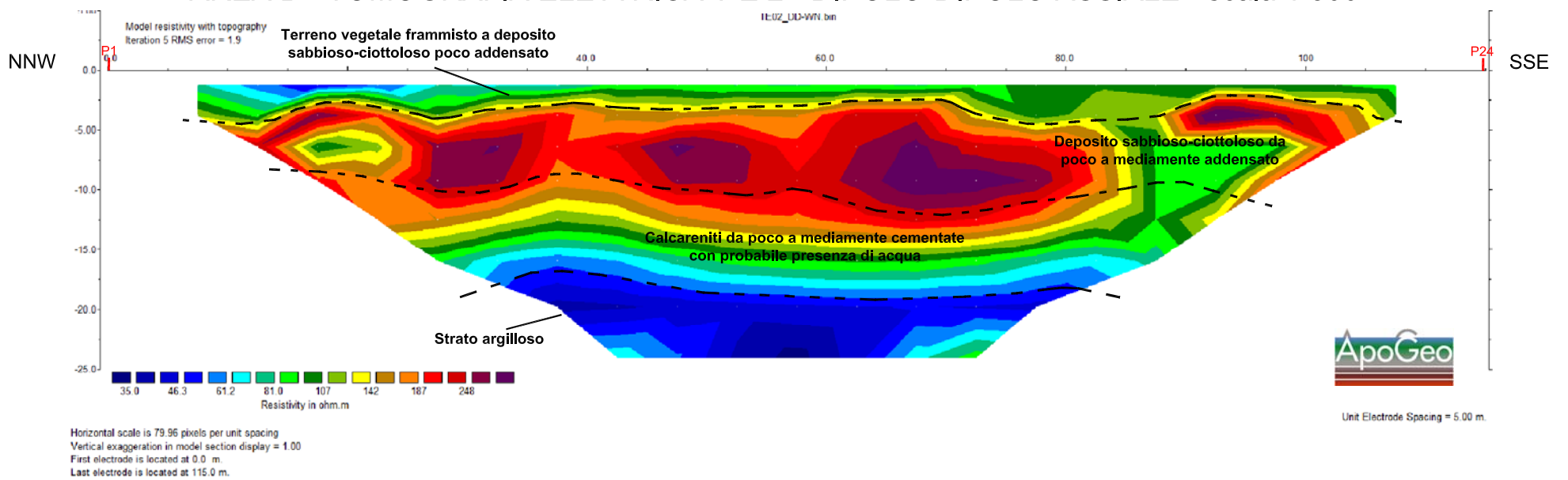
INDAGINI GEOELETTRICHE

- ✓ AREA A: (T.E.1 E T.E.4)
- ✓ AREA B: (T.E.2)
- ✓ AREA C: (T.E.3)

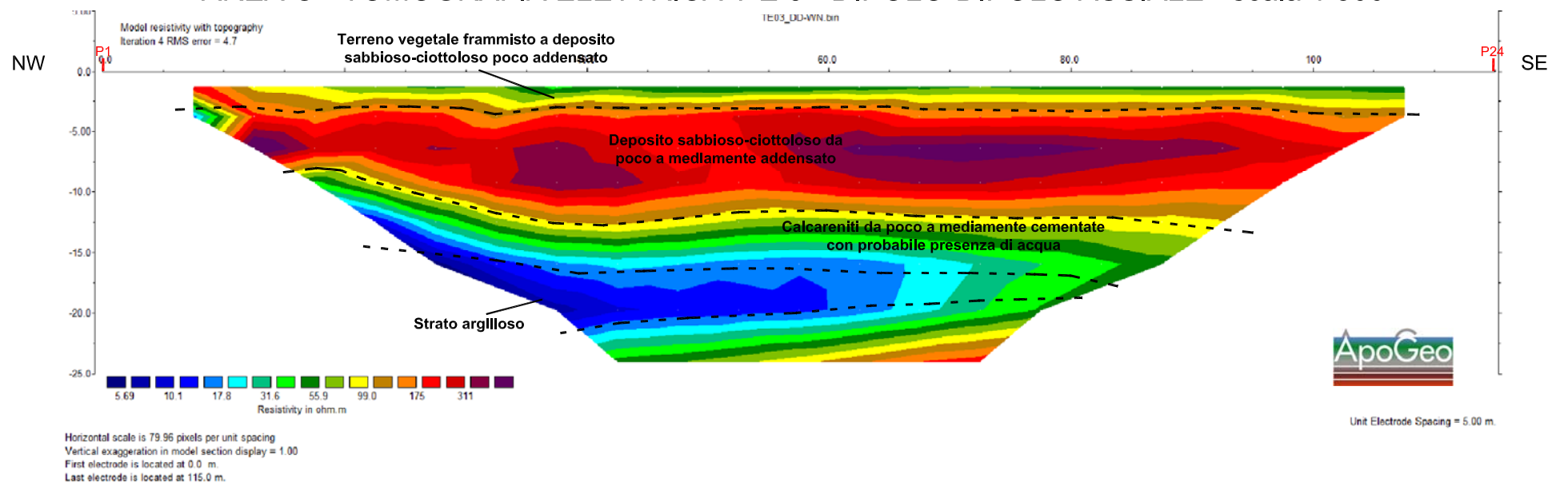
AREA A - TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.1 - DIPOLO-DIPOLO ASSIALE - scala 1:500



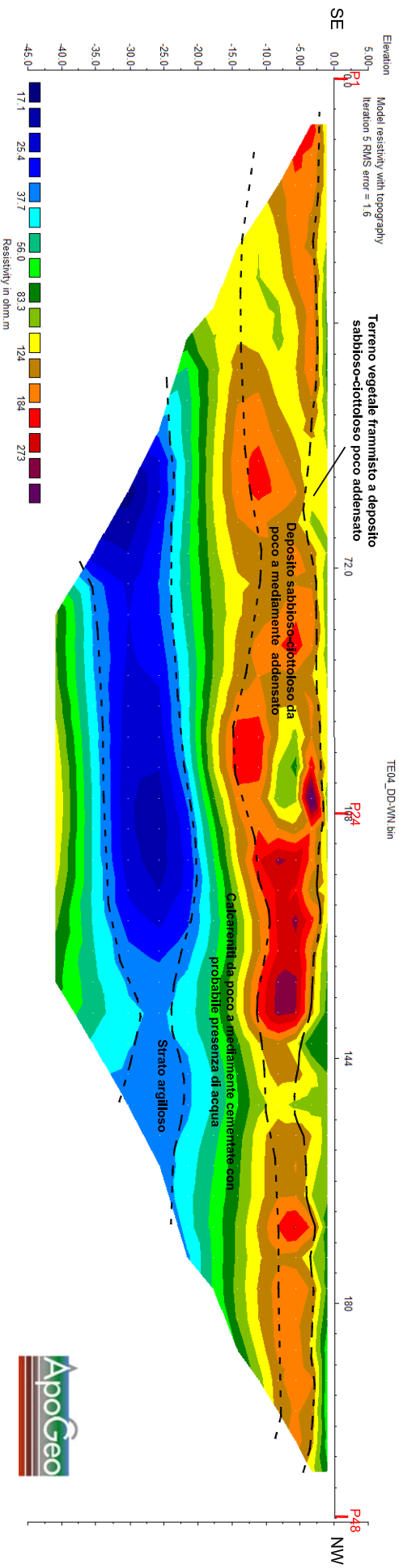
AREA B - TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.2 - DIPOLO-DIPOLO ASSIALE - scala 1:500



AREA C - TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.3 - DIPOLO-DIPOLO ASSIALE - scala 1:500



AREA A - TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.4 - DIPOLO-DIPOLO ASSIALE - scala 1:1000



Horizontal scale is 39.13 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 100
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 211.5 m.





ALLEGATO 3 INDAGINI SISMICHE

- ✓ AREA A: (BS1_RE.MI.1 – BS2_RE.MI.2 – BS5_RE.MI.5)
- ✓ AREA B: (BS3_RE.MI.3 – BS4_RE.MI.4)
- ✓ AREA C: (BS6_RE.MI.6 – BS7_RE.MI.7)



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 1 – BS1

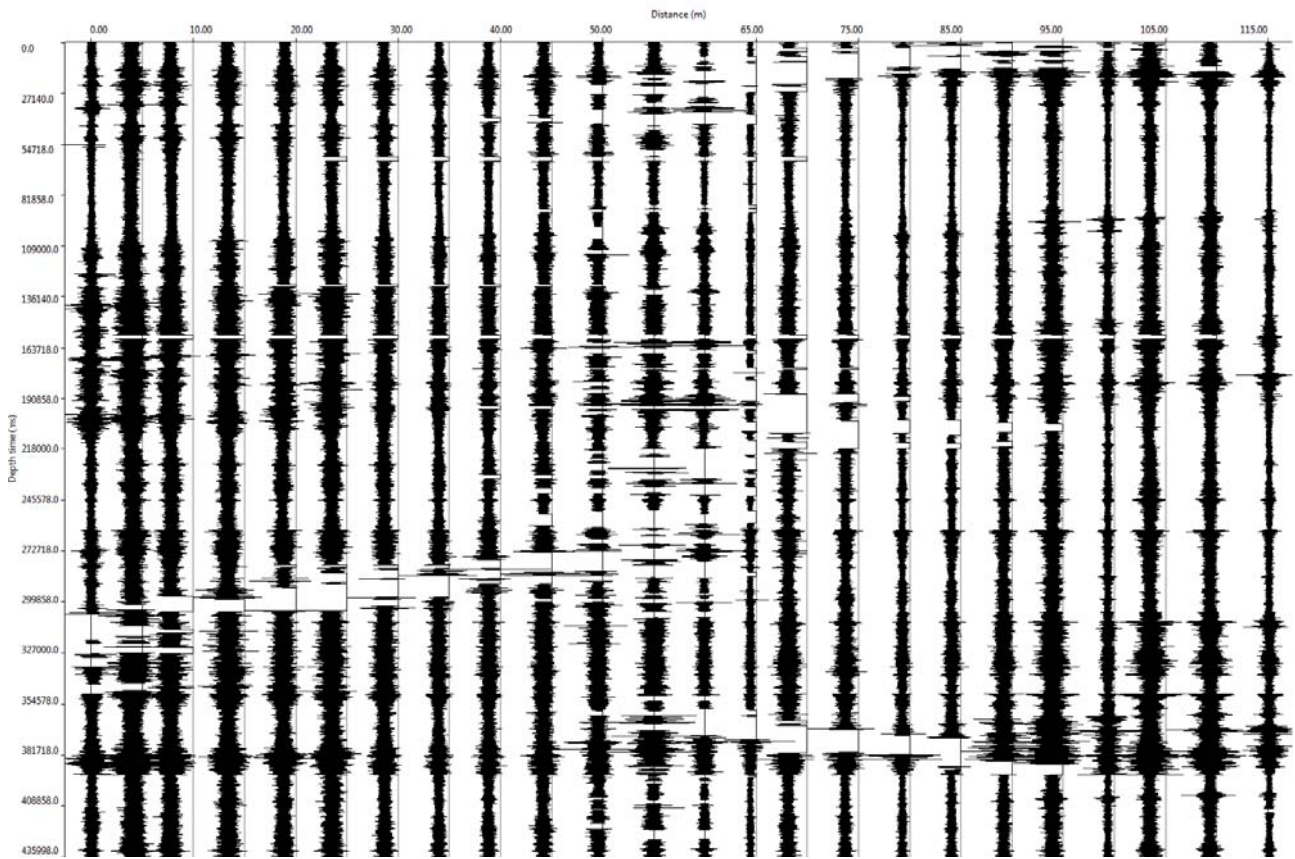
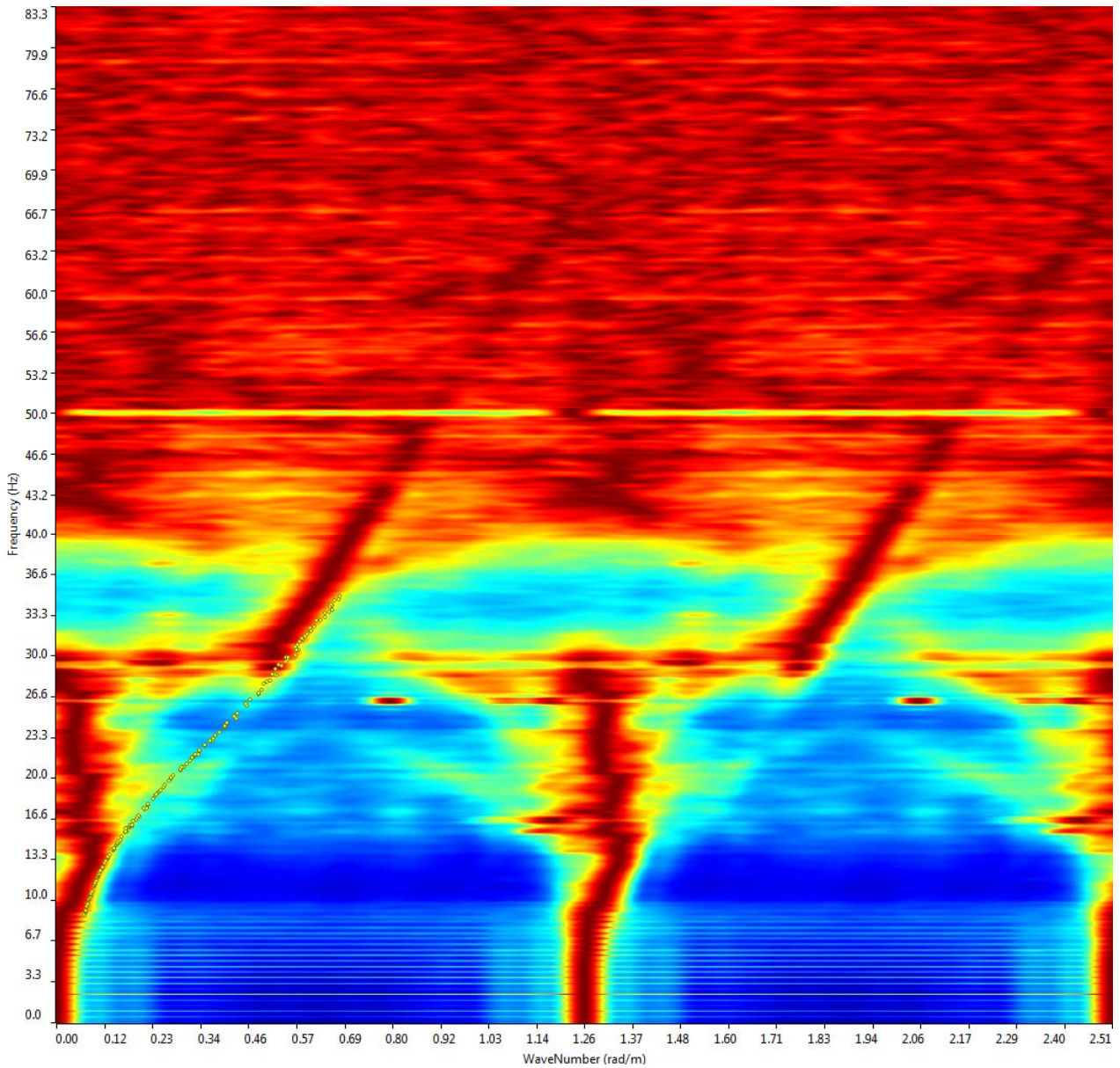
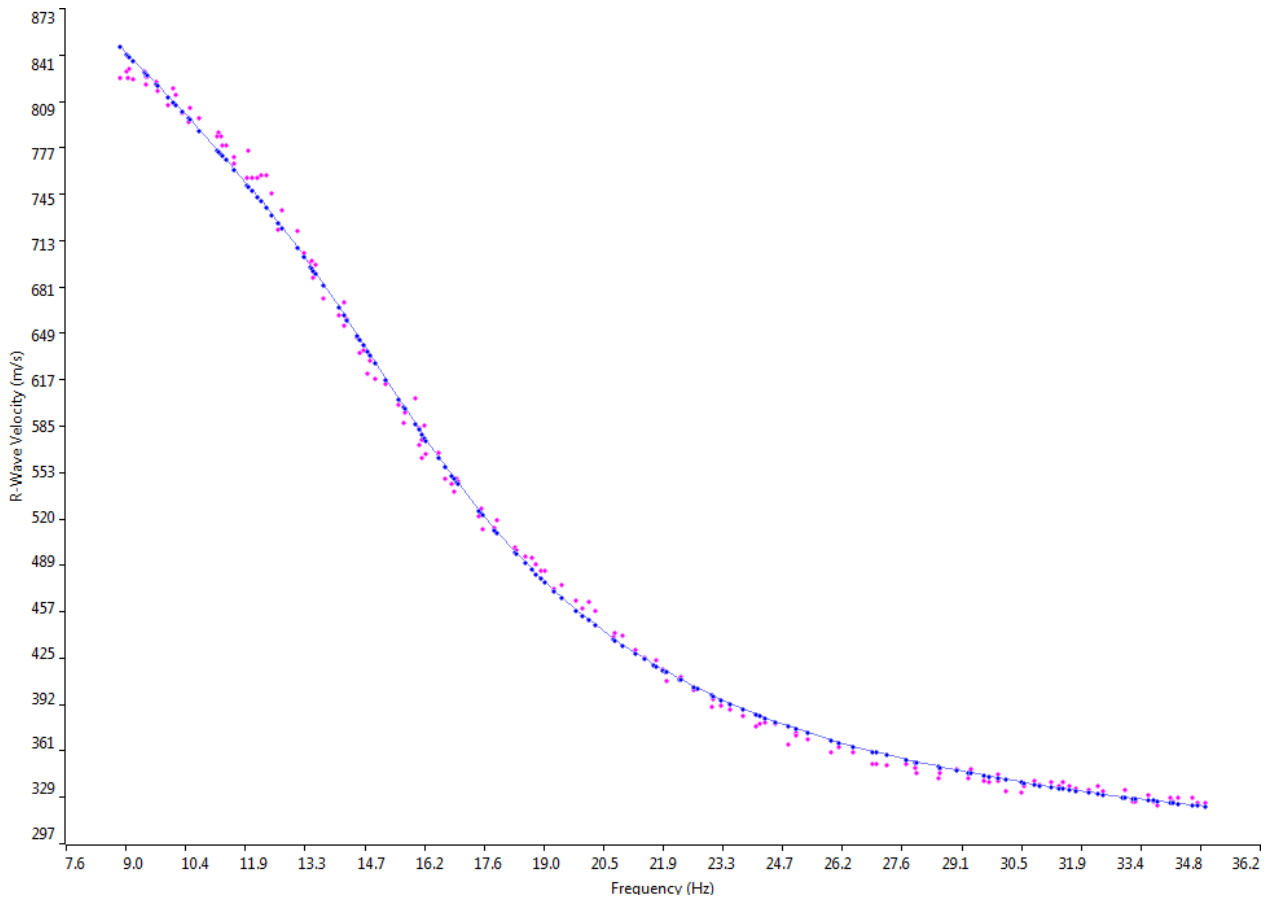


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1 – BS1



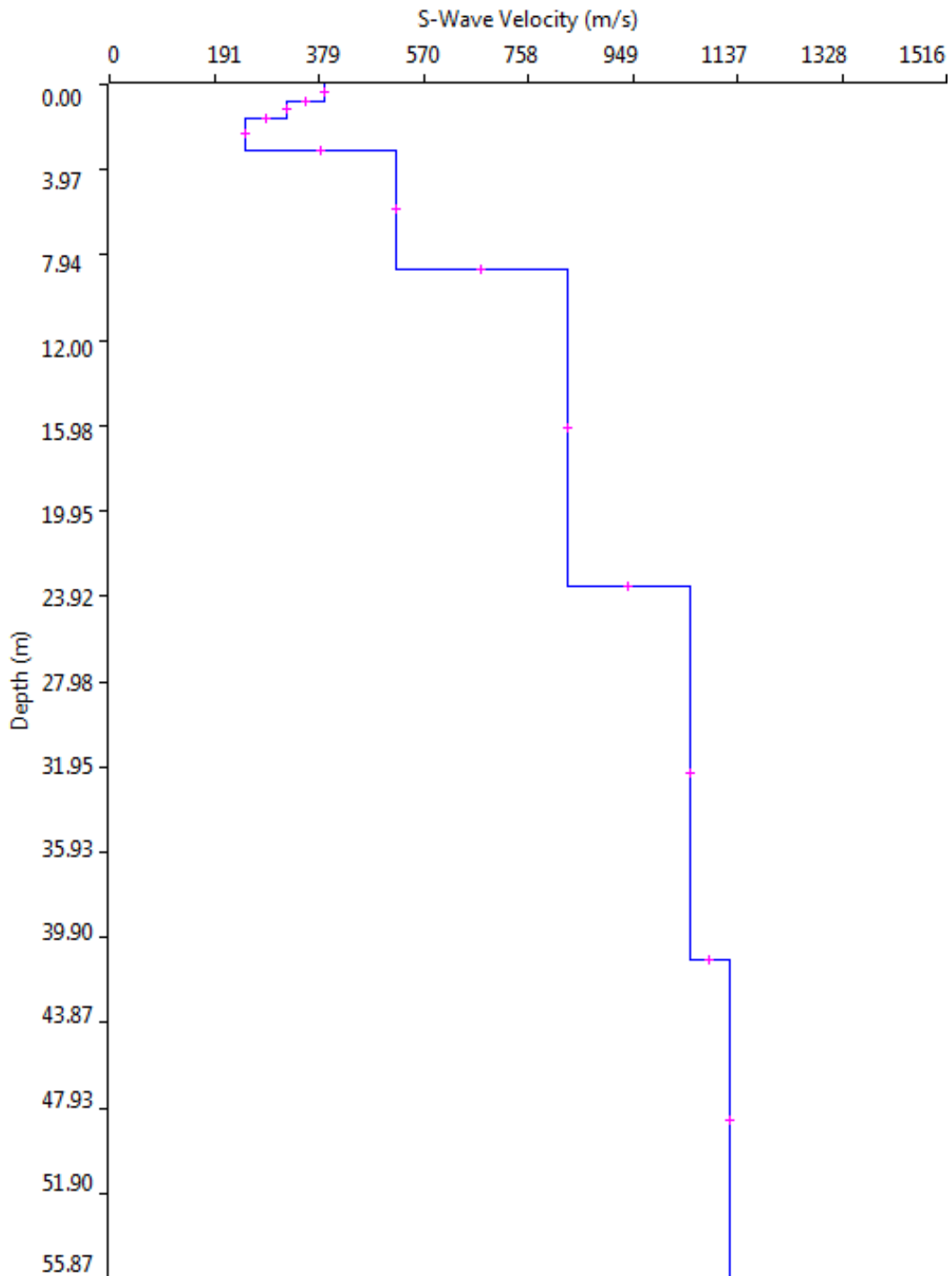


CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1 – BS1





PROFILO Vs – RE. MI. 1 – BS1



Vs30 = 659 m/s a partire dal piano d'indagine



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 2 – BS2

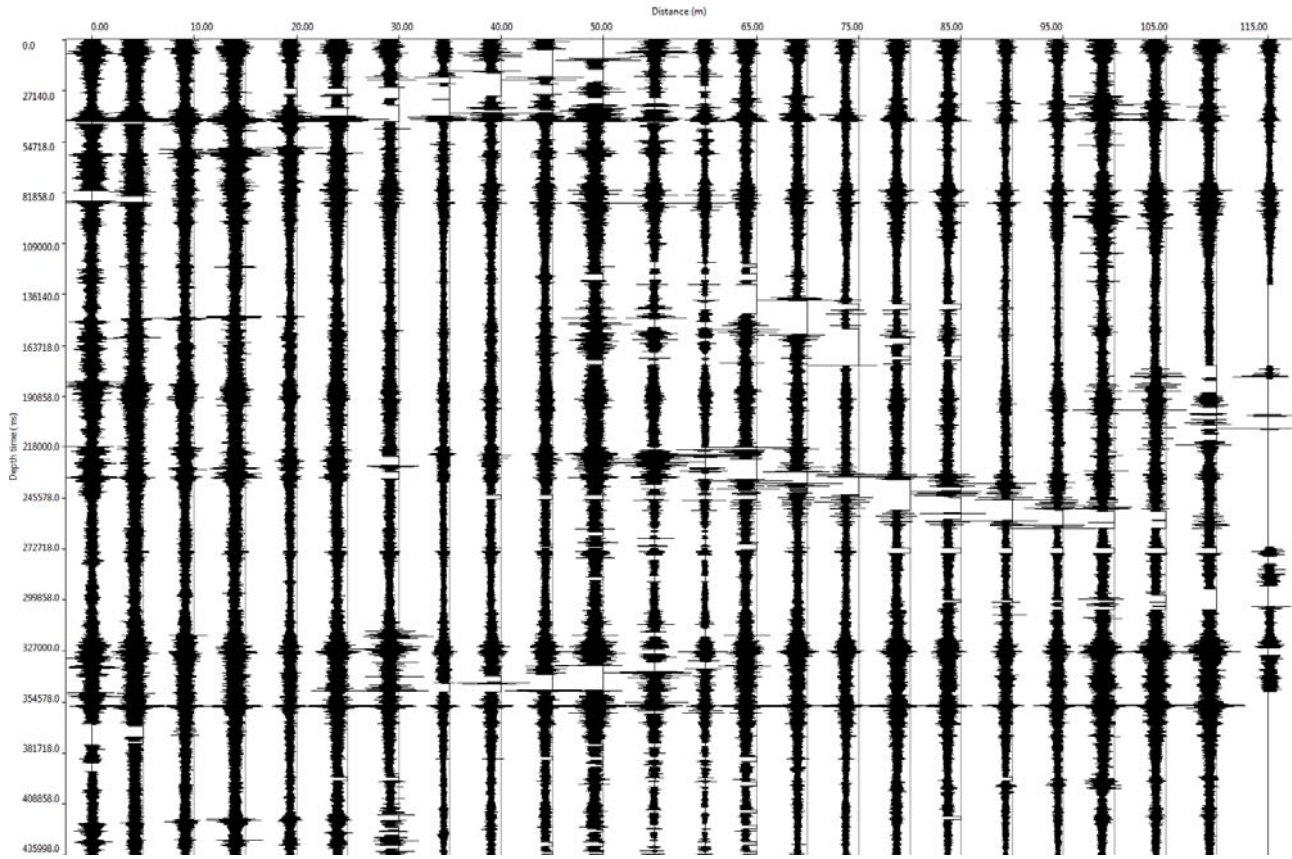
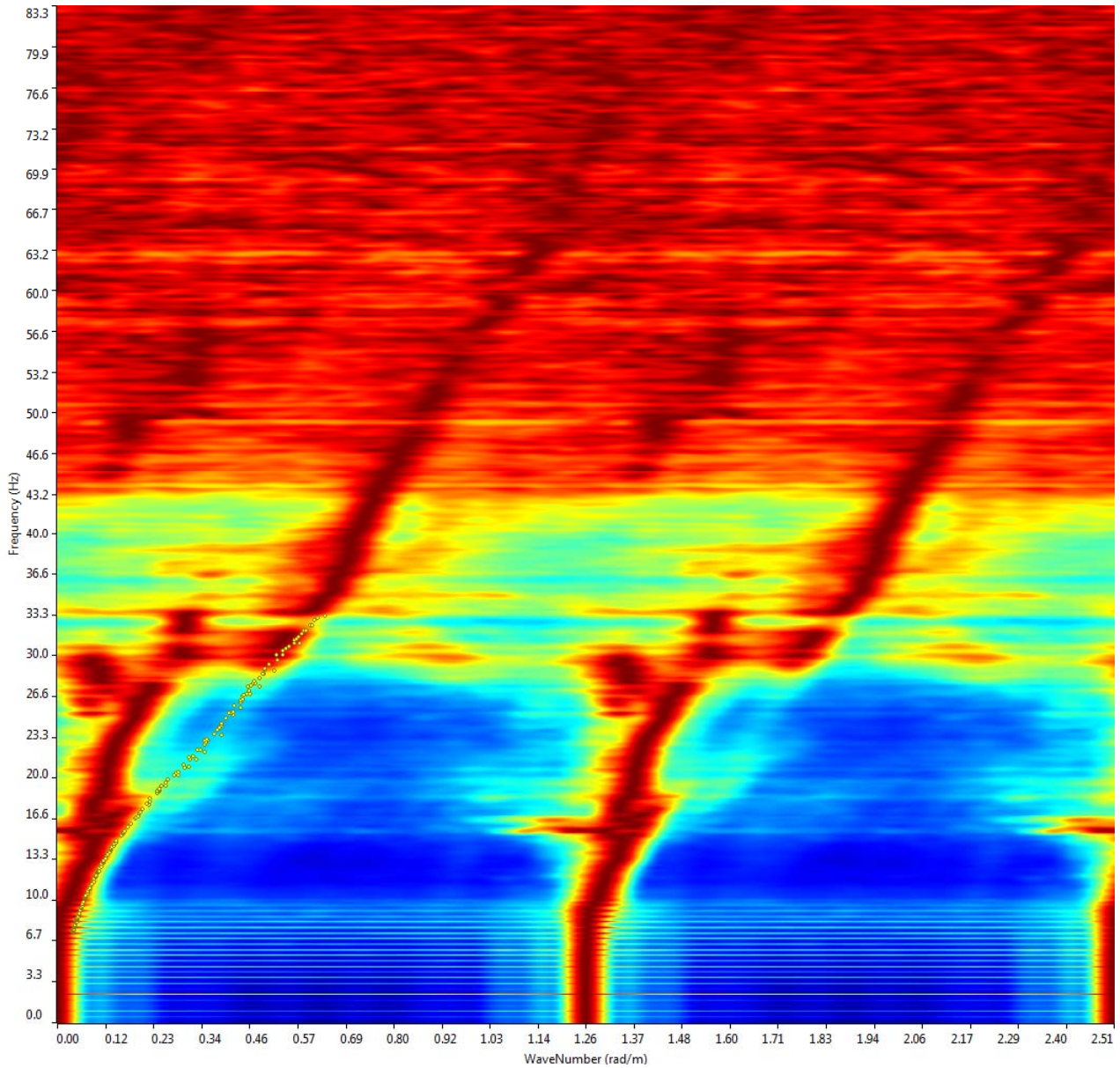
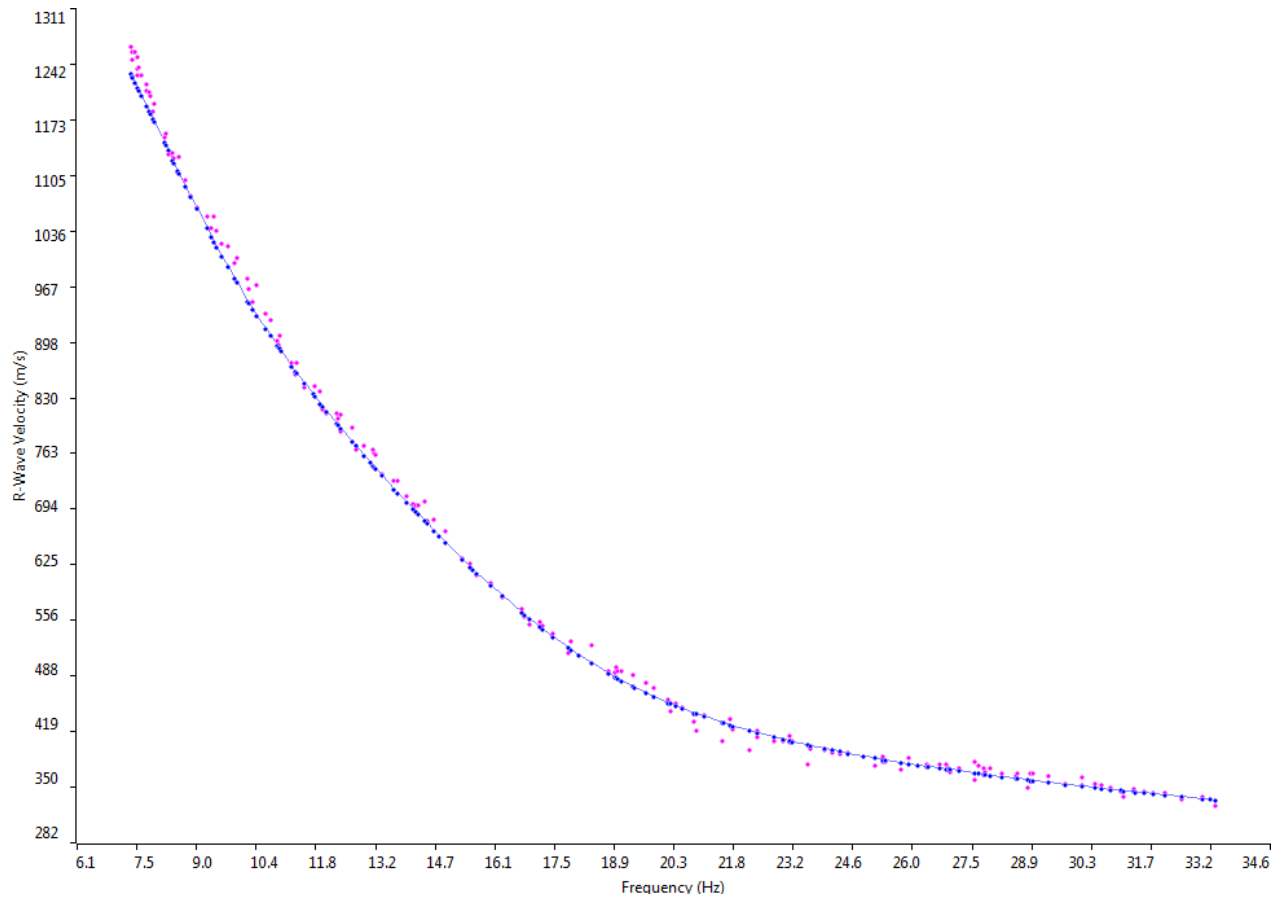


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 2 – BS2



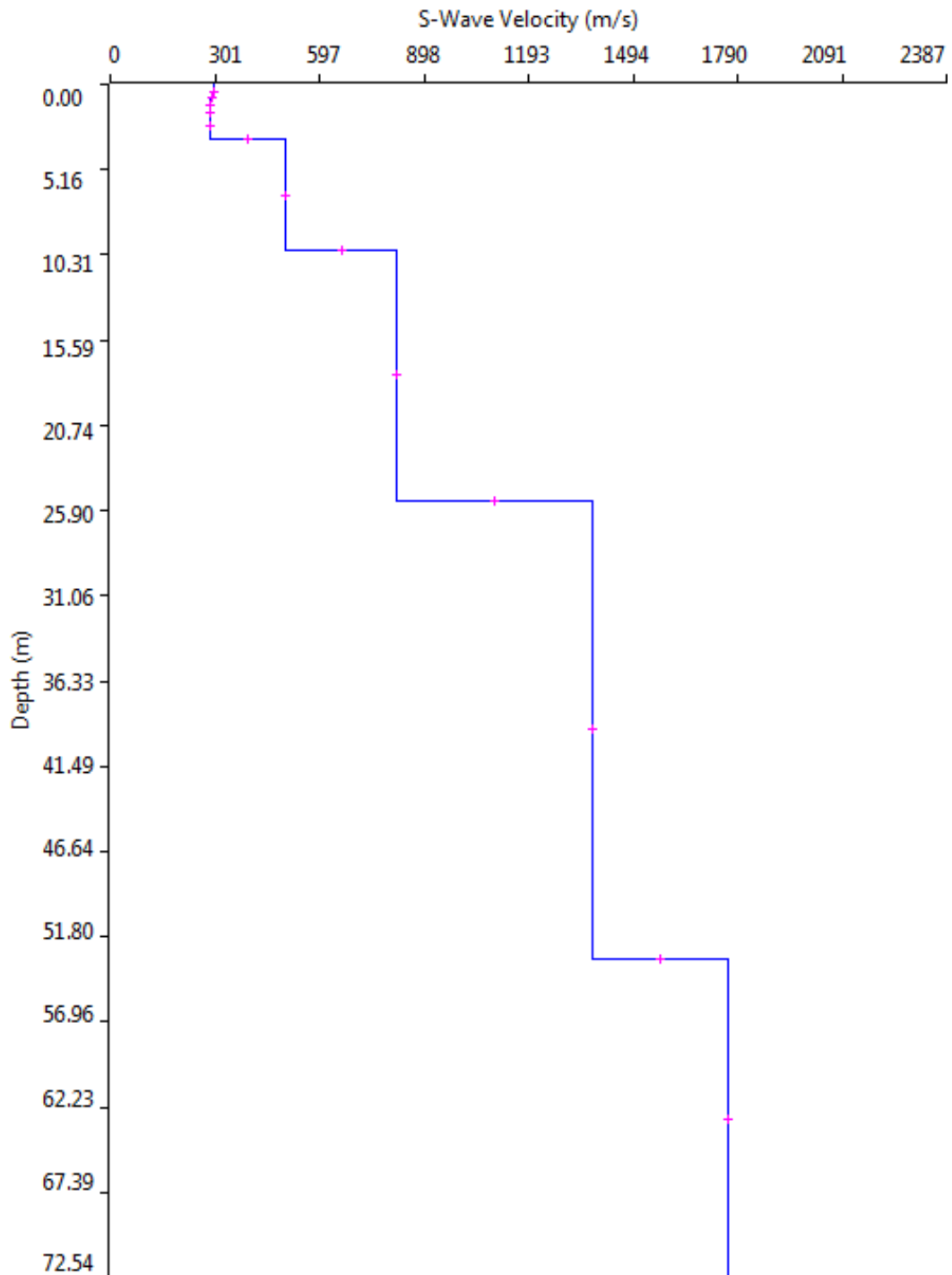


CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 2 – BS2





PROFILO Vs – RE. MI. 2 – BS2



Vs30 = 636 m/s a partire dal piano d'indagine



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 3 – BS3

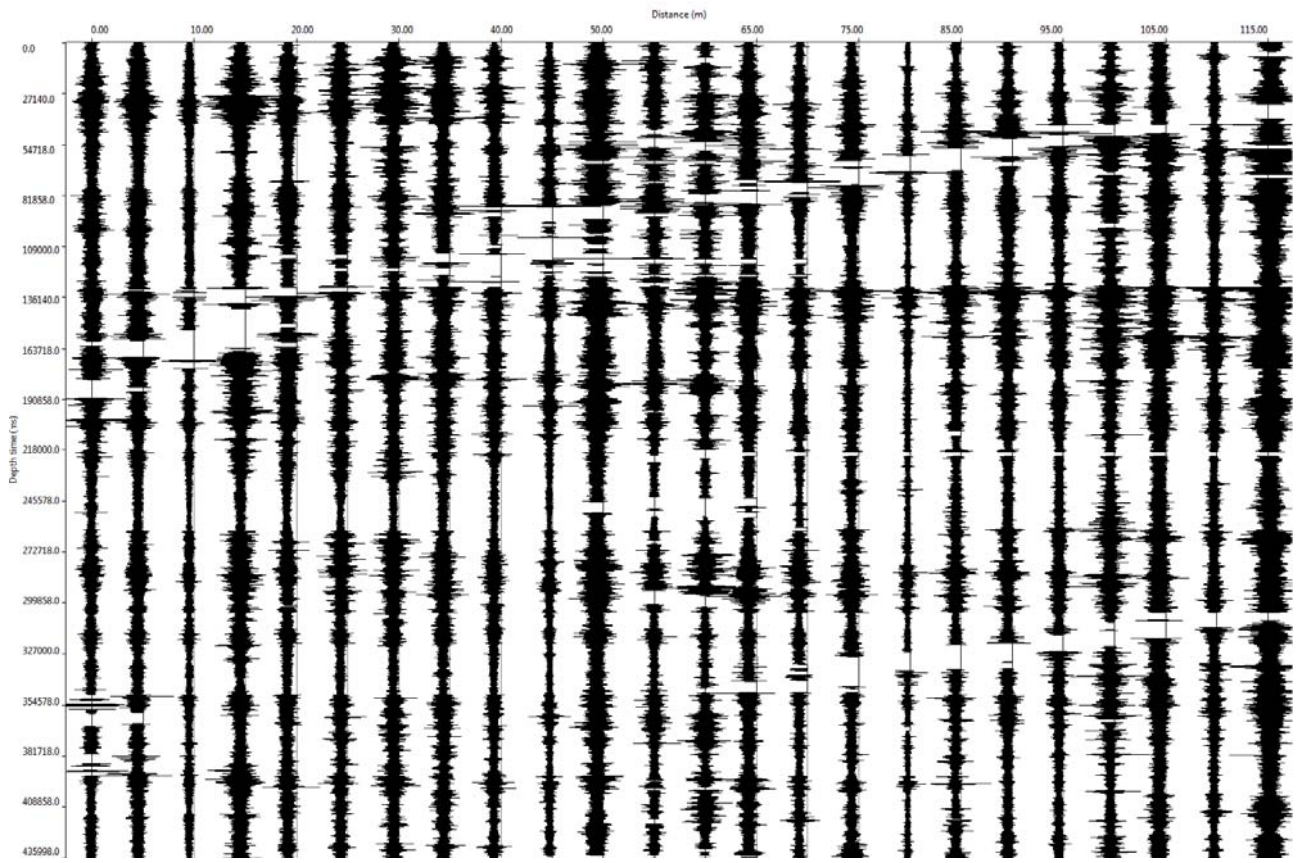
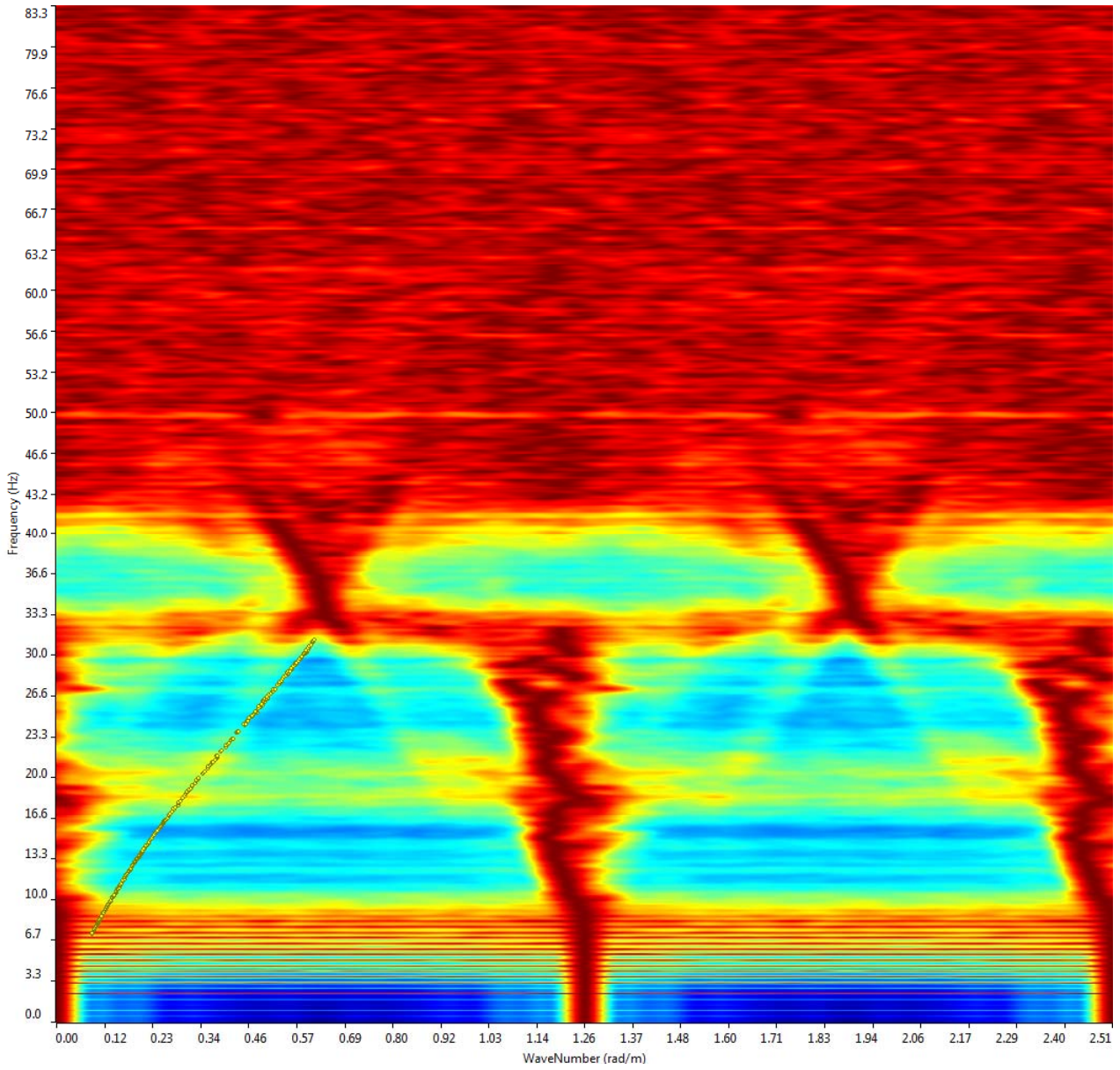
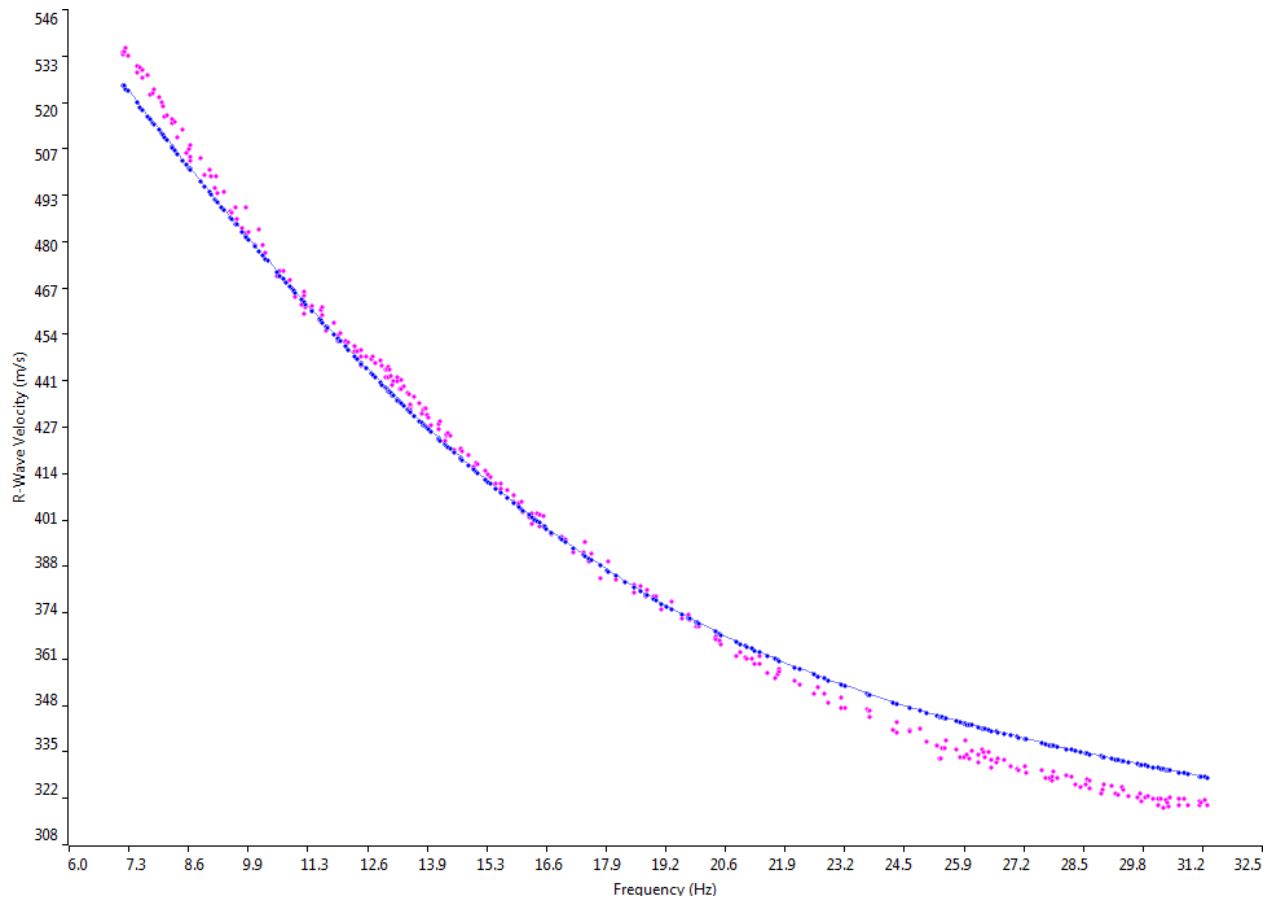


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 3 – BS3



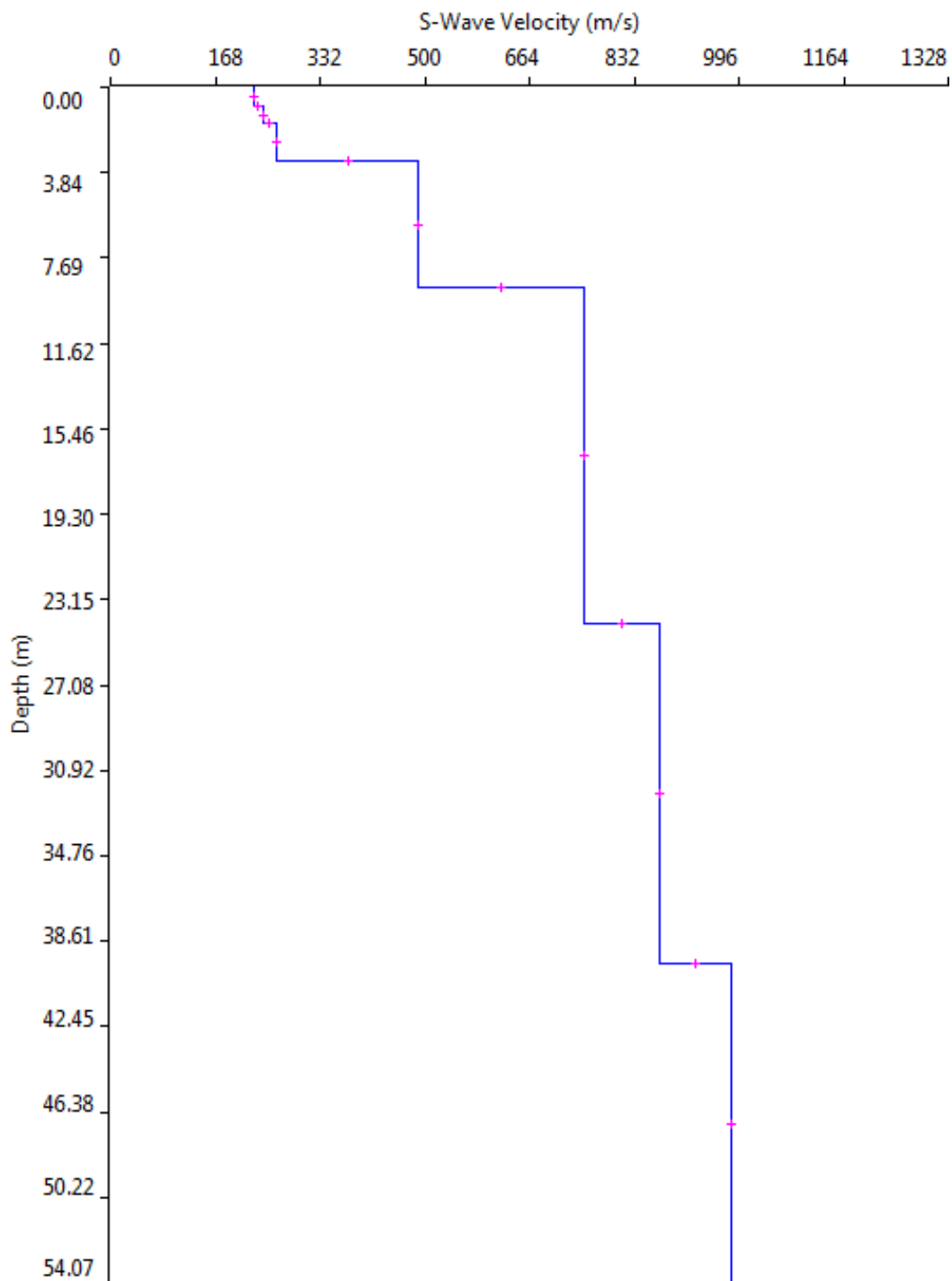


CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 3 – BS3





PROFILO Vs – RE. MI. 3 – BS3



Vs30 = 576 m/s a partire dal piano d'indagine



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 4 – BS4

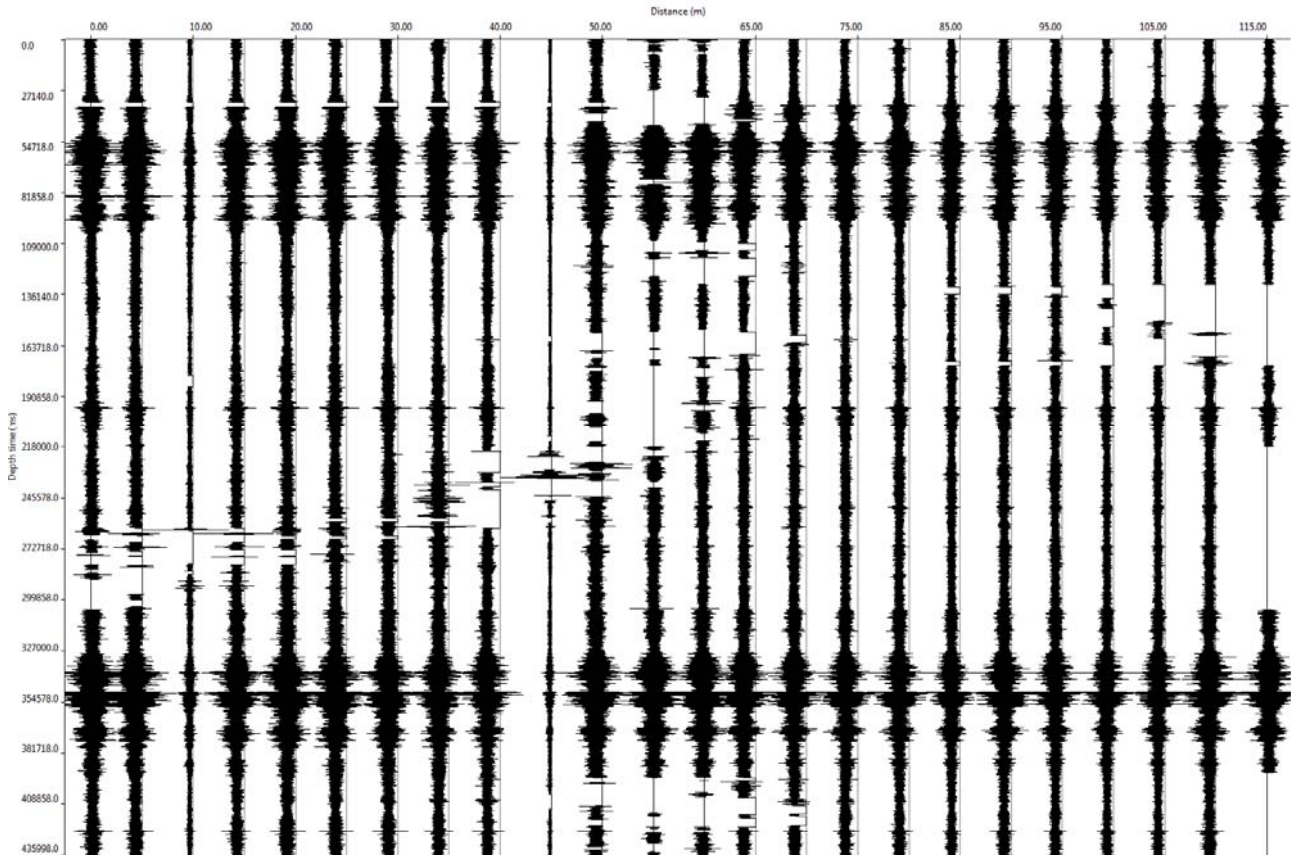
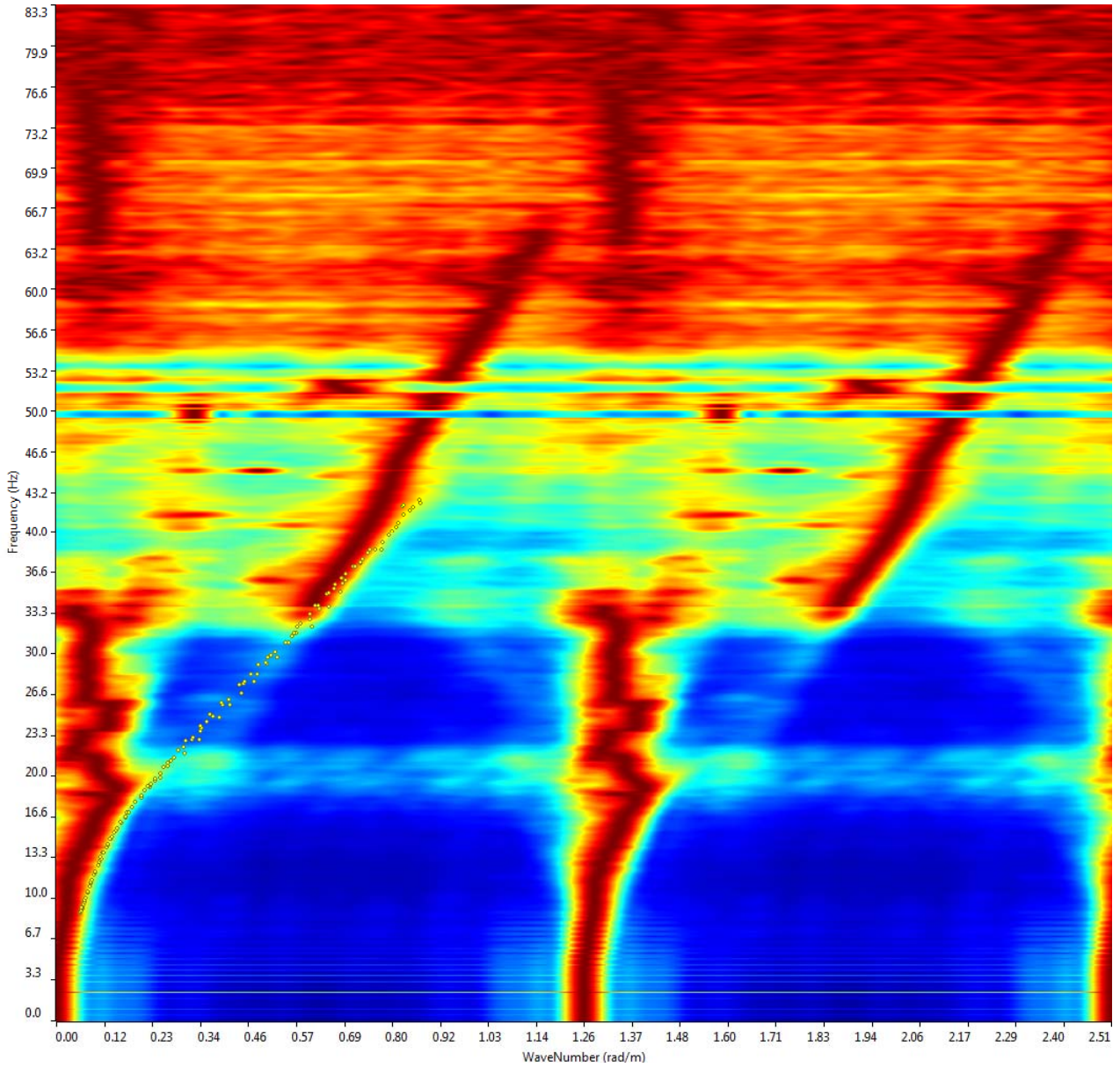
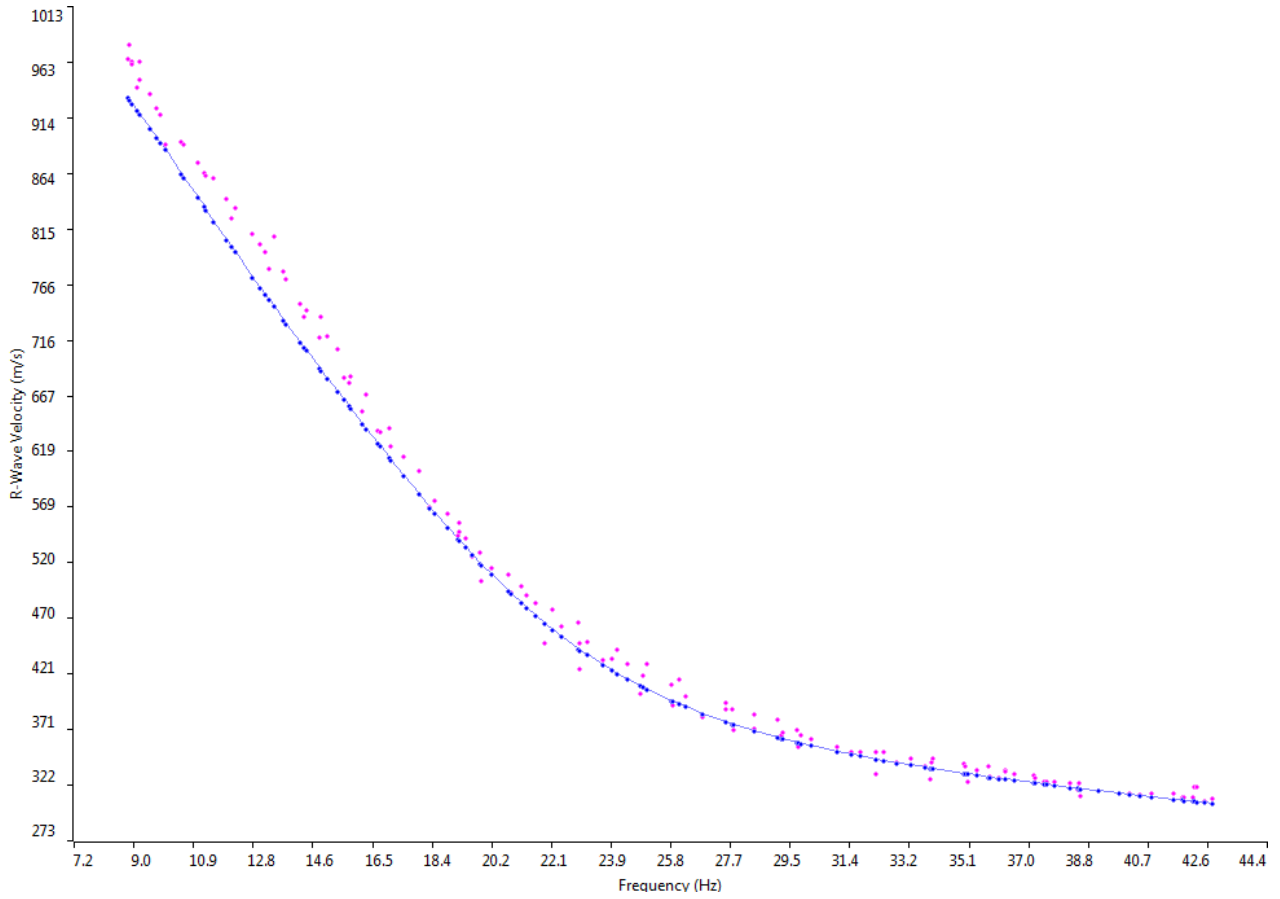


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 4 – BS4

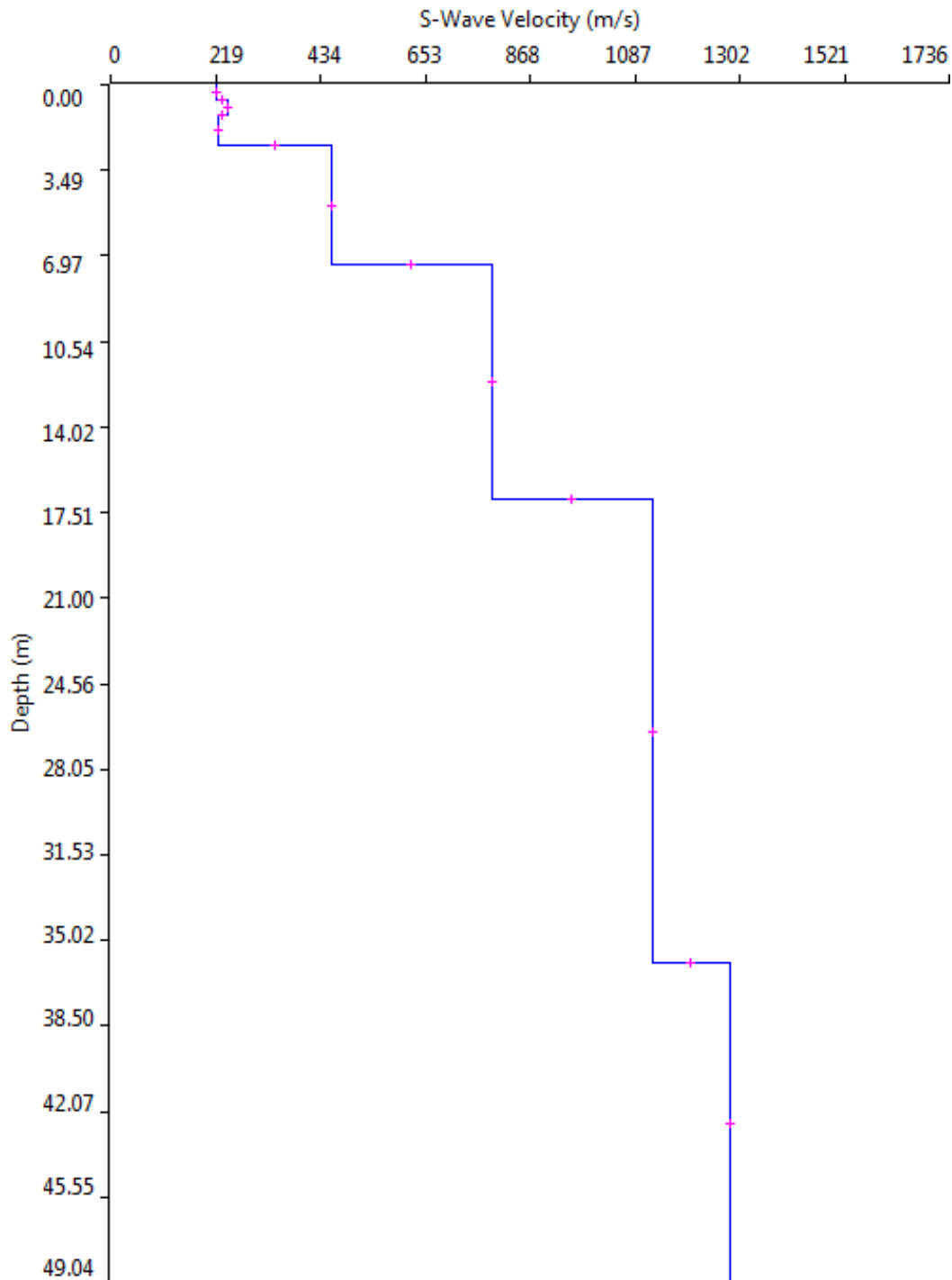




CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 4 – BS4



PROFILO Vs – RE. MI. 4 – BS4



Vs30 = 665 m/s a partire dal piano d'indagine



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 5 – BS5

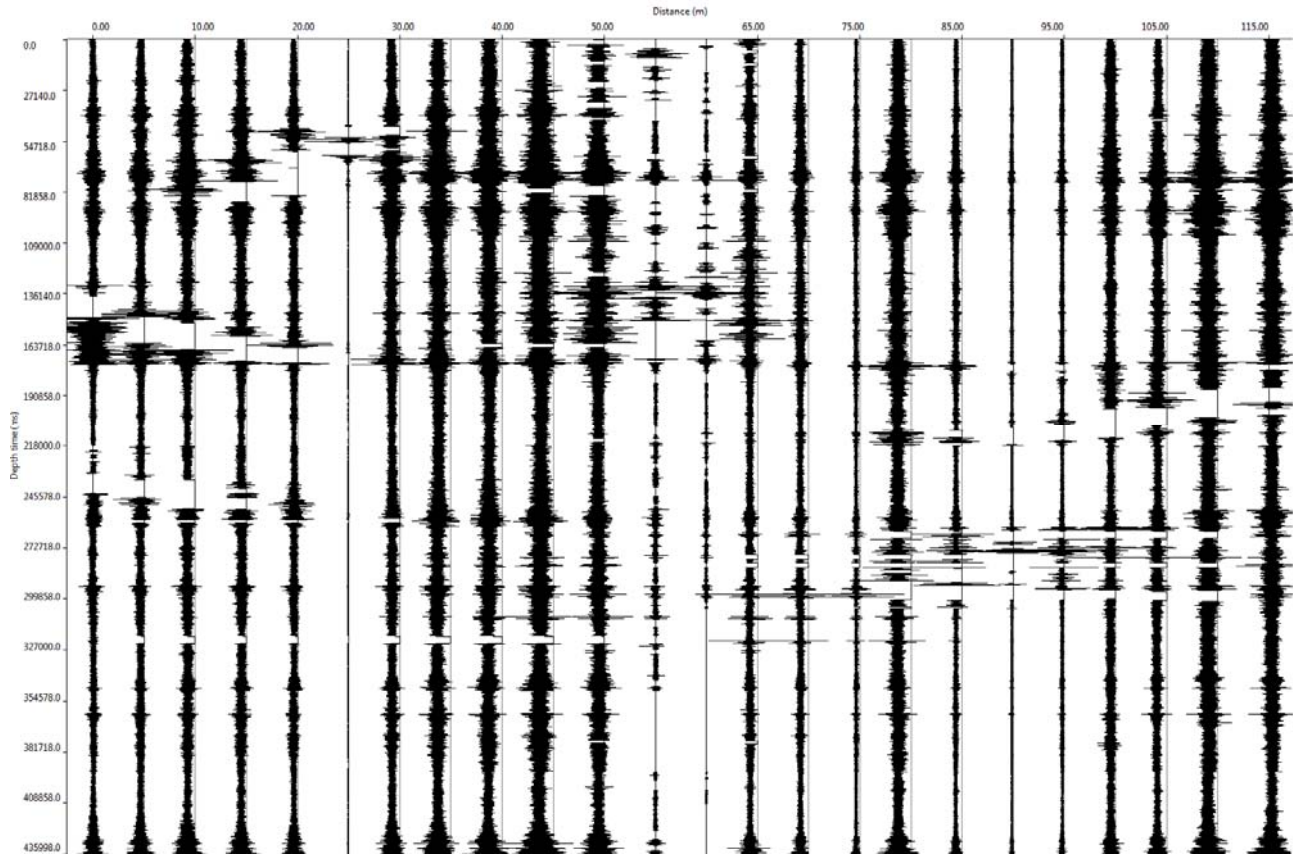
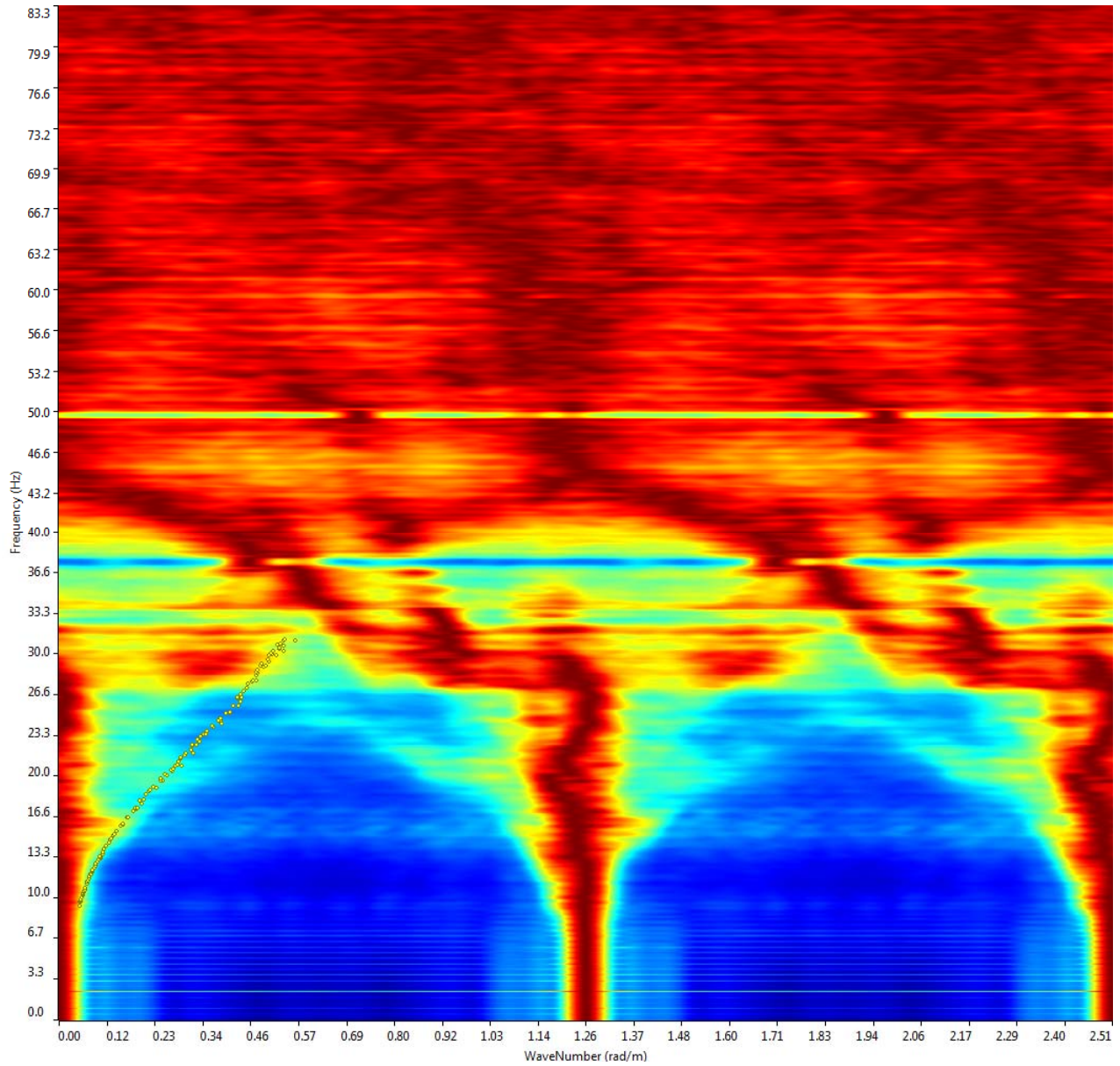
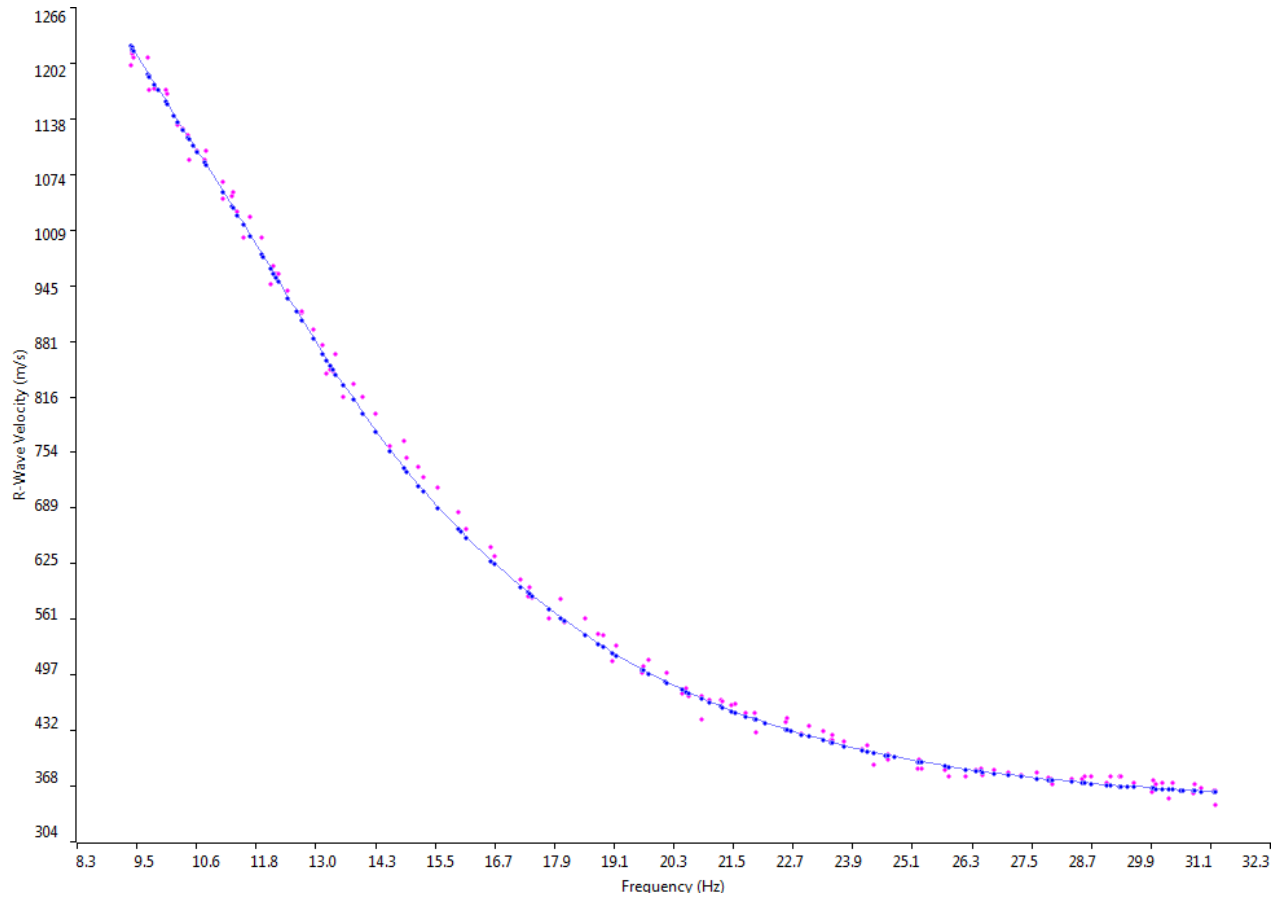


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 5 – BS5

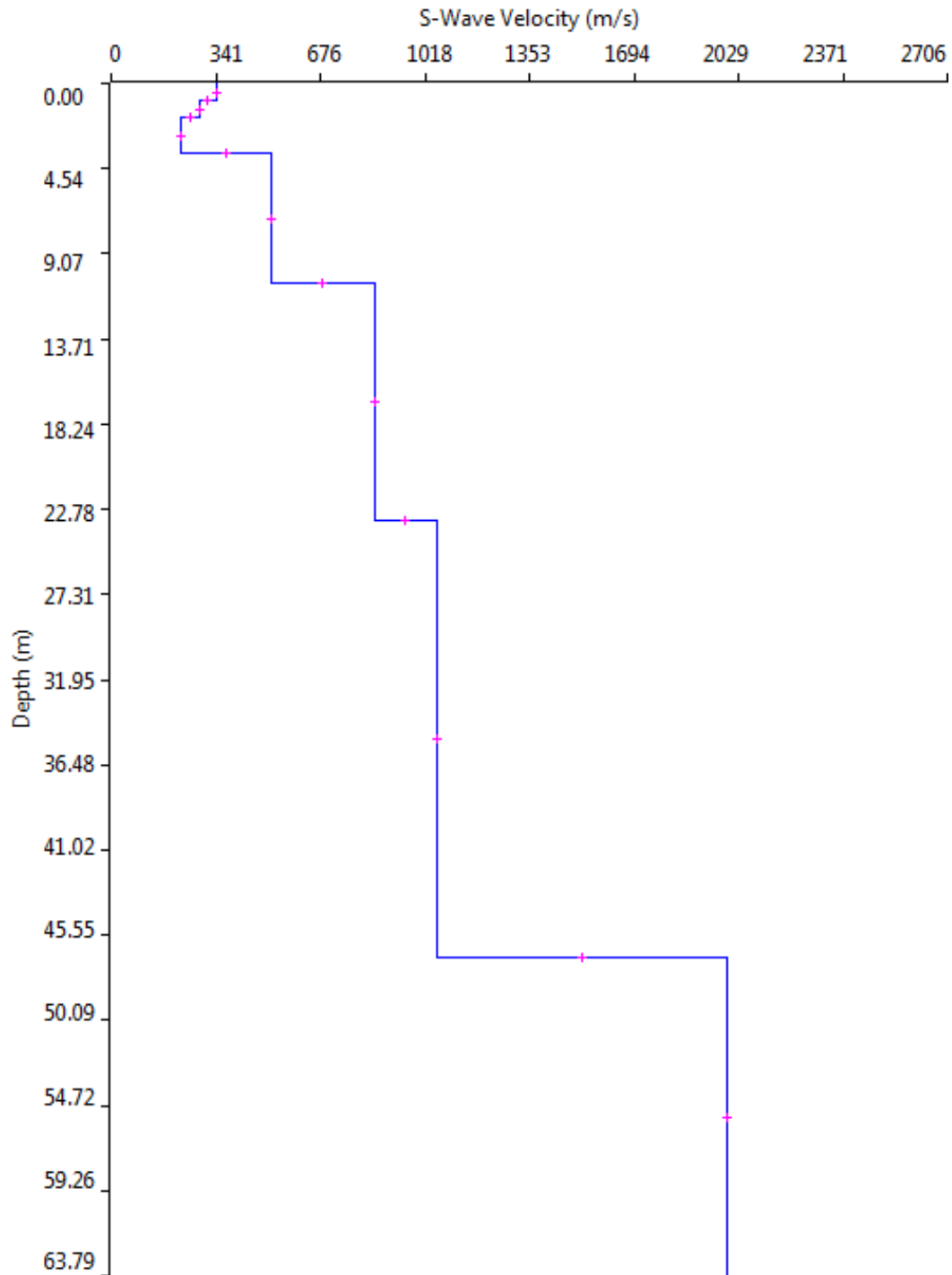


CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 5 – BS5





PROFILO Vs – RE. MI. 5 – BS5



Vs30 = 614 m/s a partire dal piano d'indagine



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 6 – BS6

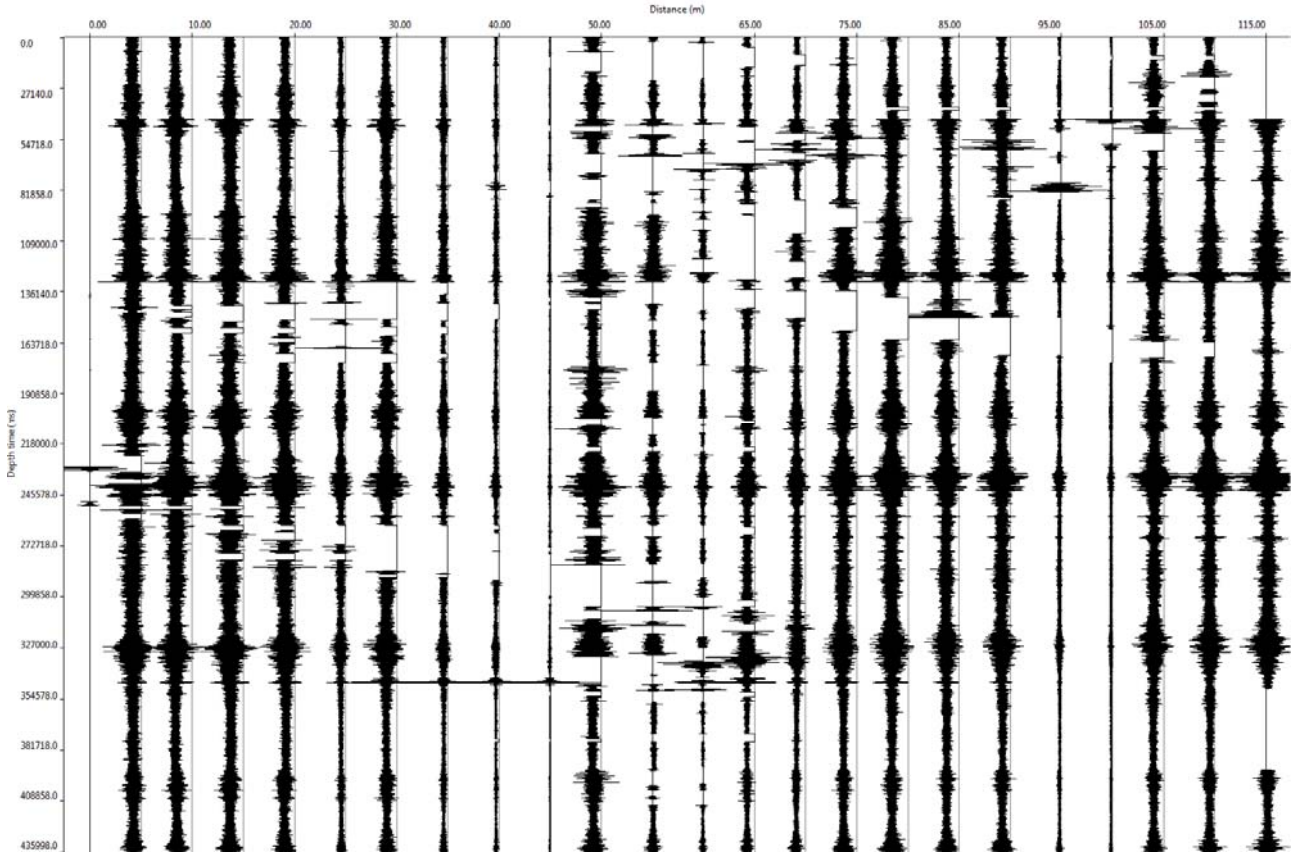
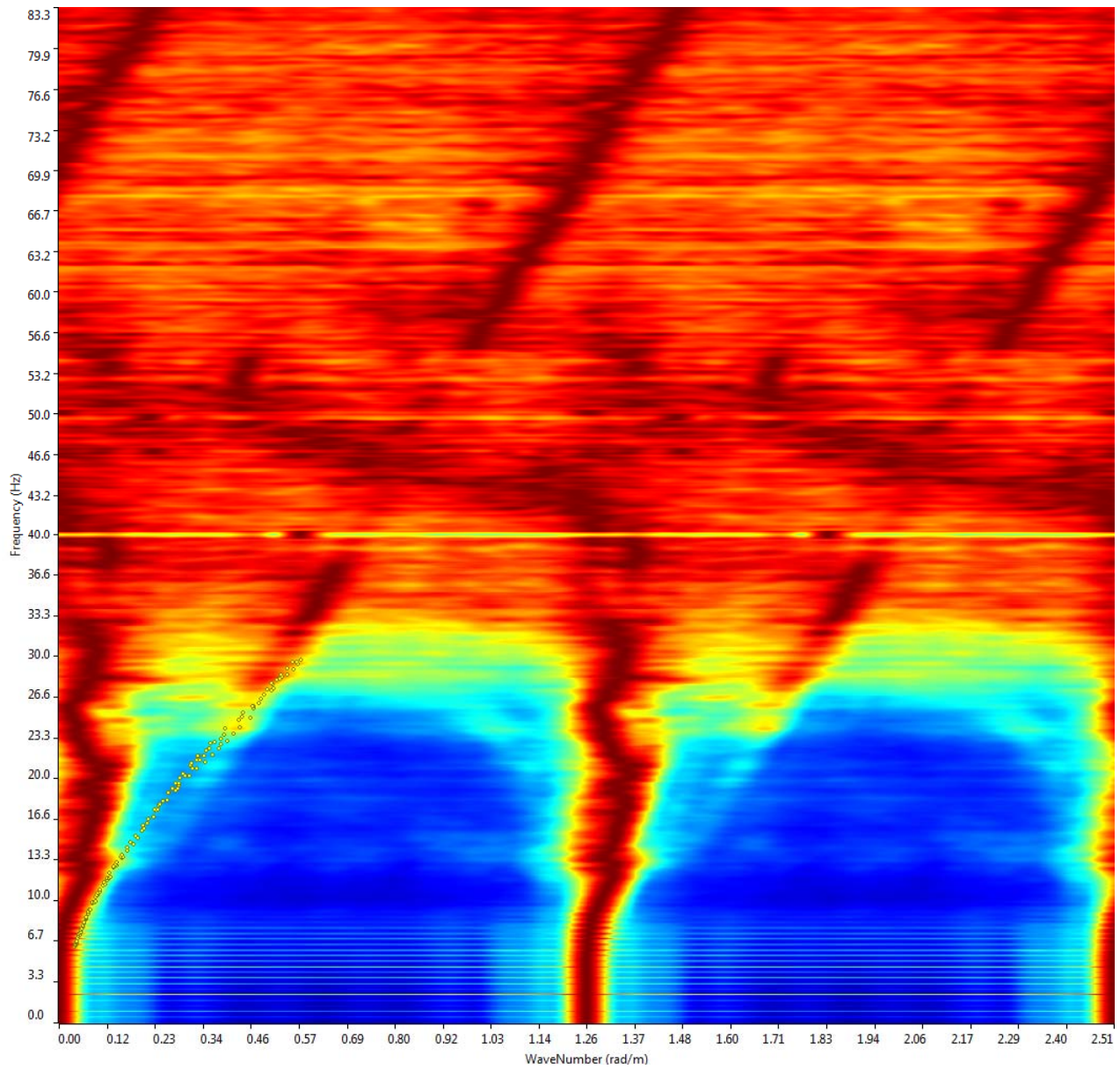
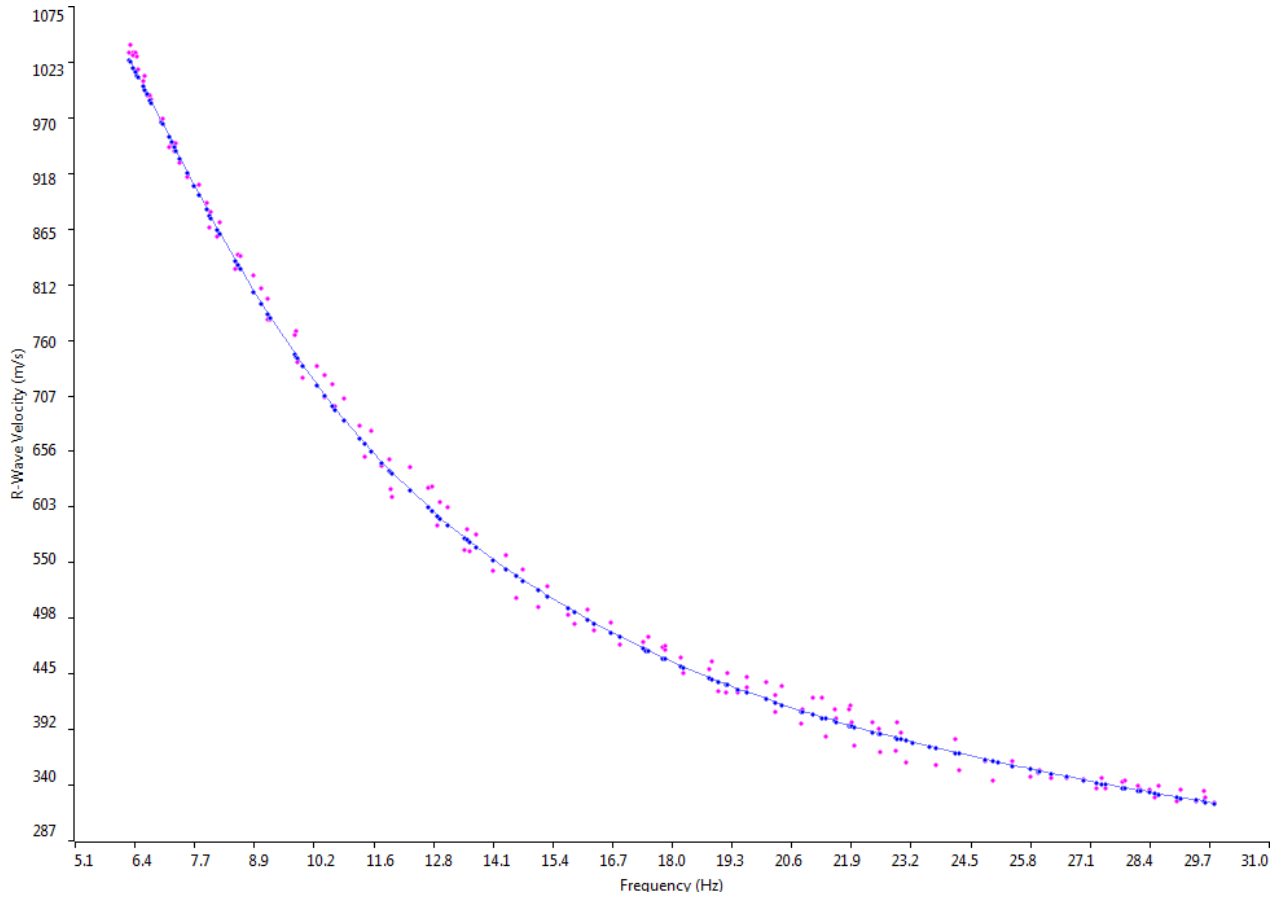


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 6 – BS6



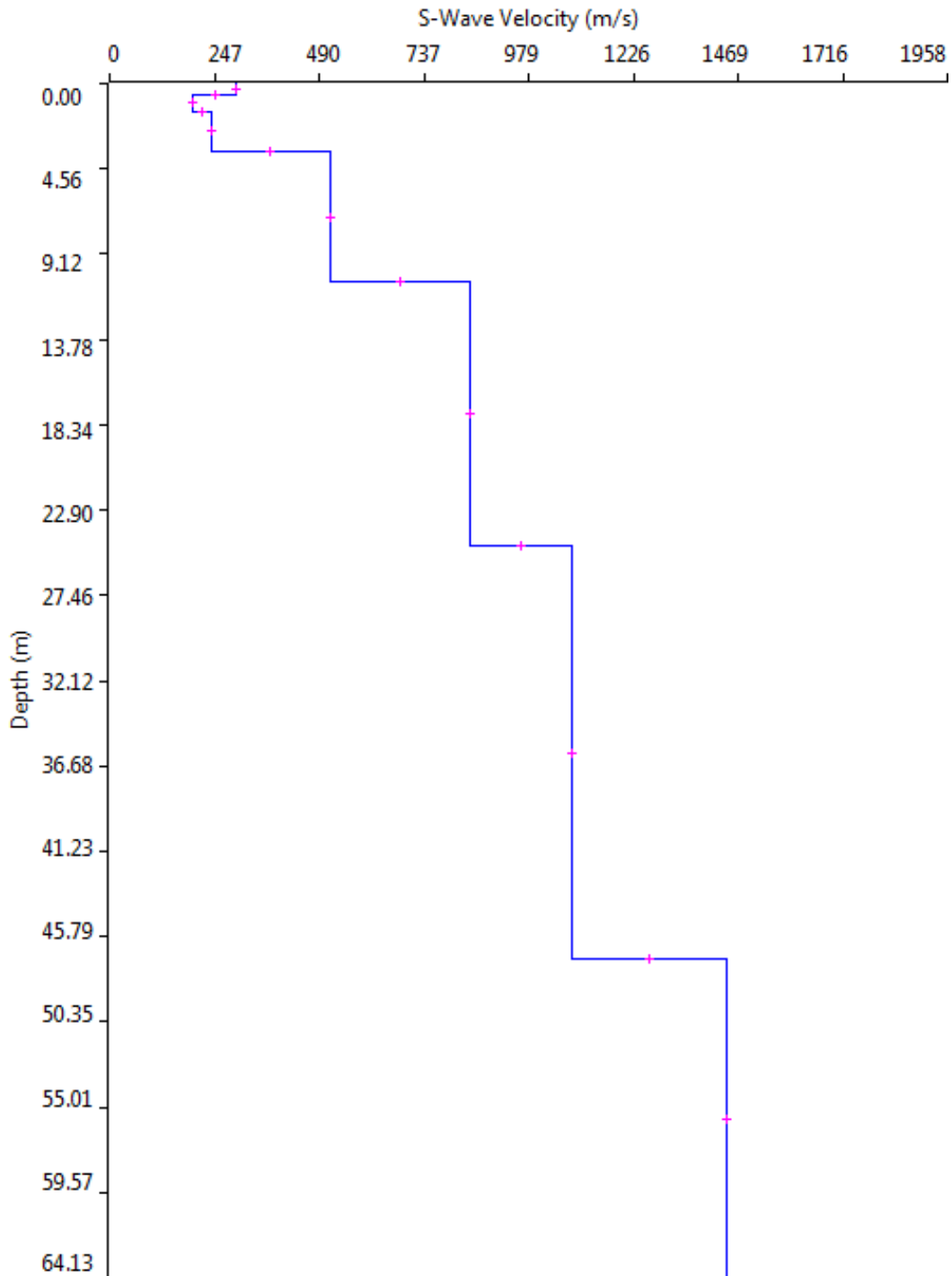


CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 6 – BS6





PROFILO Vs – RE. MI. 6 – BS6



Vs30 = 586 m/s a partire dal piano d'indagine



SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 7 – BS7

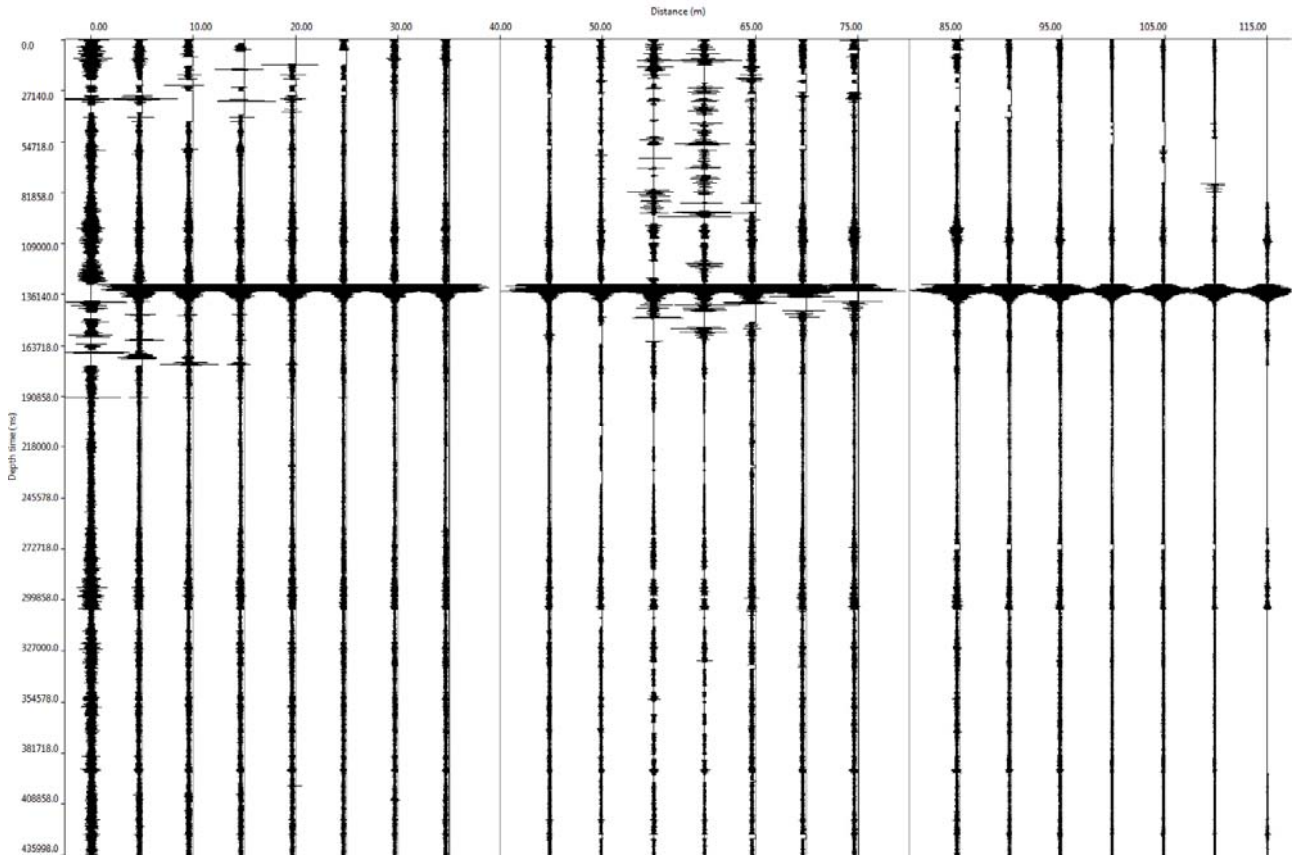
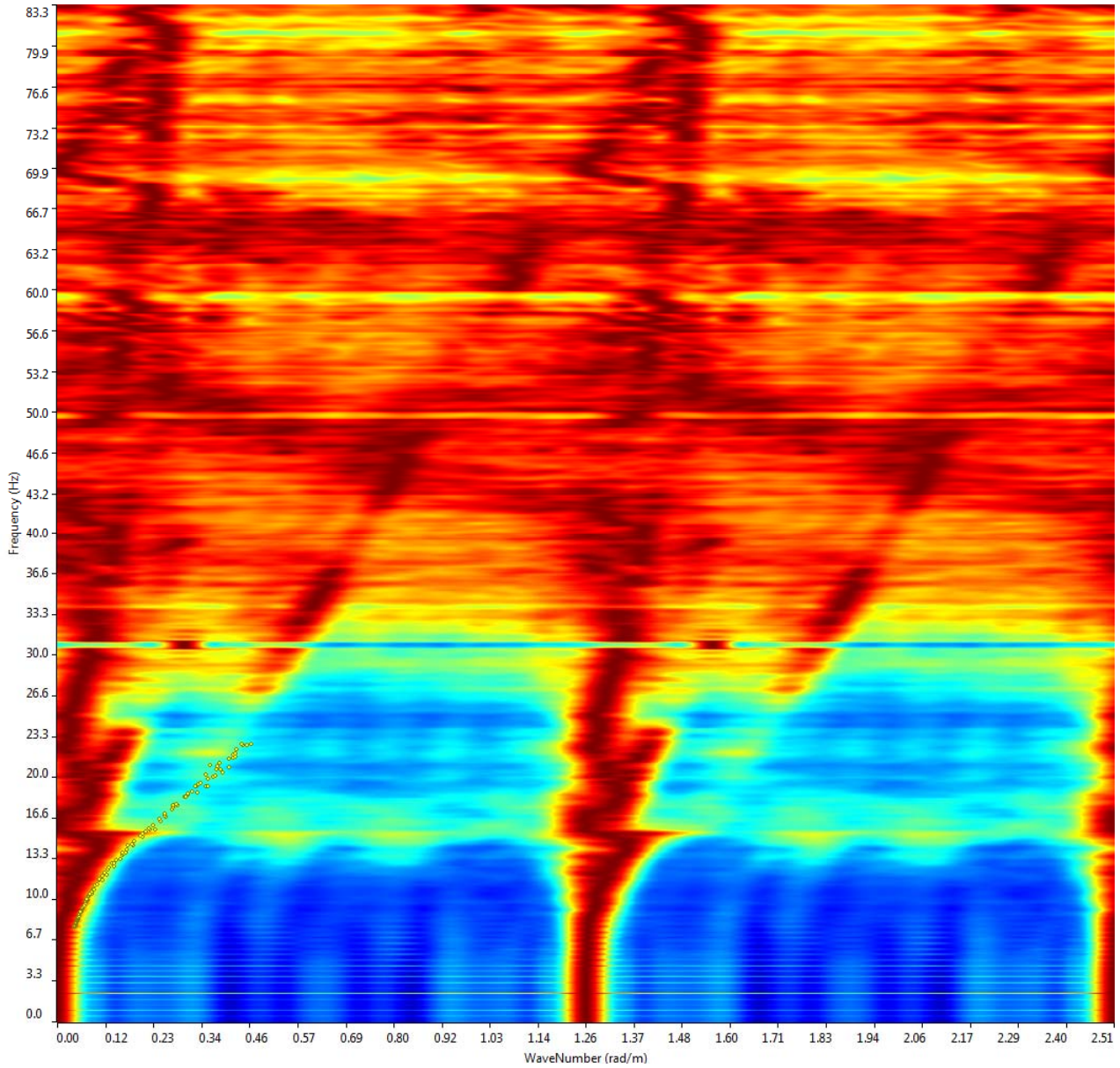


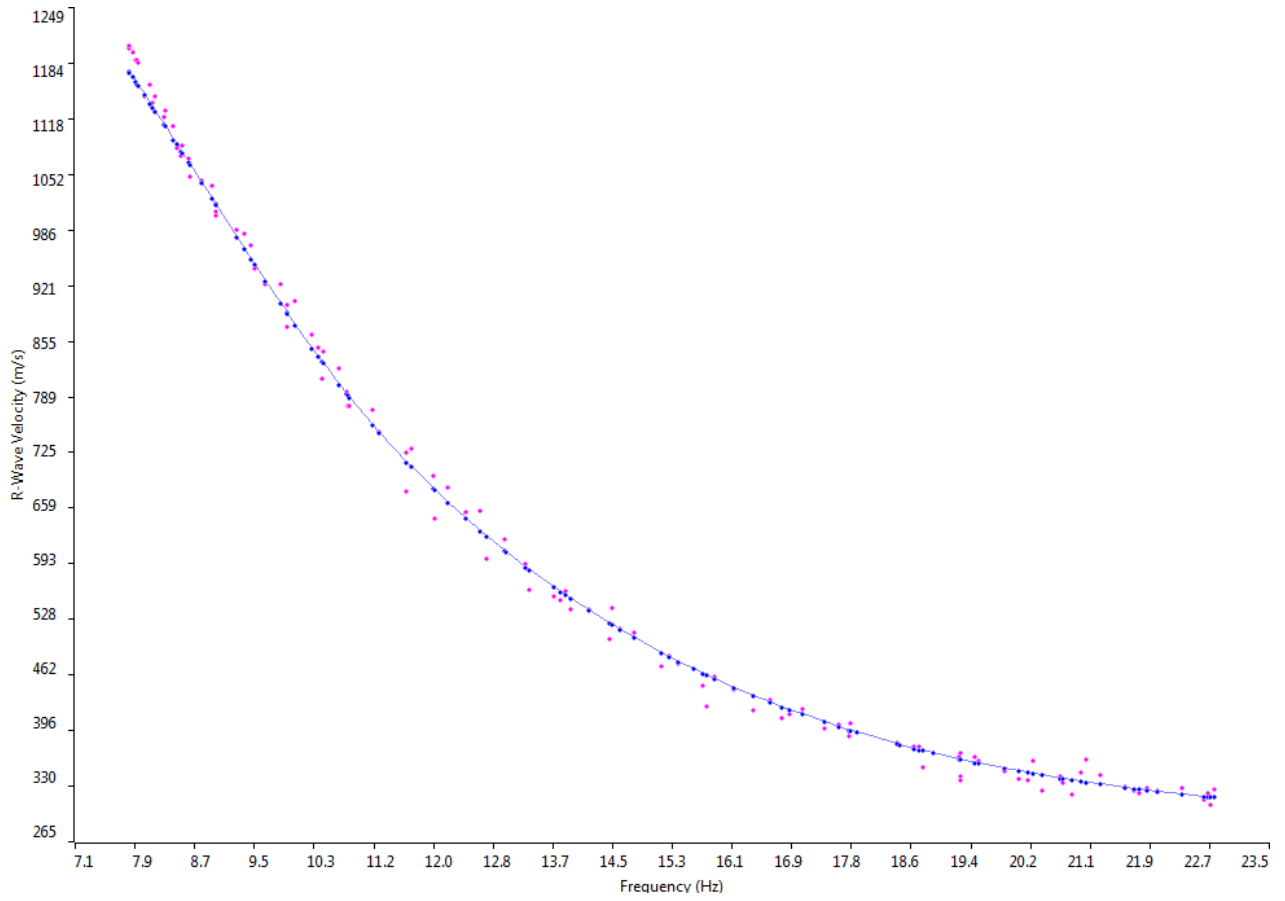


GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA
CURVA DI DISPERSIONE - RE. MI. 7 - BS7

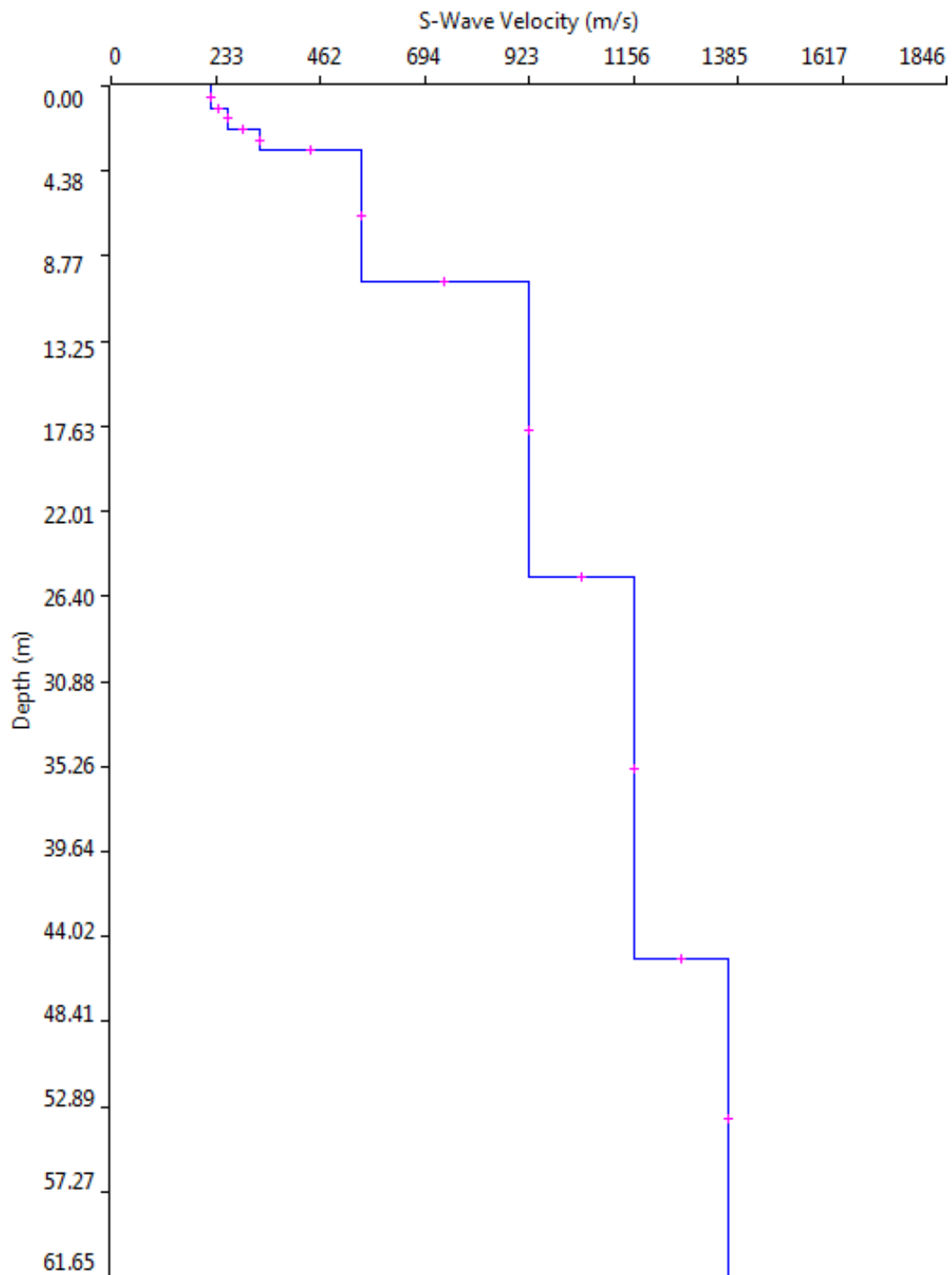




CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 7 – BS7

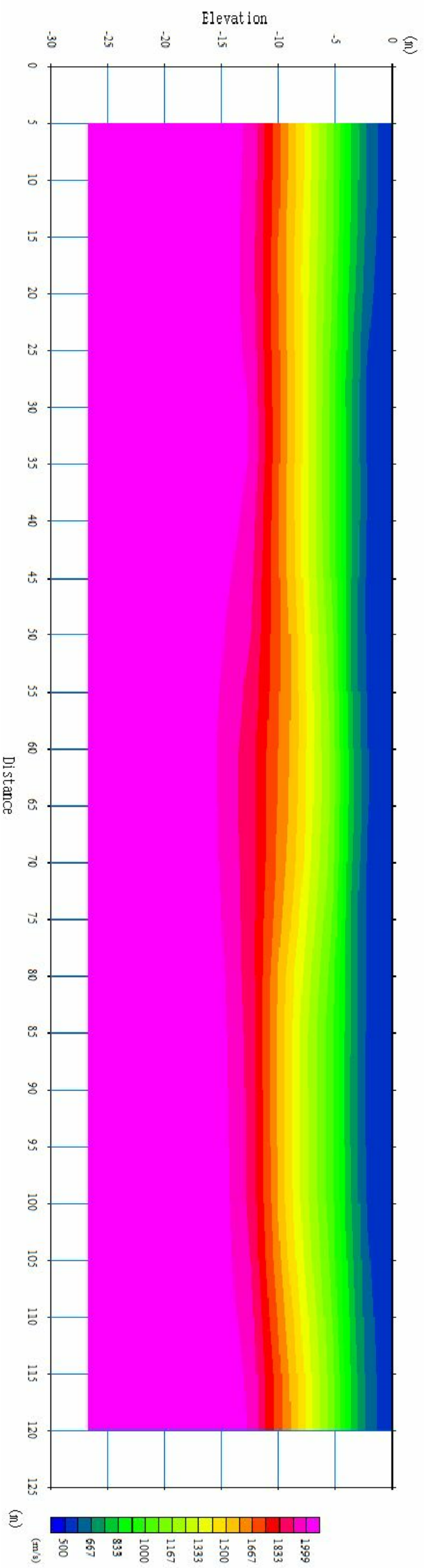


PROFILO Vs – RE. MI. 7 – BS7

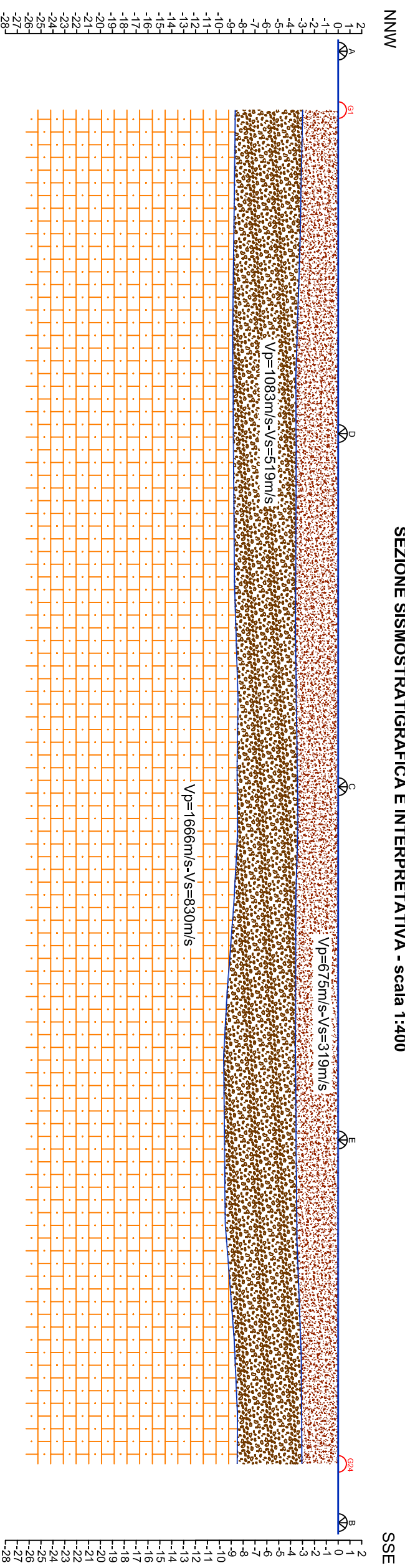


Vs30 = 650 m/s a partire dal piano d'indagine

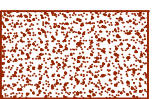
BASE SISMICA N. 01
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 01
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400



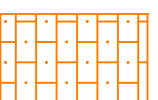
LEGENDA



SISMOSTRATO 1:
terreno vegetale frammito a
deposito sabbioso e ciottoloso
poco addensato



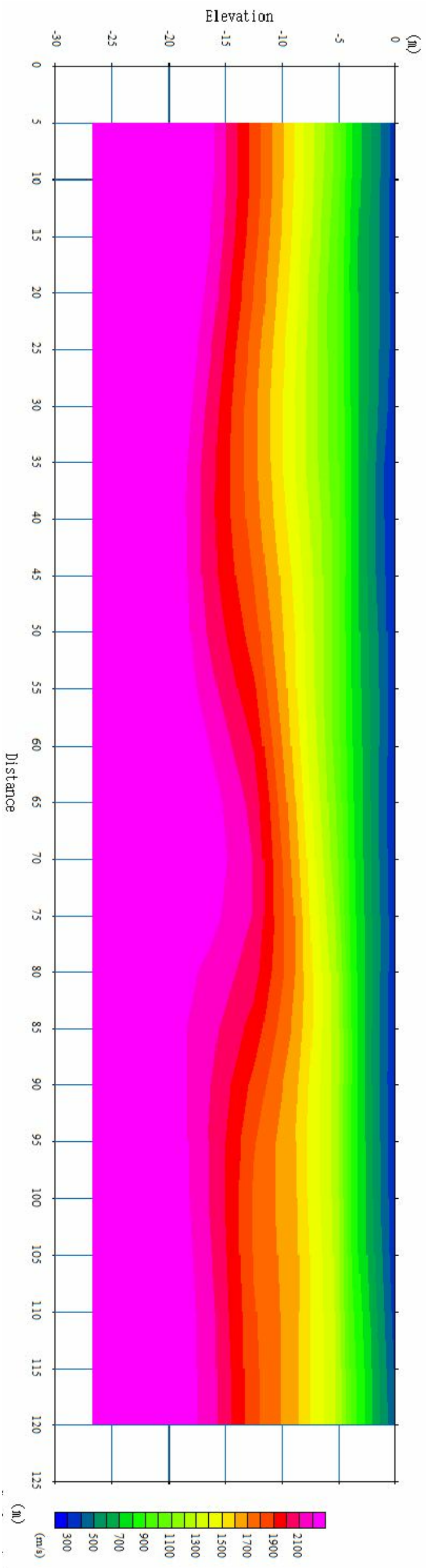
SISMOSTRATO 2:
deposito sabbioso e
ciottoloso mediamente
addensato



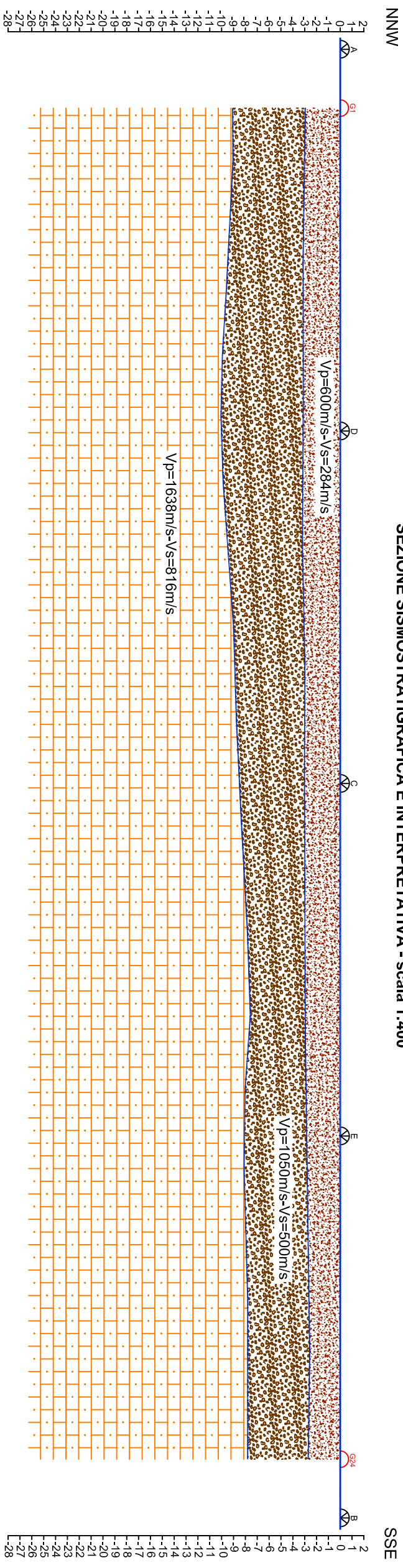
SISMOSTRATO 3:
calcareniti mediamente
cementate e fratturate, poco
alterate



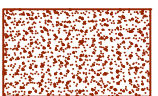
BASE SISMICA N. 02
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 02
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400



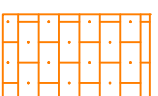
LEGENDA



SISMOSTRATO 1:
terreno vegetale frammito a
deposito sabbioso e ciottoloso
poco addensato



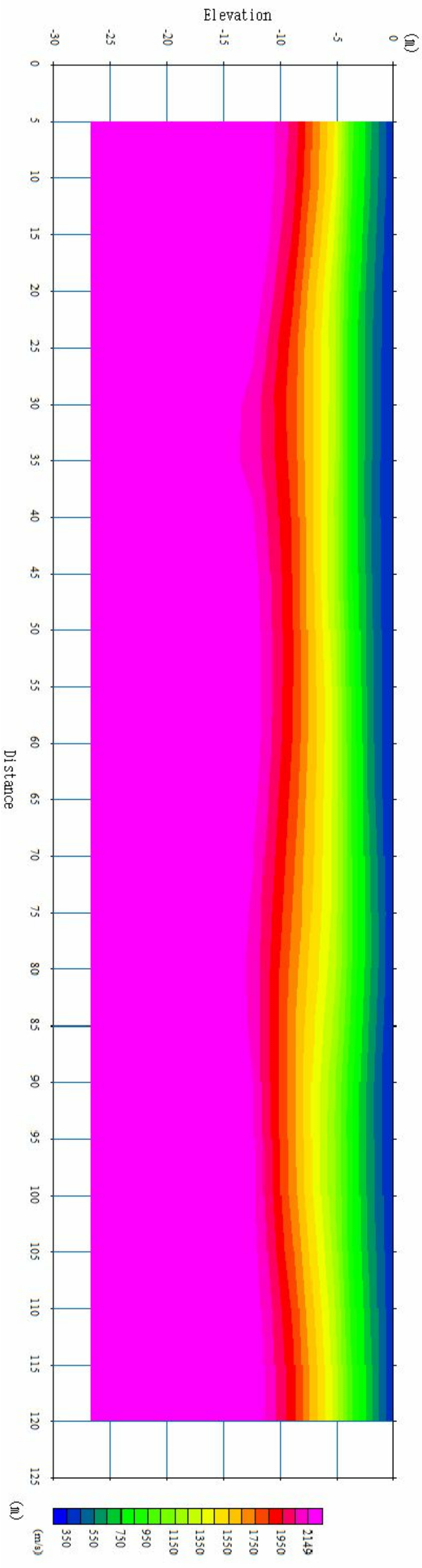
SISMOSTRATO 2:
deposito sabbioso e
ciottoloso mediamente
addensato



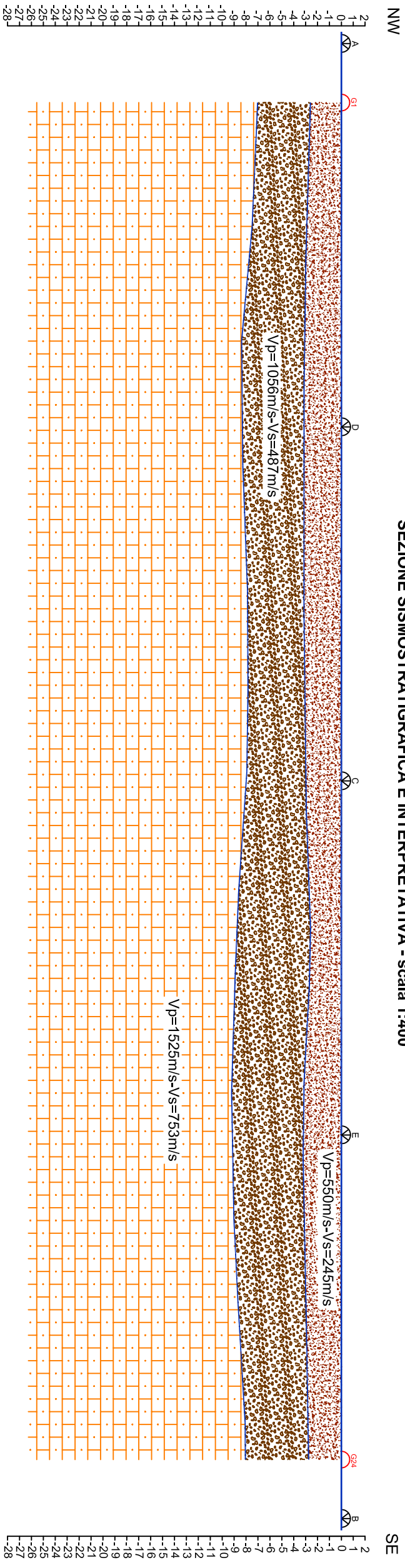
SISMOSTRATO 3:
calcareniti mediamente
cementate e fratturate, poco
alterate



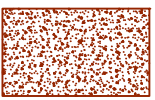
BASE SISMICA N. 03
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 03
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400



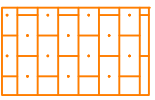
LEGENDA



SISMOSTRATO 1:
terreno vegetale frammiato a
deposito sabbioso e ciottoloso
poco addensato



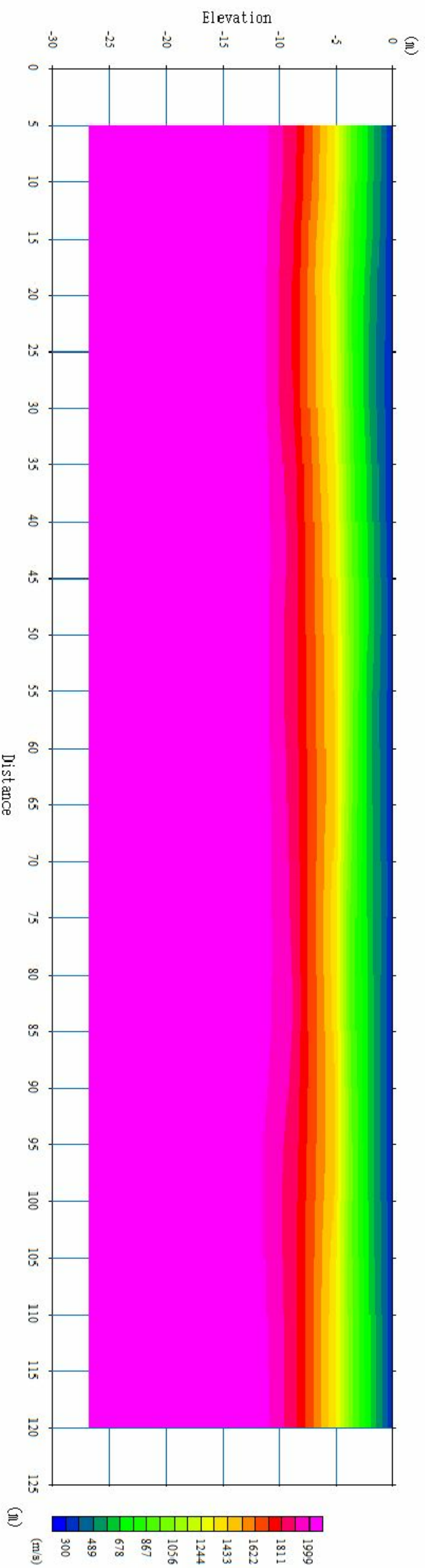
SISMOSTRATO 2:
deposito sabbioso e
ciottoloso mediamente
addensato



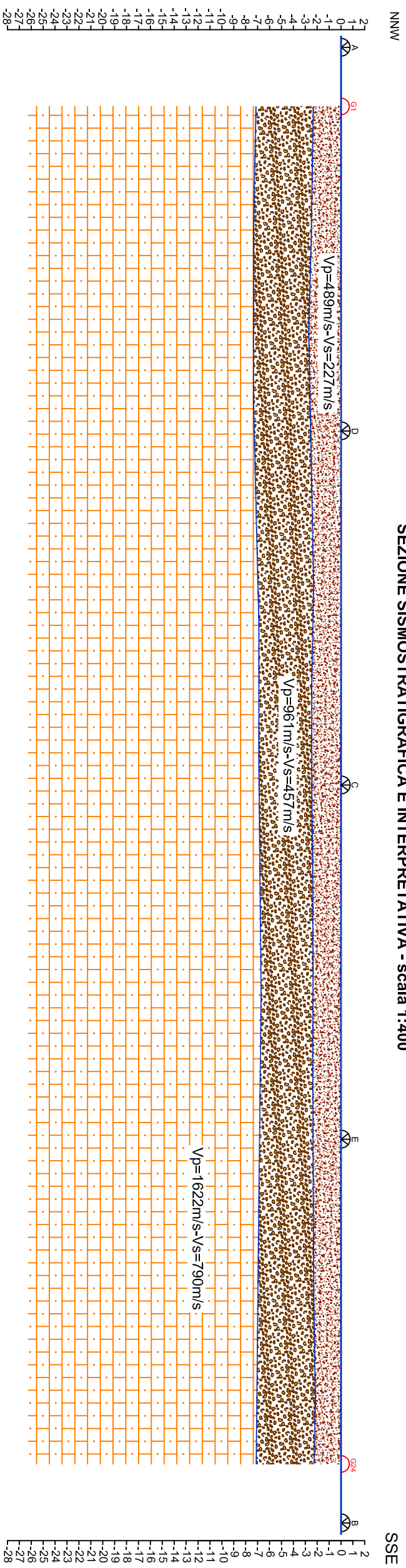
SISMOSTRATO 3:
calcarenti mediamente
cementate e fratturate, poco
alterate



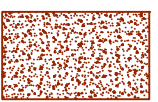
BASE SISMICA N. 04
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 04
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400



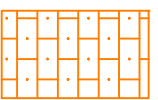
LEGENDA



SISMOSTRATO 1:
terreno vegetale frammito a
deposito sabbioso e ciottoloso
poco addensato



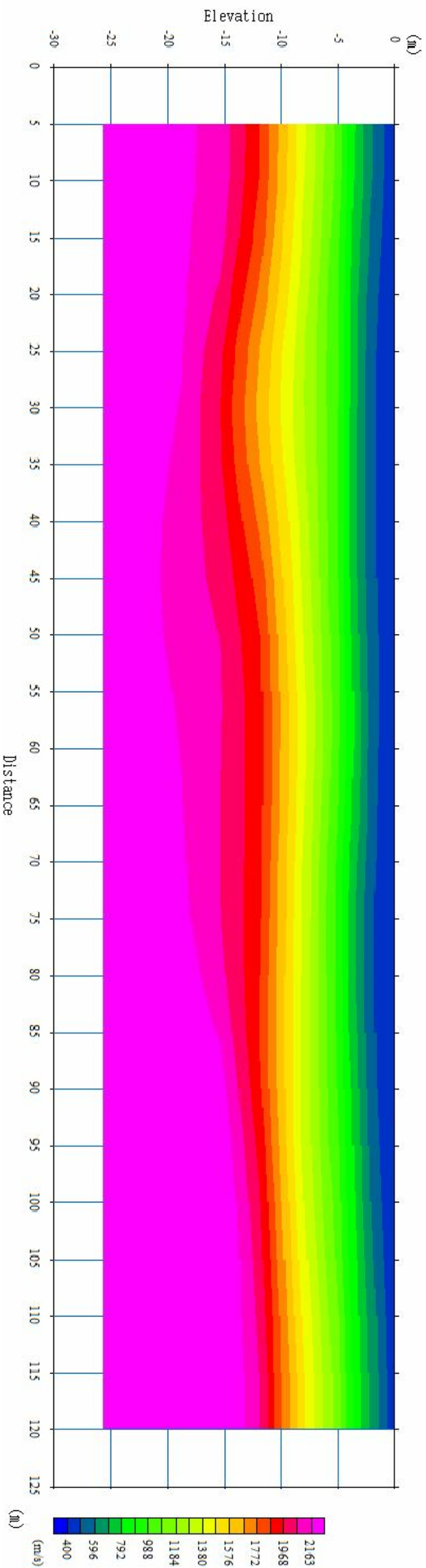
SISMOSTRATO 2:
deposito sabbioso e
ciottoloso mediamente
addensato



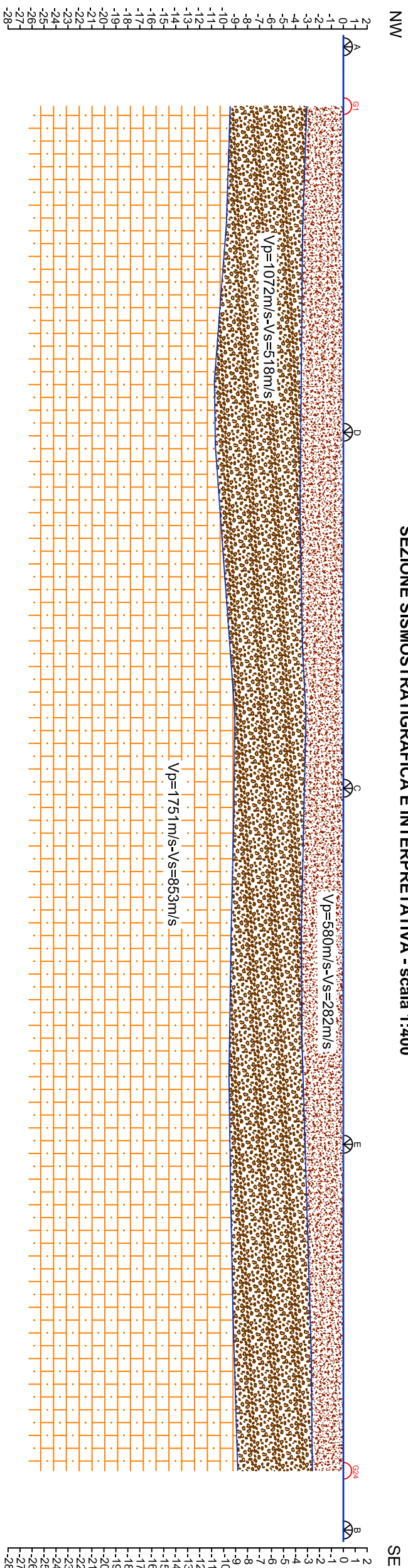
SISMOSTRATO 3:
calcareniti mediamente
cementate e fratturate, poco
alterate



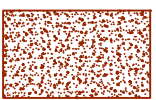
BASE SISMICA N. 05
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 05
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400



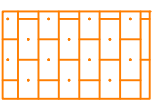
LEGENDA



SISMOSTRATO 1:
terreno vegetale frammito a
deposito sabbioso e ciottoloso
poco addensato



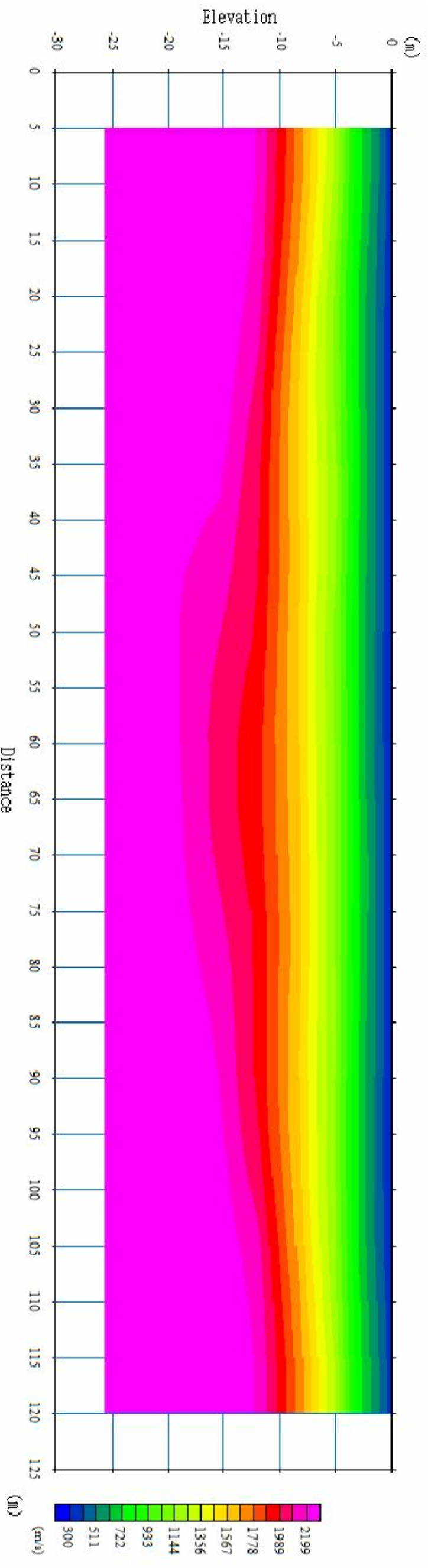
SISMOSTRATO 2:
deposito sabbioso e
ciottoloso mediamente
addensato



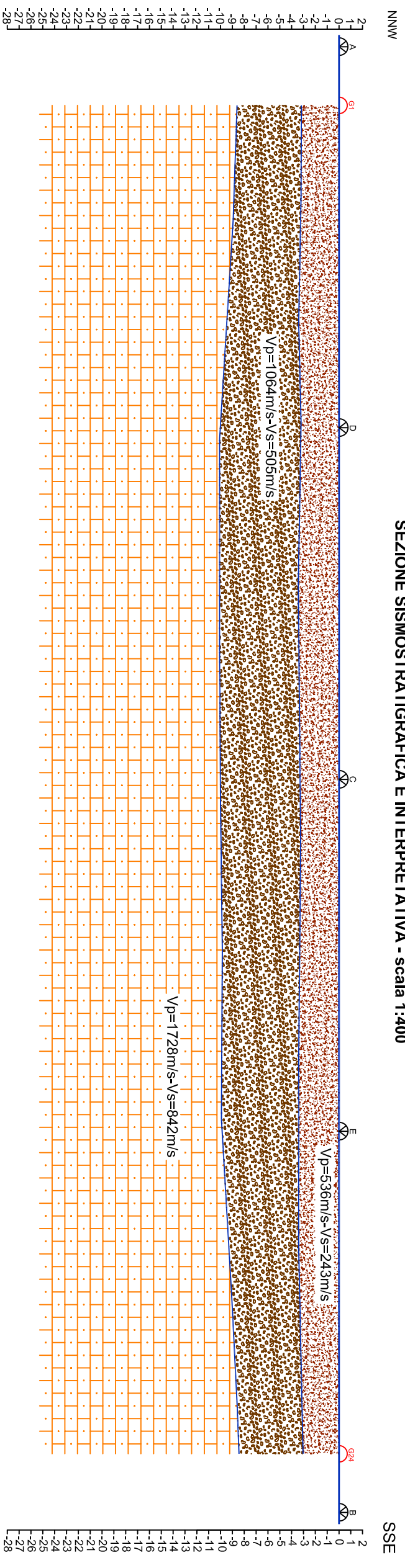
SISMOSTRATO 3:
calcareni mediamente
cementate e fratturate, poco
alterate



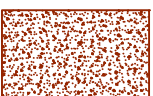

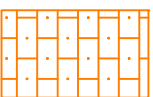
BASE SISMICA N. 06
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 06
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400

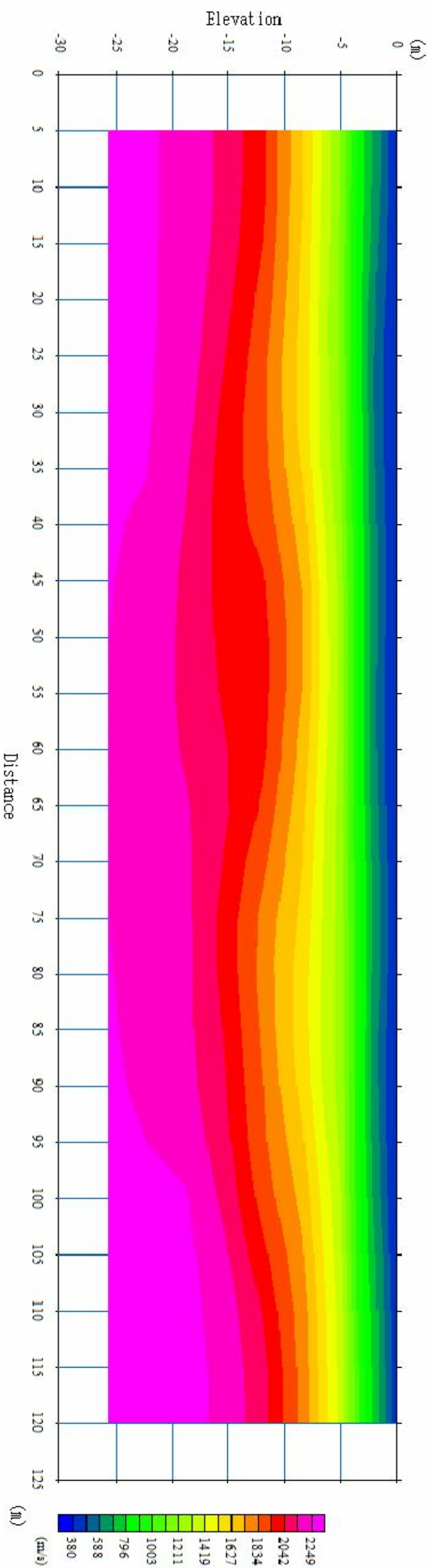


LEGENDA

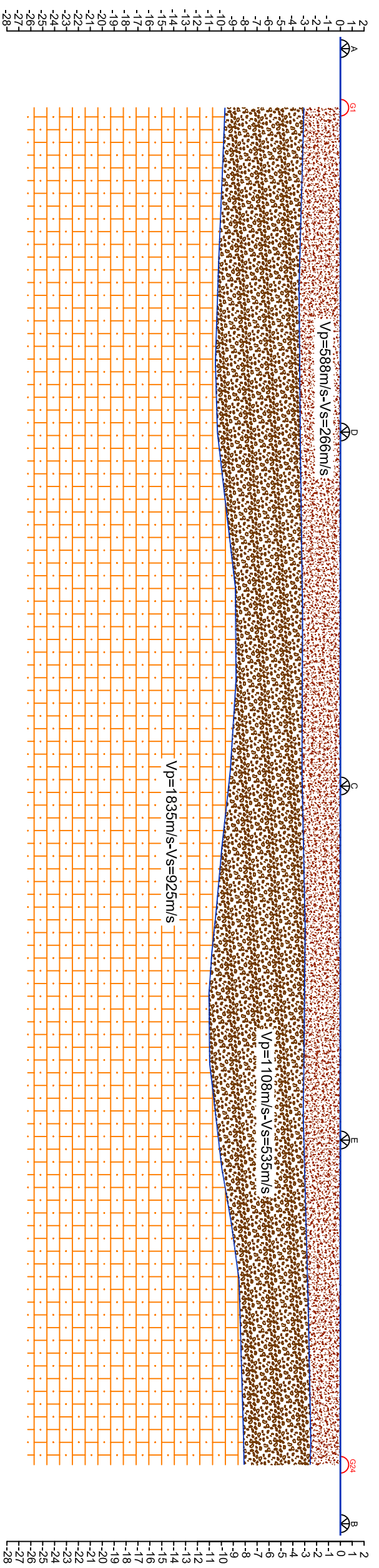
-  SISMOSTRATO 1:
terreno vegetale frammito a
deposito sabbioso e ciottoloso
poco addensato
-  SISMOSTRATO 2:
deposito sabbioso e
ciottoloso mediamente
addensato
-  SISMOSTRATO 3:
calcareniti mediamente
cementate e fratturate, poco
alterate




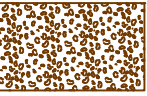
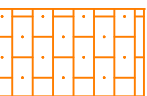
BASE SISMICA N. 07
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - scala 1:400



BASE SISMICA N. 07
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E INTERPRETATIVA - scala 1:400



LEGENDA

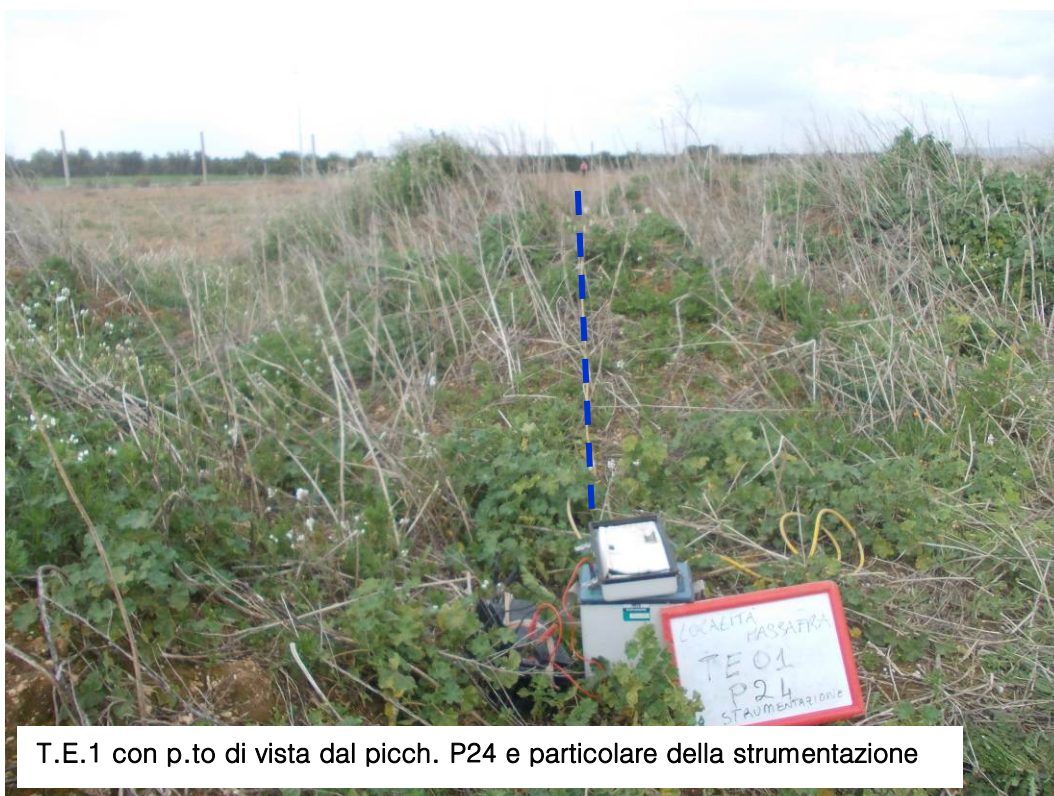
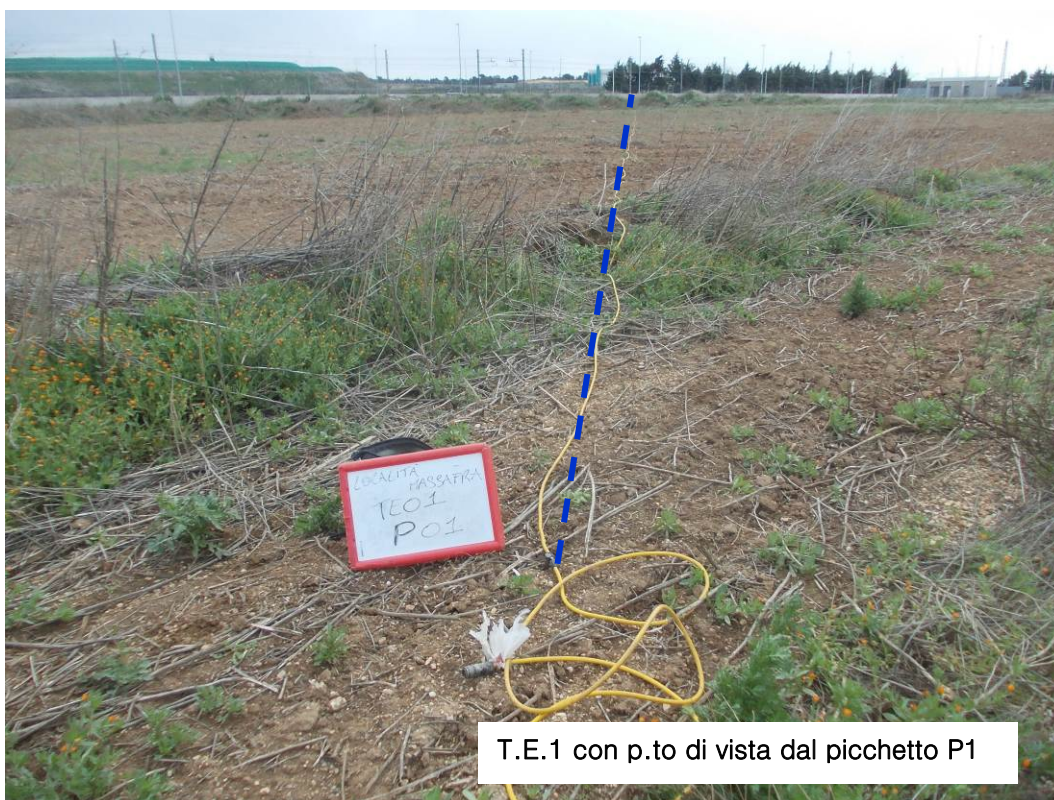
- 
SISMOSTRATO 1:
 terreno vegetale framnistato a
 deposito sabbioso e ciottoloso
 poco addensato
- 
SISMOSTRATO 2:
 deposito sabbioso e
 ciottoloso mediamente
 addensato
- 
SISMOSTRATO 3:
 calcareniti mediamente
 cementate e fratturate, poco
 alterate



ALLEGATO 3
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SULLE INDAGINI GEOFISICHE

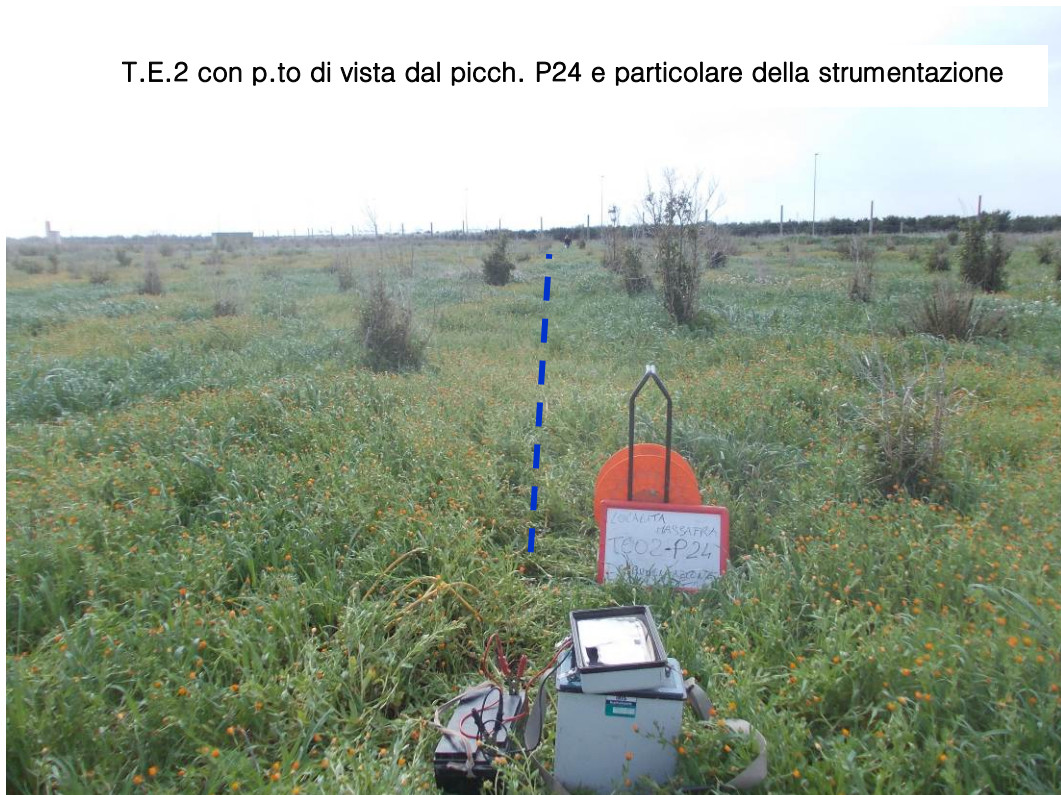
INDAGINI GEOELETTRICHE

AREA A (T.E.1 – T.E.4) – AREA B (T.E.2) – AREA C (T.E.3)





T.E.2 con p.to di vista dal picch. P24 e particolare della strumentazione



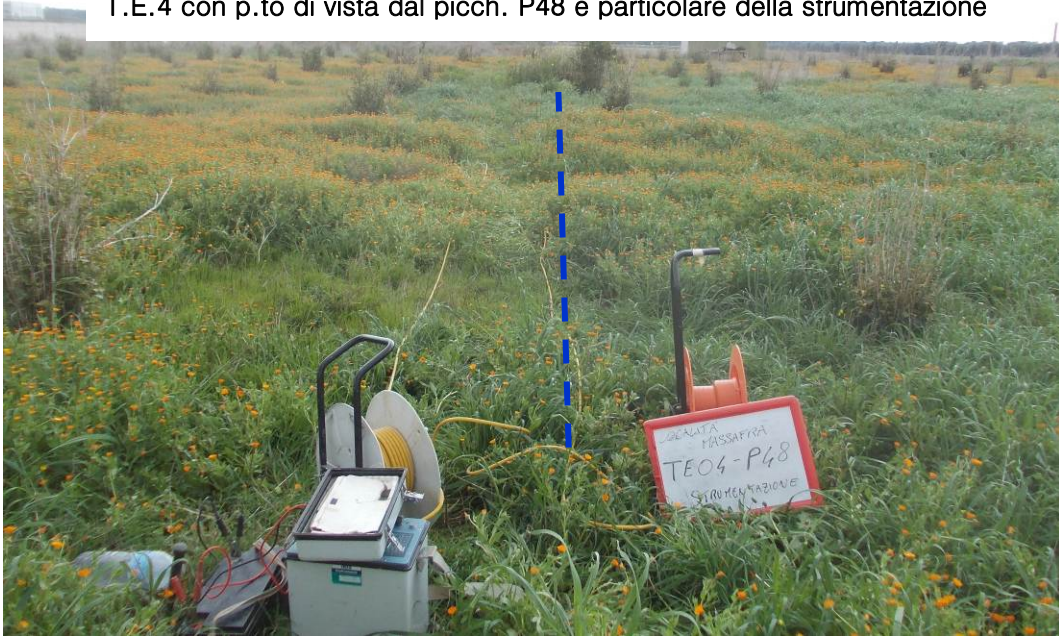
T.E.3 con p.to di vista dal picchetto P1



T.E.3 con p.to di vista dal picch. P24 e particolare della strumentazione



T.E.4 con p.to di vista dal picch. P48 e particolare della strumentazione



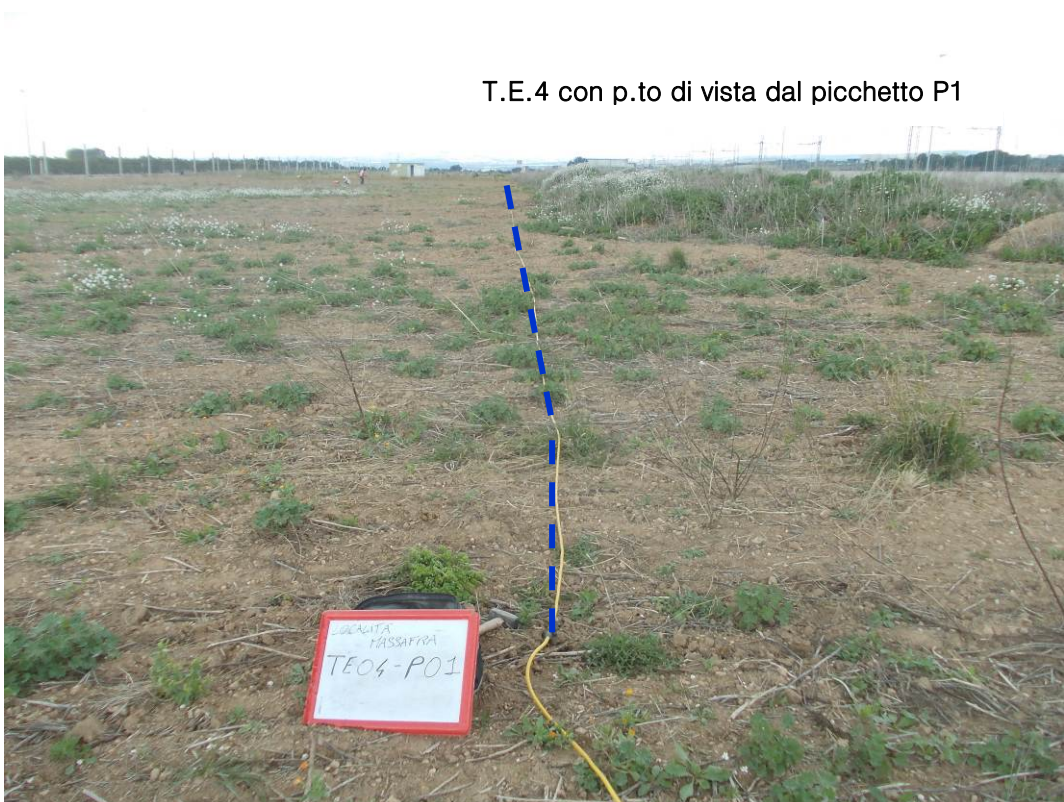
T.E.4 con p.to di vista dal picchetto P25 verso il picchetto P48



T.E.4 con p.to di vista dal picchetto P24 verso il picchetto P1



T.E.4 con p.to di vista dal picchetto P1



INDAGINI SISMICHE IN ONDE P E RE.MI.

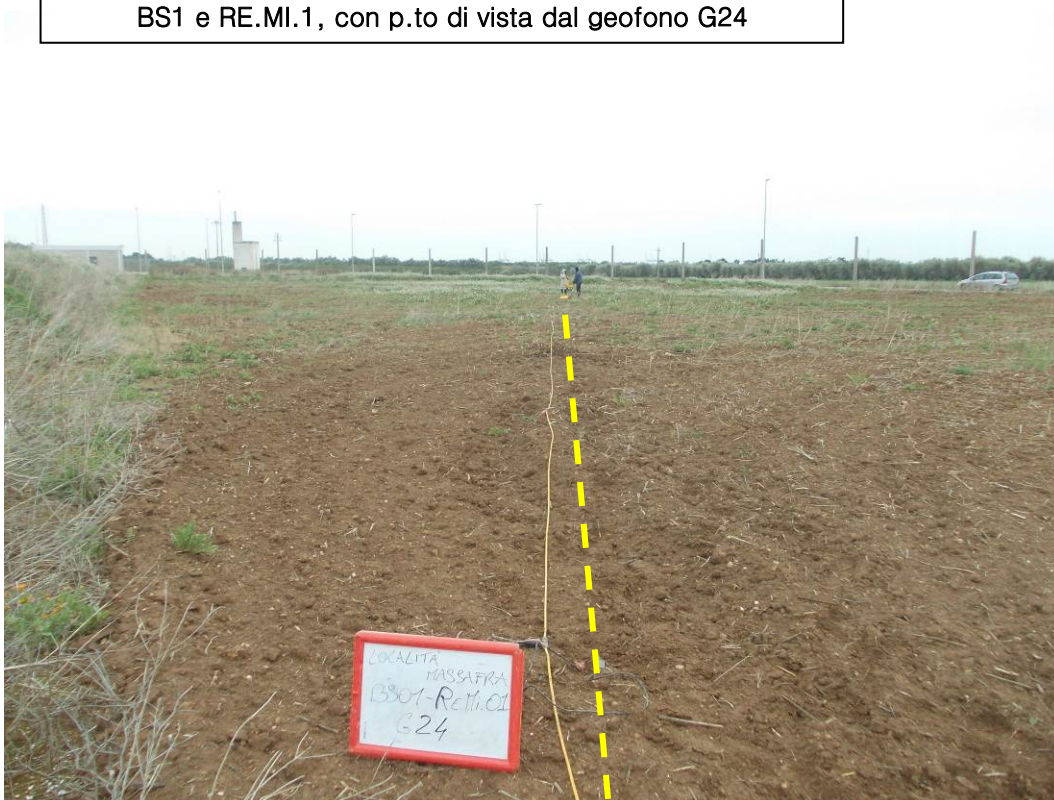
AREA A (BS1 E RE.MI.1 – BS2 E RE.MI.2 – BS5 E RE.MI.5)

AREA B (BS3 E RE.MI.4 – BS5 E RE.MI.4) AREA C (BS6 E RE.MI.6 – BS7 E RE.MI.7)

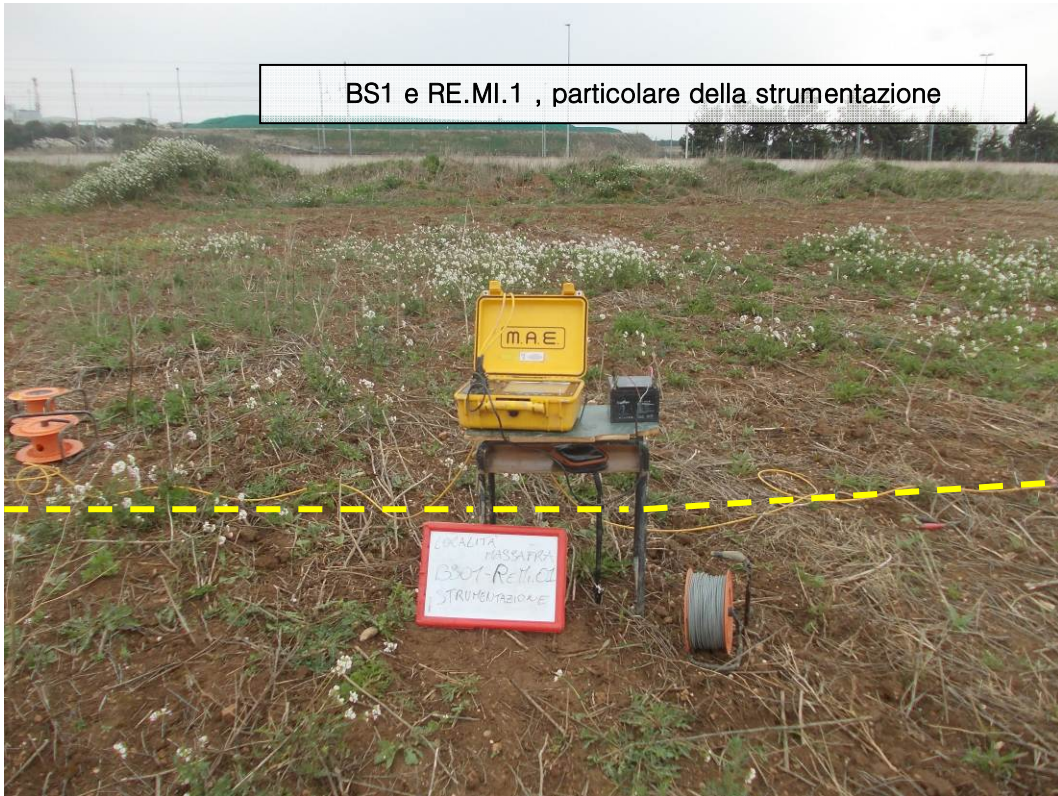
BS1 e RE.MI.1, con p.to di vista dal geofono G1



BS1 e RE.MI.1, con p.to di vista dal geofono G24



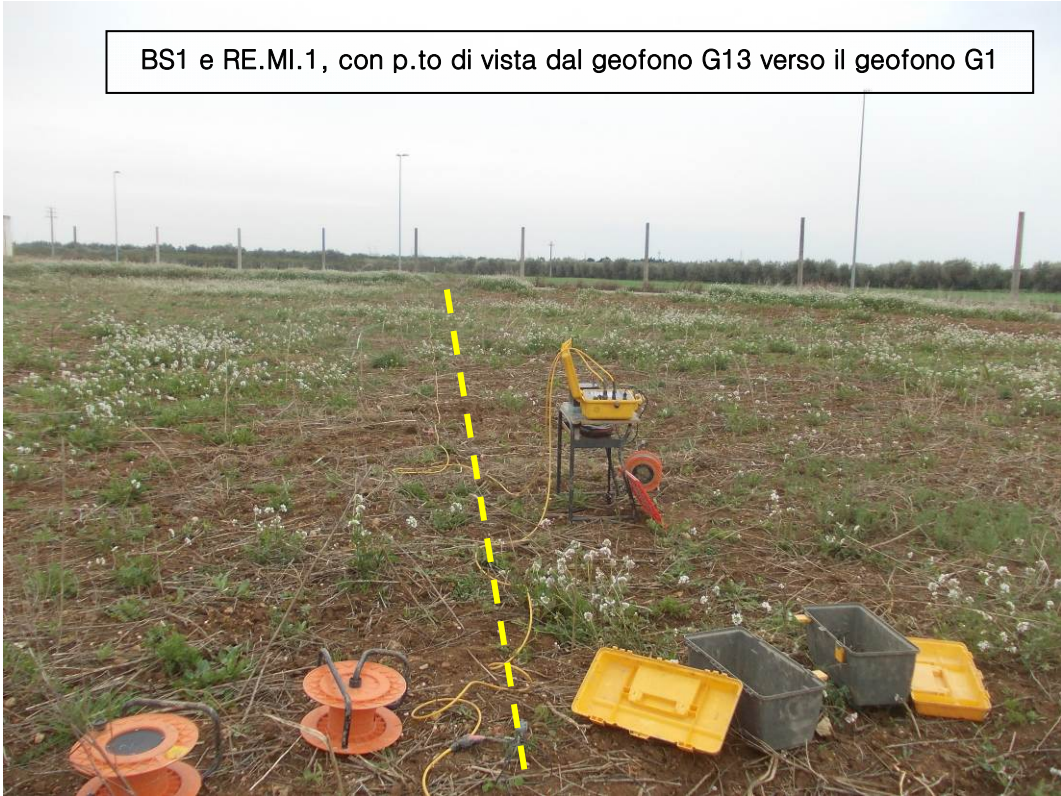
BS1 e RE.MI.1 , particolare della strumentazione



BS1 e RE.MI.1 , con p.to di vista dal geofono G12 verso il geofono G24



BS1 e RE.MI.1, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1



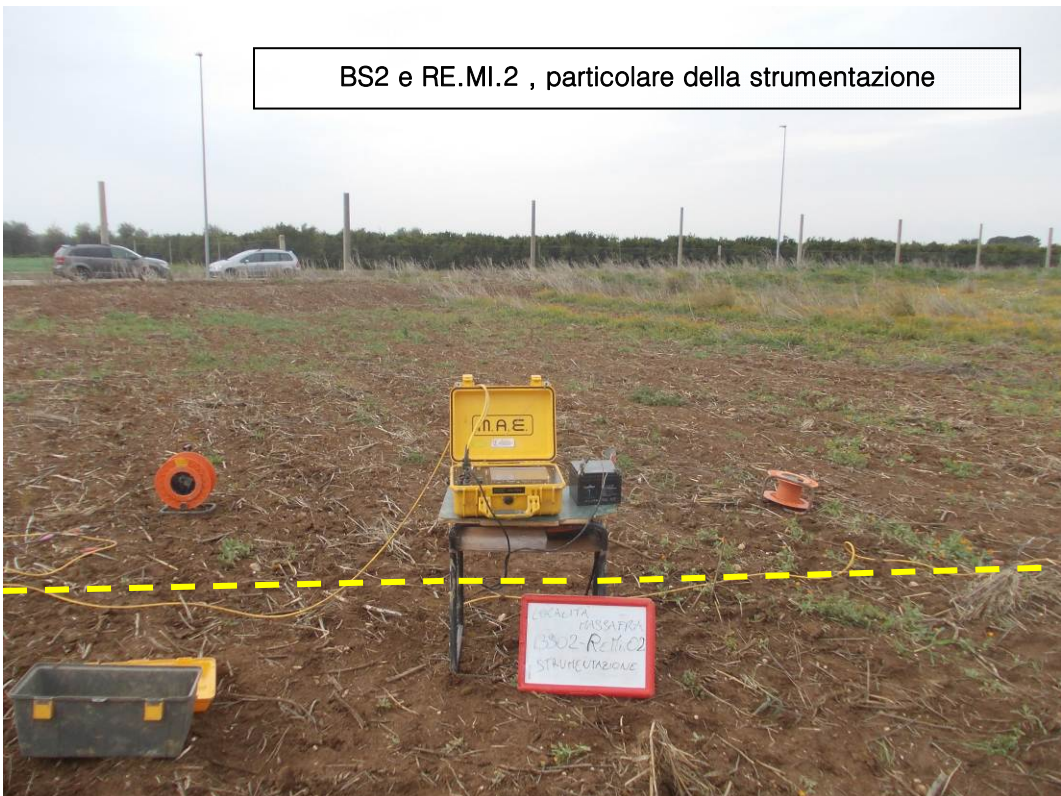
BS e RE.MI.2, con p.to di vista dal geofono G1



BS2 e RE.MI.2, con p.to di vista dal geofono G24



BS2 e RE.MI.2 , particolare della strumentazione



BS2 e RE.MI.2, con p.to di vista dal geofono G12 verso il geofono G24



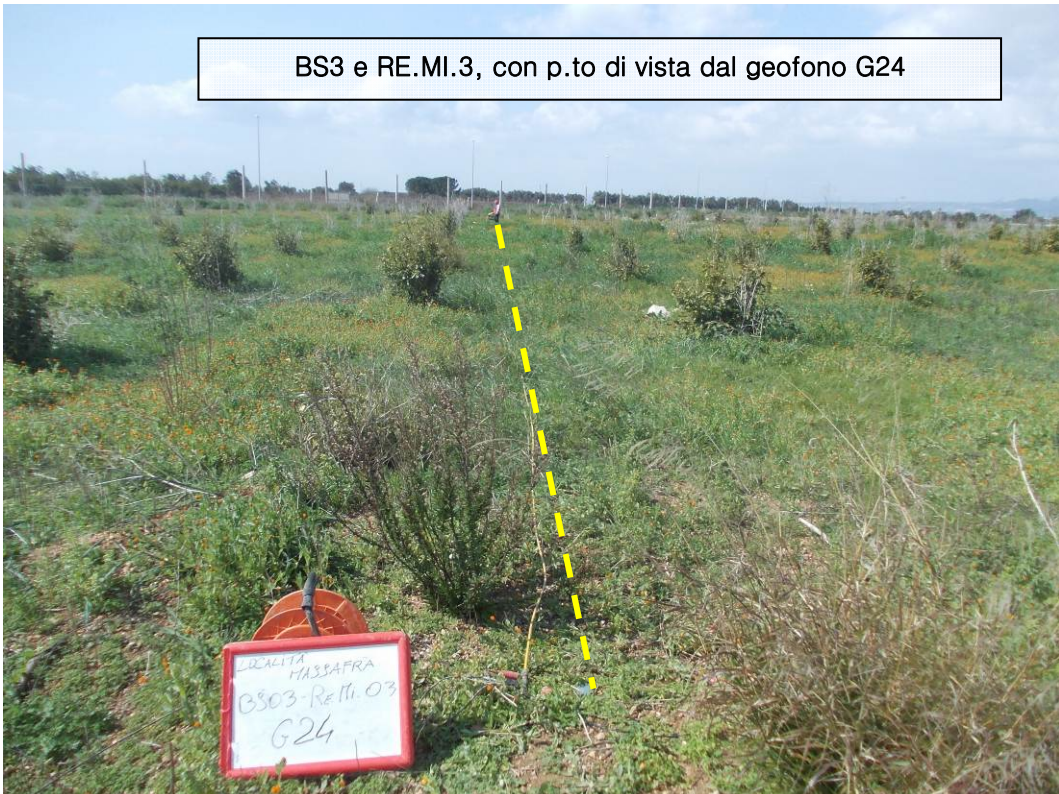
BS2 e RE.MI.2, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1



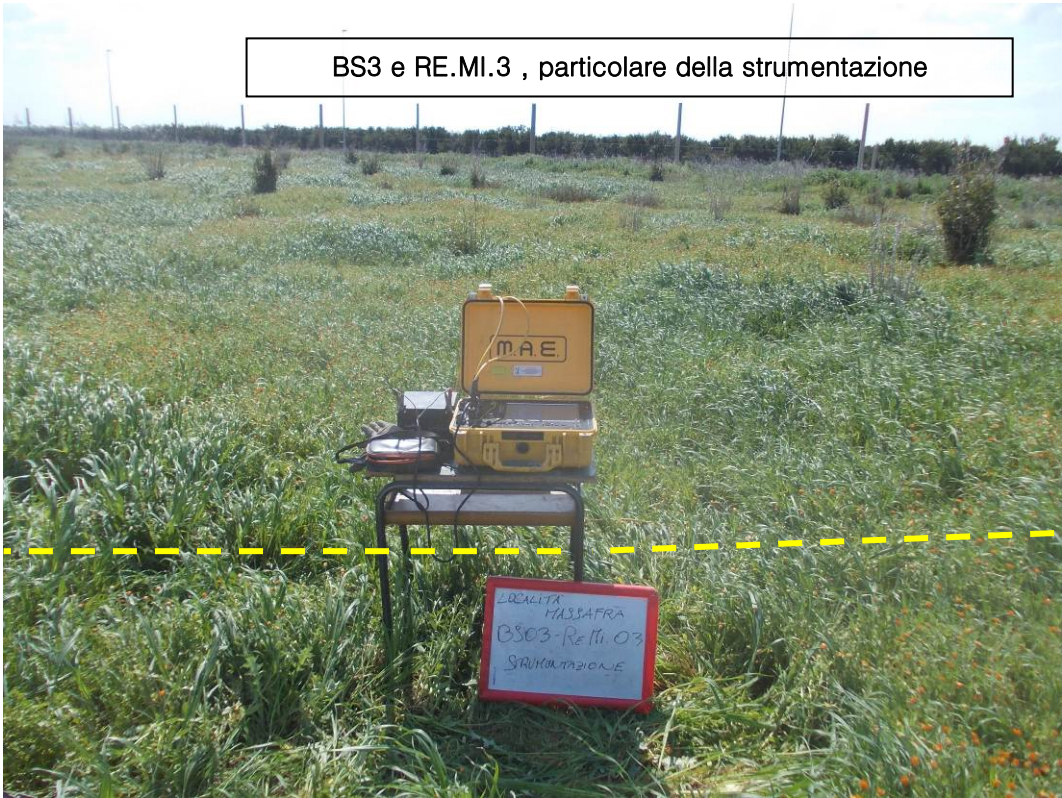
BS3 e RE.MI.3, con p.to di vista dal geofono G1



BS3 e RE.MI.3, con p.to di vista dal geofono G24



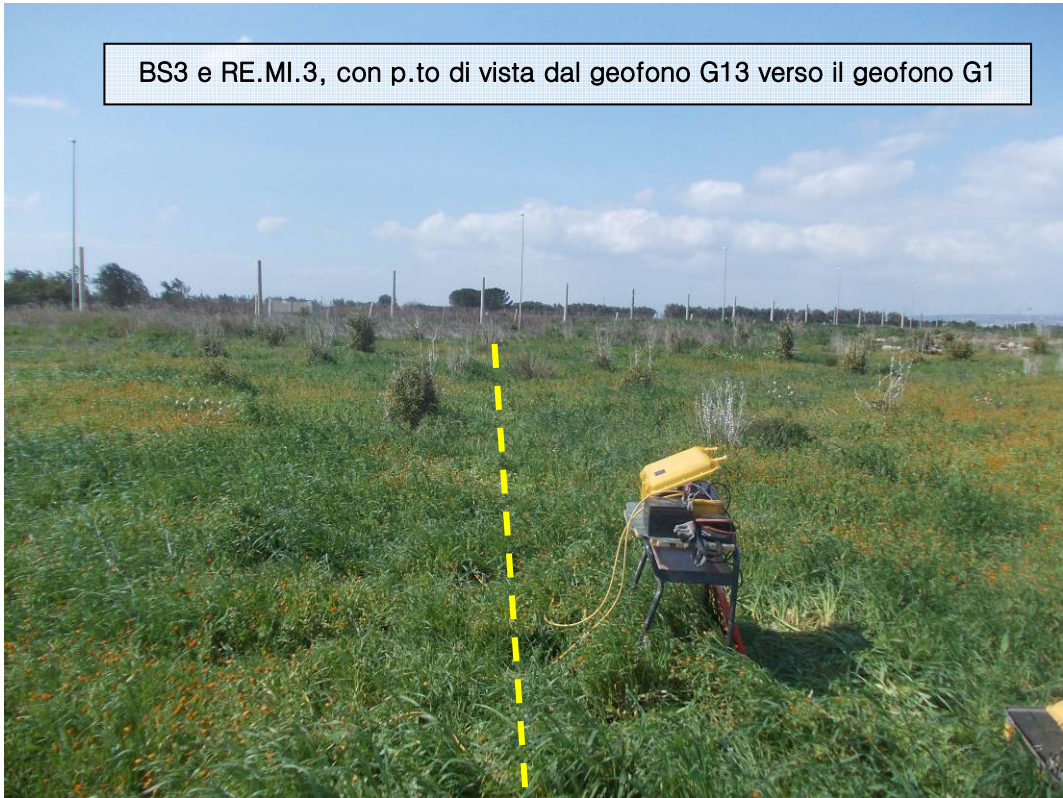
BS3 e RE.MI.3 , particolare della strumentazione



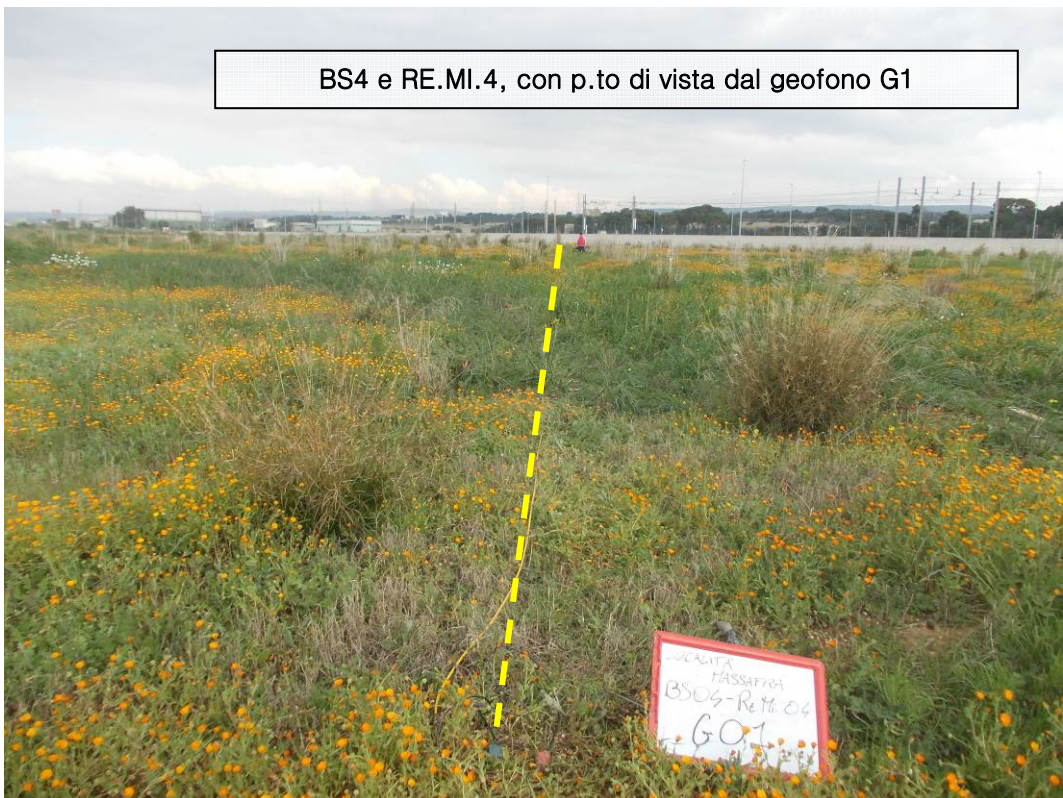
BS3 e RE.MI.3, con p.to di vista dal G11 verso il G24, particolare battuta in onde P



BS3 e RE.MI.3, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1



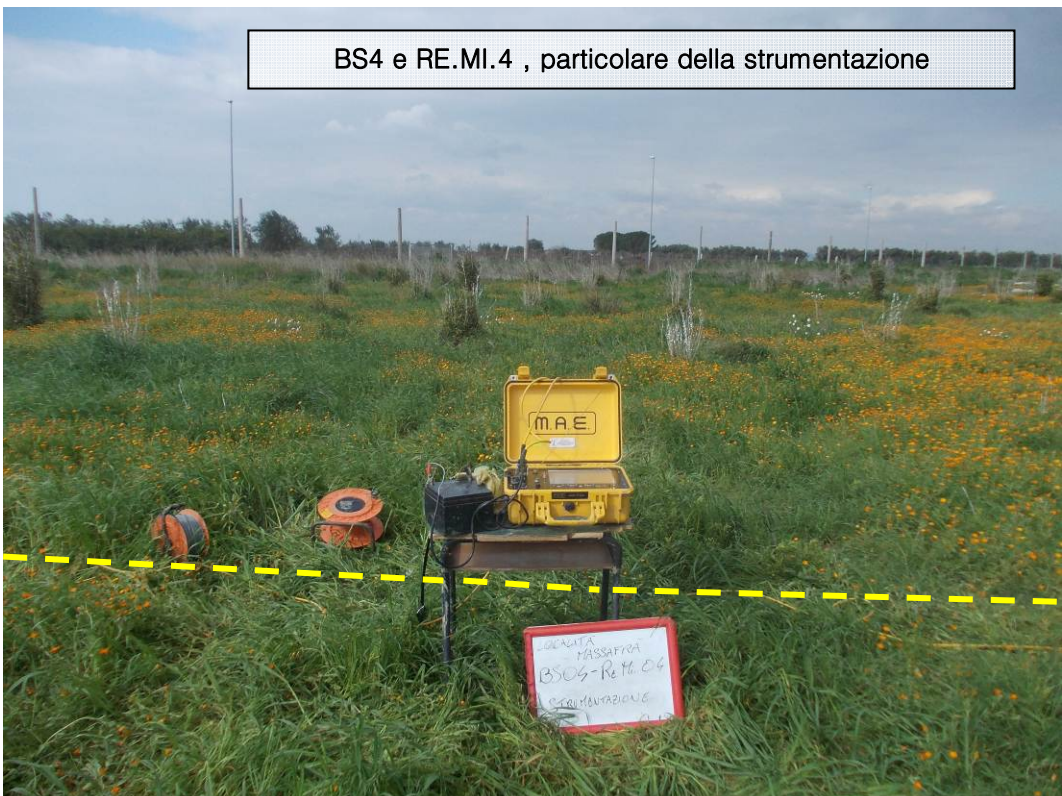
BS4 e RE.MI.4, con p.to di vista dal geofono G1



BS4 e RE.MI.4, con p.to di vista dal geofono G24



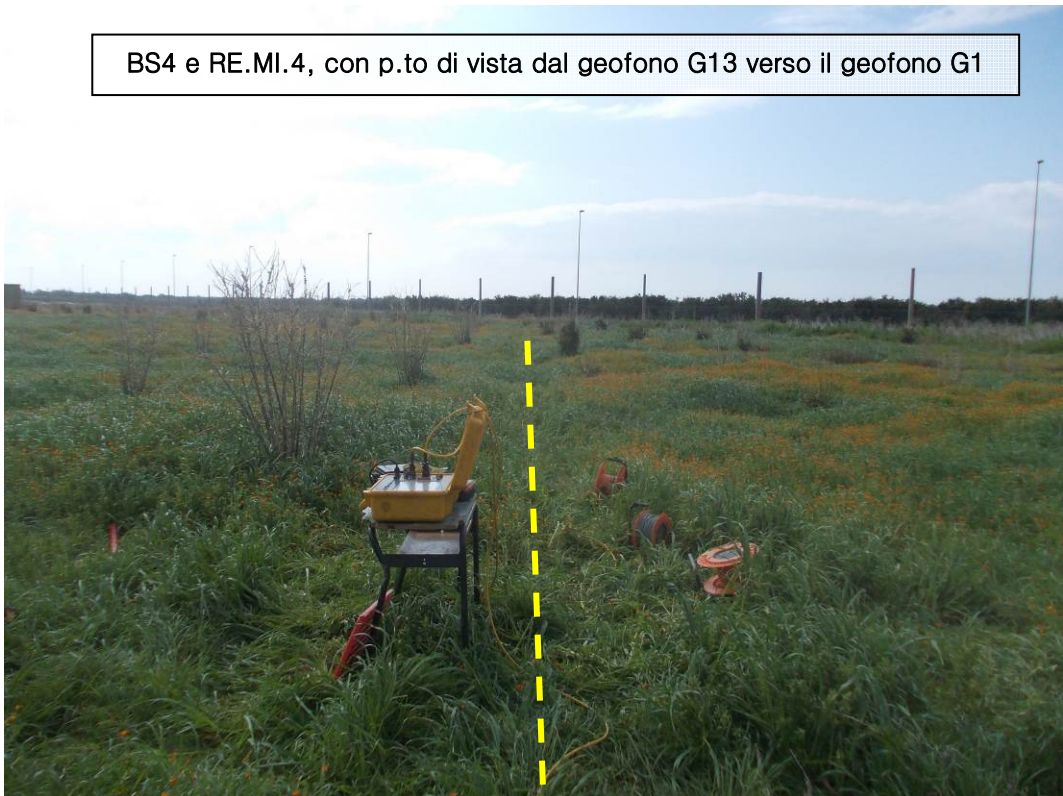
BS4 e RE.MI.4, particolare della strumentazione



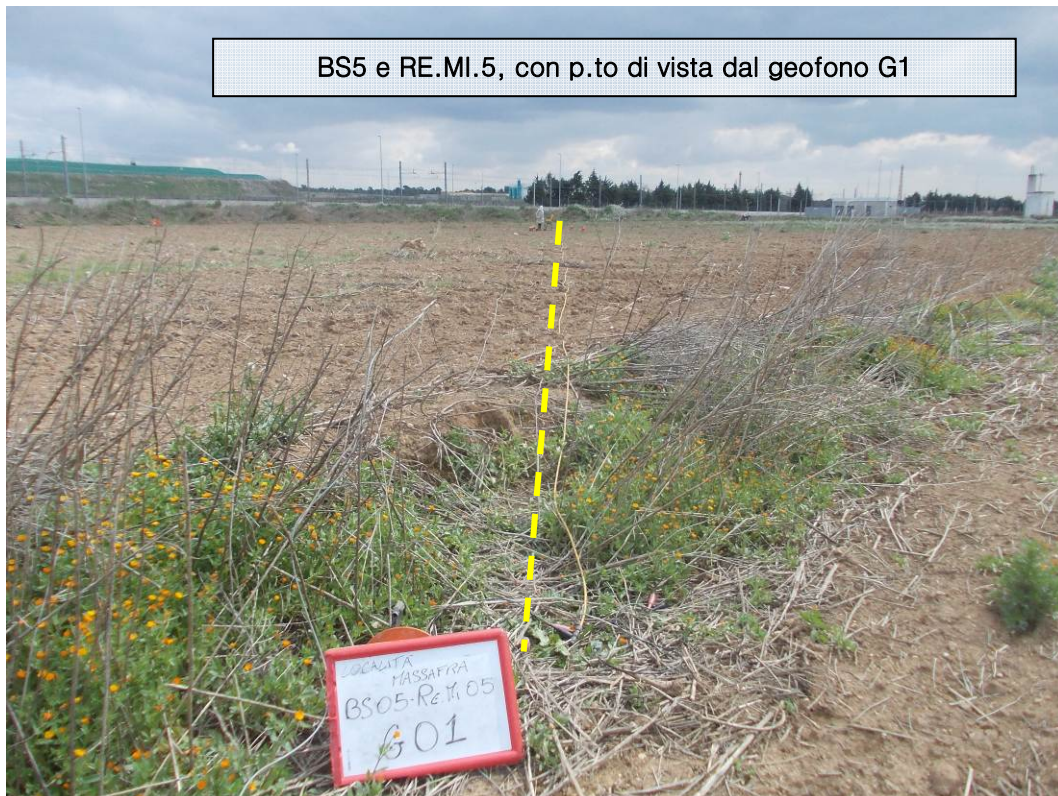
BS4 e RE.MI.4, con p.to di vista dal geofono G12 verso il geofono G24



BS4 e RE.MI.4, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1



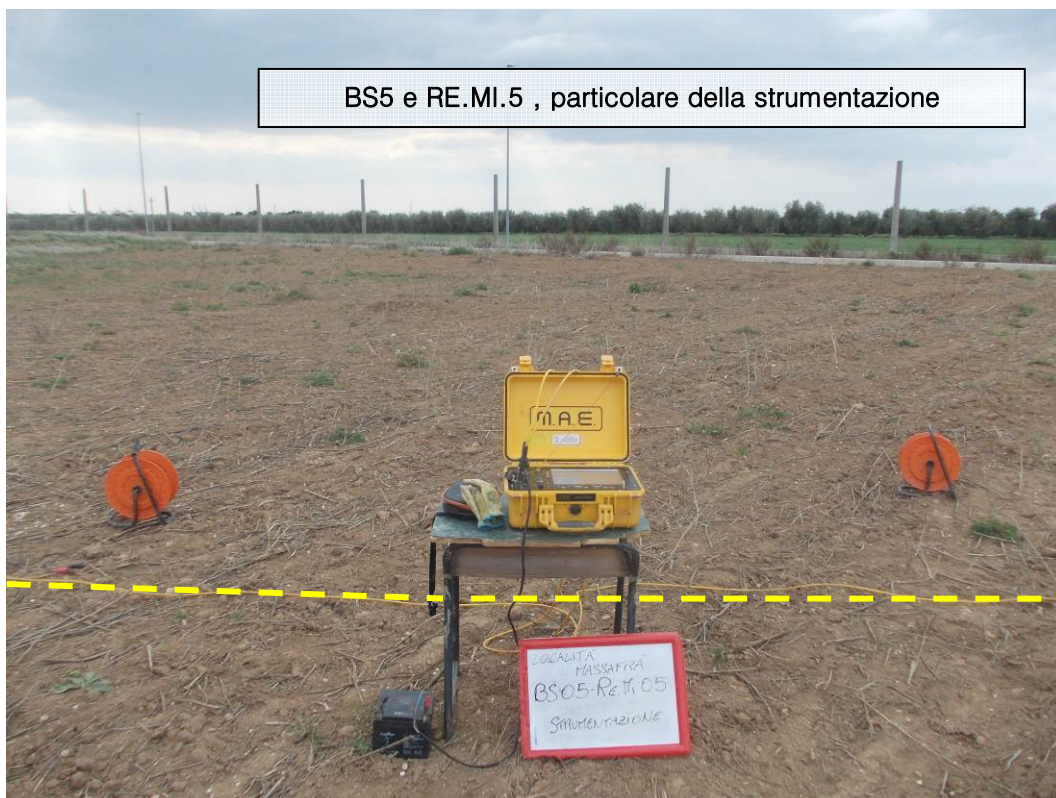
BS5 e RE.MI.5, con p.to di vista dal geofono G1



BS5 e RE.MI.5, con p.to di vista dal geofono G24



BS5 e RE.MI.5 , particolare della strumentazione



BS5 e RE.MI.5, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1



BS5 e RE.MI.5, con p.to di vista dal geofono G12 verso il geofono G24

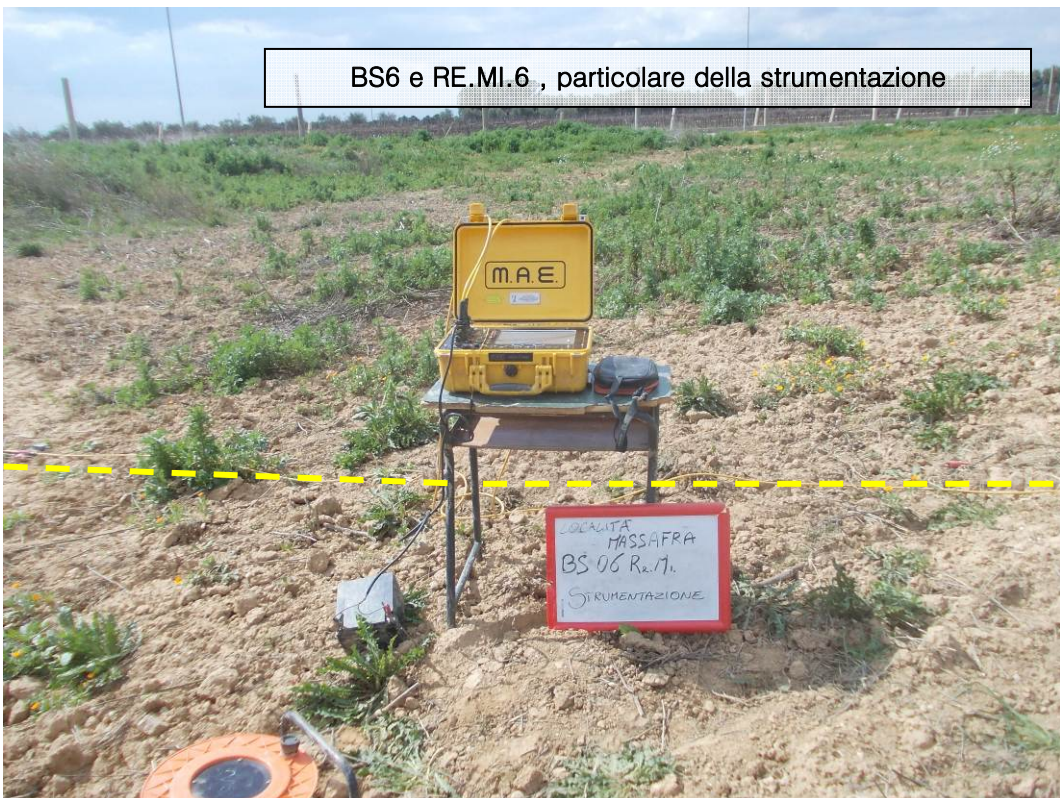


BS6 e RE.MI.6, con p.to di vista dal geofono G1

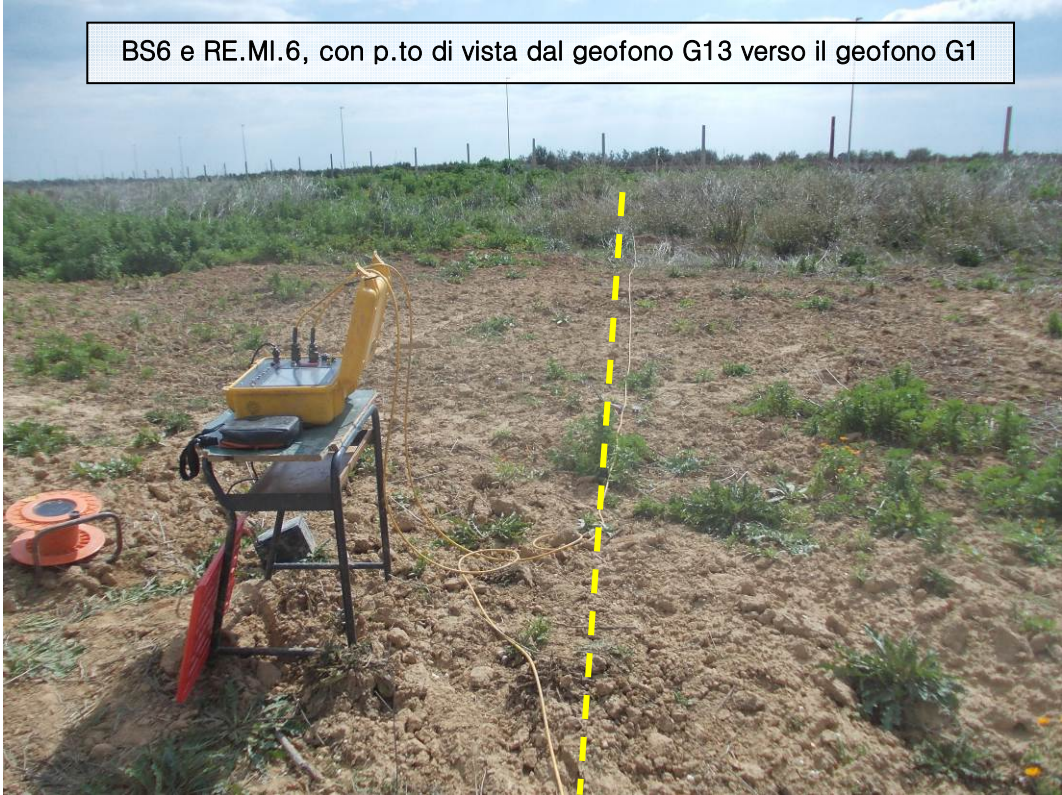
BS6 e RE.MI.6, con p.to di vista dal geofono G24



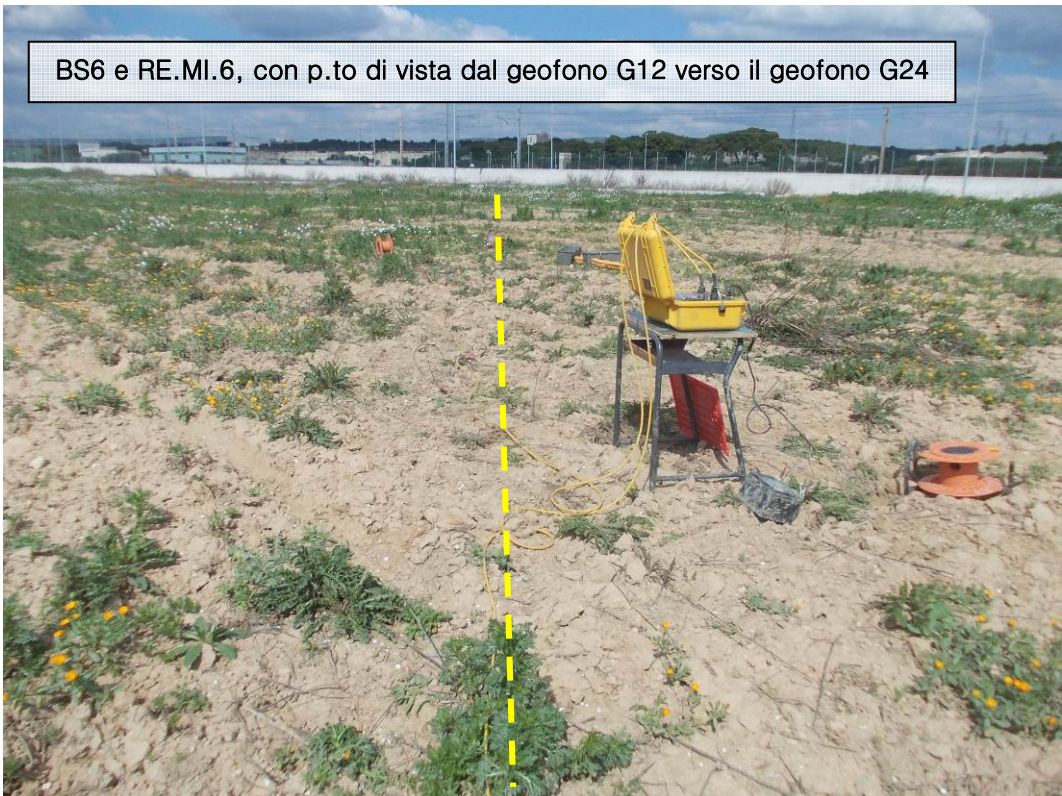
BS6 e RE.MI.6 , particolare della strumentazione



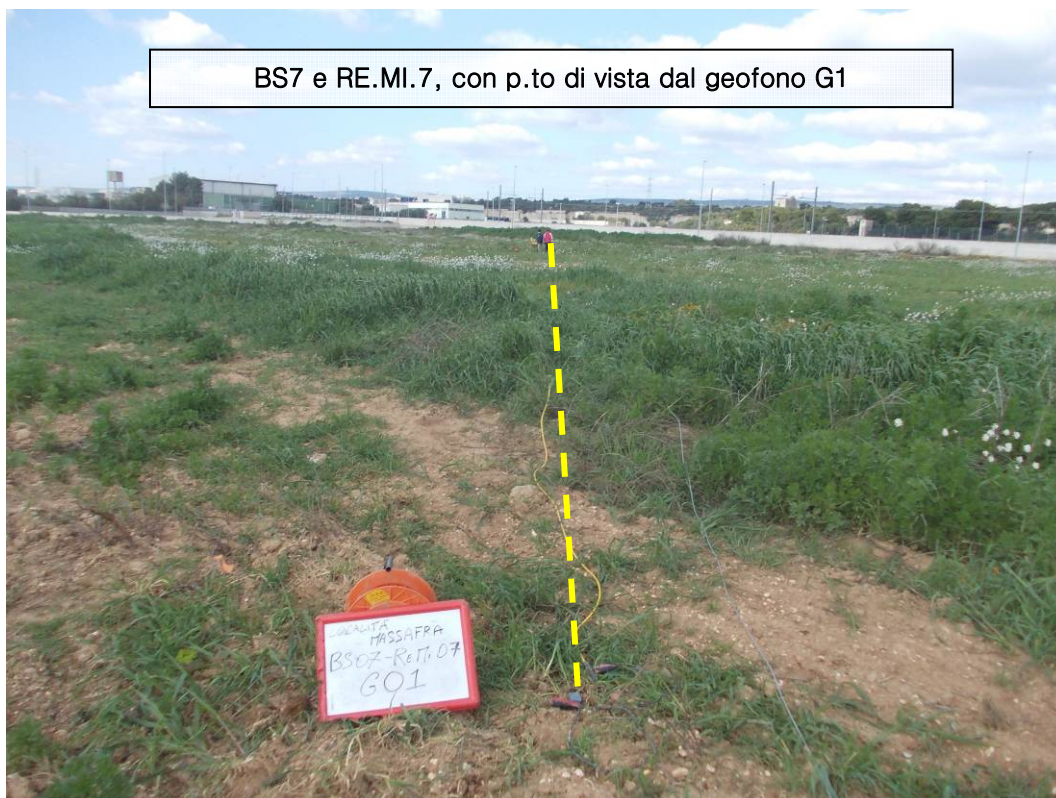
BS6 e RE.MI.6, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1



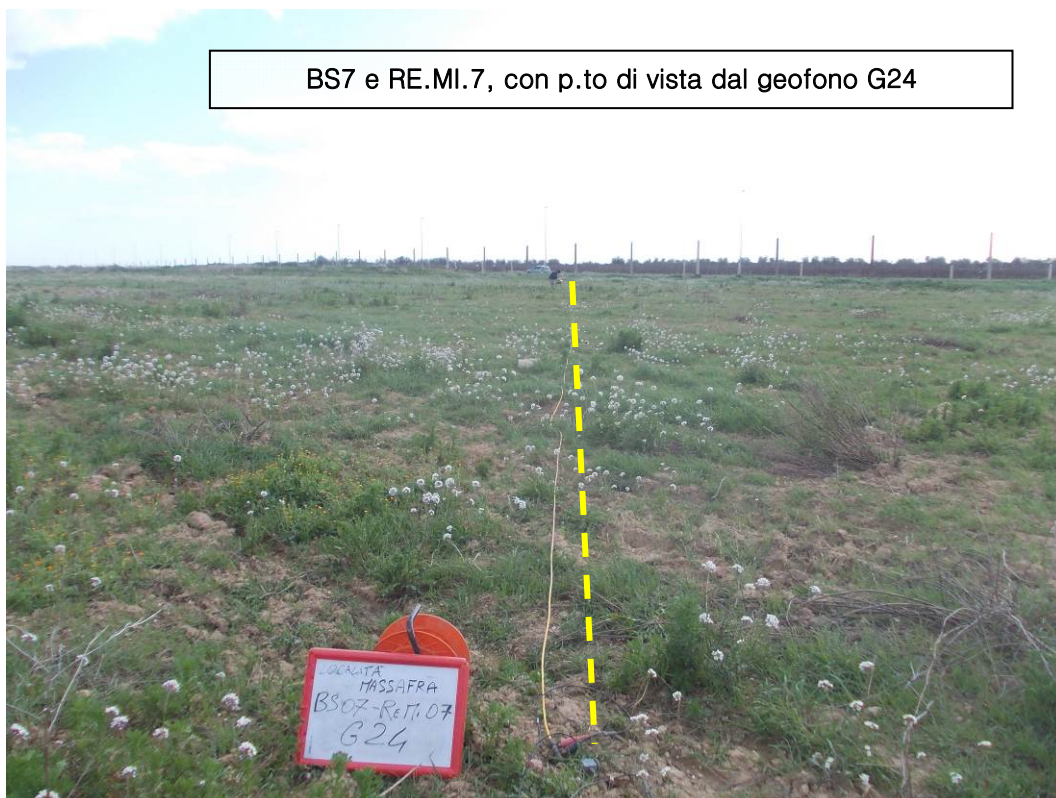
BS6 e RE.MI.6, con p.to di vista dal geofono G12 verso il geofono G24



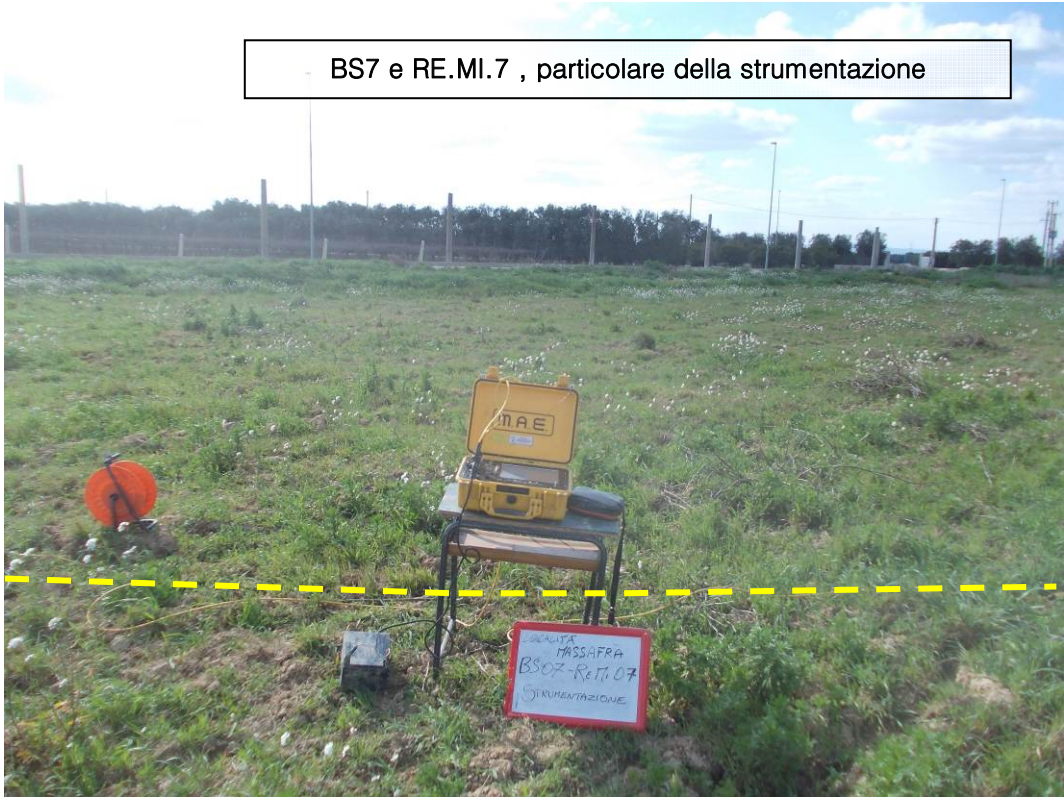
BS7 e RE.MI.7, con p.to di vista dal geofono G1



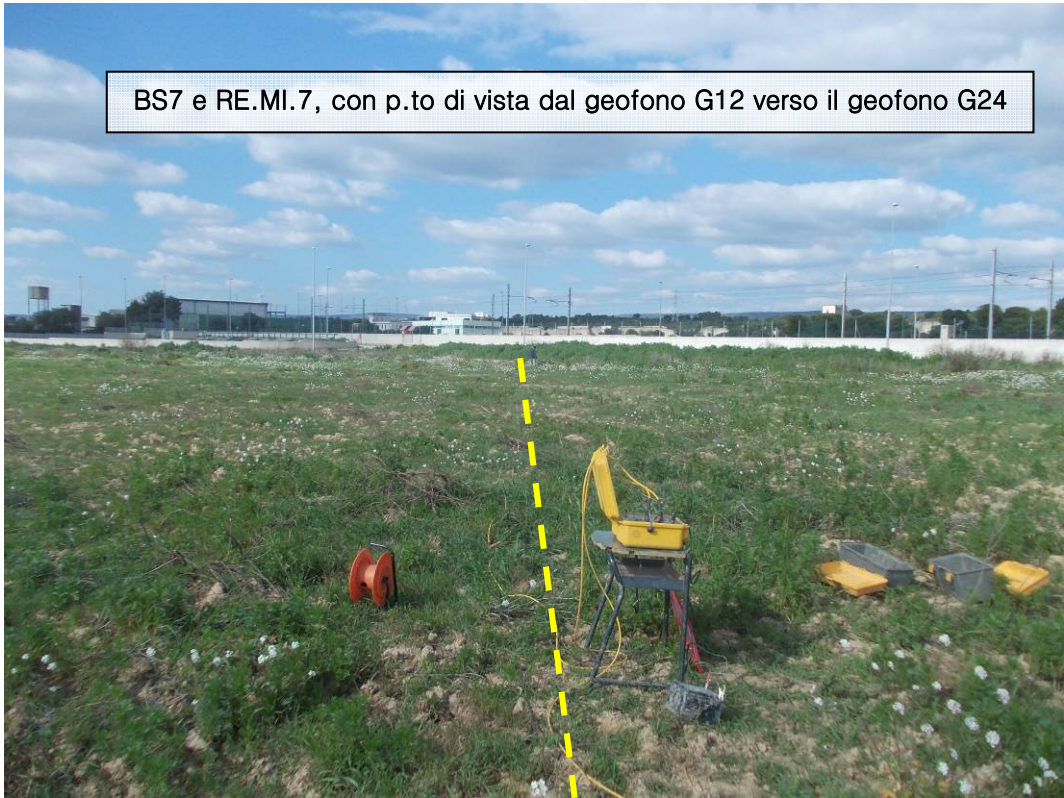
BS7 e RE.MI.7, con p.to di vista dal geofono G24



BS7 e RE.MI.7 , particolare della strumentazione



BS7 e RE.MI.7 , con p.to di vista dal geofono G12 verso il geofono G24



BS7 e RE.MI.7, con p.to di vista dal geofono G13 verso il geofono G1

