

Committente: **TECNOPALI S.r.L.** - Viale Italia 82, Matera

INDAGINE GEOFISICA

1 BASE SISMICA a RIFRAZIONE di SUPERFICIE - in onde P e S
1 PROVA SISMICA IN FORO "DOWN-HOLE" - in onde P e S
2 PROVE SISMICHE PASSIVE HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
1 PROFILO DIPOLARE ELETTRICO - TOMOGRAFIA

Relativa a:

*"Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana
in zona periurbana di Viale Carlo Levi"*

Area di indagine:

Viale Carlo Levi, Matera

Data: **novembre 2014**

GIULOCO / Prospezioni
del Dott. Giuseppe Locorotolo s.a.s.
Via Dante, 65 - 75100 Matera
P.IVA 0124976L76

GIULOCO-prospezioni s.a.s.

del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo
Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel & fax 0835/264522



[scorcio dell'area indagata, con l'allineamento della Base Sismica B.S.1 coincidente con la Tomografia Elettrica T.E.1]

Elaborati grafici allegati:

- | | | |
|-----------------------|--|----------------|
| Tavola 1. | - Ubicazione Sondaggi Geofisici | (scala 1:1000) |
| Tavole 2.a...d.1...2. | - Geosismica di Superficie - Base a Rifrazione | (scala 1:250) |
| Tavole 2.e-f.1...3. | - Geosismica in Foro - Down-Hole | |
| Tavole 3.a-b.1. | - Geoelettrica - Tomografia | (scala 1:250) |
| Tavole 4.1...7. | - Documentazione Fotografica | |

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: giuloco@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

INDICE

1. PREMESSA.....	pag.	1
2. PROSPEZIONE GEOFISICA.....	pag.	2
- <u>Geosismica a Rifrazione di Superficie - Base.....</u>	pag.	2
- <i>Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati.....</i>	pag.	3
- <i>Correlazioni.....</i>	pag.	4
- <i>Moduli Dinamici.....</i>	pag.	5
- <i>Elaborazione Tomografica della Sezione Sismostratigrafica.....</i>	pag.	5
- <u>Geosismica in Foro - Down-Hole.....</u>	pag.	8
- <i>Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati.....</i>	pag.	9
- <i>Moduli Dinamici e Vs30.....</i>	pag.	10
- <u>Prove di Sismica Passiva – misure HVSR.....</u>	pag.	13
- <i>Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati.....</i>	pag.	14
- <u>Geoelettrica - Tomografia.....</u>	pag.	22
- <i>Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati.....</i>	pag.	22
- <i>Correlazioni.....</i>	pag.	23

ALLEGATI

Tavola 1.	- Ubicazione Sondaggi Geofisici	(scala 1:1000)
Tavole 2. a...d. 1...2.	- Geosismica di Superficie - Base a Rifrazione	(scala 1:250)
Tavole 2. e-f. 1...3.	- Geosismica in Foro - Down-Hole	
Tavole 3. a-b. 1.	- Geoelettrica - Tomografia	(scala 1:250)
Tavole 4. 1...7.	- Documentazione Fotografica	

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

1. PREMESSA

Nell'ambito di uno studio geologico inerente la realizzazione di "Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana in zona periurbana di Viale Carlo Levi" prevista in Viale Carlo Levi a Matera, è stata effettuata una campagna geognostica a carattere geofisico, consistente in 1 Base Sismica a Rifrazione di Superficie in onde P e S con elaborazione tomografica, 1 Prova Sismica in Foro del tipo Down-Hole in onde P e S, 2 Prove di Sismica Passiva del tipo HVSR, 1 Tomografia Elettrica (Profilo Elettrico Dipolare), commissionata dalla **TECNOPALI S.r.L.** – con sede a Matera, in Viale Italia 82 - alla scrivente **GIULOCO-prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo** - con sede a Matera, Via Dante 65.

L'ubicazione dei sondaggi geofisici è mostrata nello stralcio topografico allegato di **Tavola 1**; postazioni ed allineamenti dei diversi sondaggi nonché particolari operativi e strumentali sono mostrati anche nelle foto di **Tavole 4.1...7.**

Il sito indagato non ha presentato rilevanti difficoltà operative se non per la presenza a luoghi di terreno di riporto, che ha complicato il posizionamento dei dispositivi di misura e di energizzazione.

Nel paragrafo seguente sono illustrate le metodologie utilizzate, le tecniche operative, i dati sperimentali ottenuti nonché il modello interpretativo del sottosuolo investigato utile, insieme ad altri dati geognostici disponibili per la stessa area, per la ricostruzione dei lineamenti geologico-tecnici locali ed in particolare per la caratterizzazione sismica ed idrogeologica del territorio.

2. PROSPEZIONE GEOFISICA

- Geosismica a Rifrazione di Superficie - Base

La finalità delle indagini sismiche è in primo luogo di rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica - rifrattori - ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso "roccioso" o "terroso" con differente grado di densità e compattezza.

Dalla sismostratigrafia ottenuta, e con l'ausilio dei rapporti fra le velocità delle onde P e S, è possibile ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche (velocità delle onde elastiche, coefficiente di Poisson e moduli elastici dinamici) degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale o la suscettibilità alla liquefazione di terreni saturi non coesivi e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (V_{s30}).

La campagna geognostica è stata svolta nel mese di ottobre 2014 ed è stata eseguita 1 Base di Sismica a Rifrazione di Superficie, in onde P e S.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 canali, modello Echo24-2010 della AMBROGEO, con acquisizione digitale, funzione di incremento multiplo del segnale, tempi di acquisizione compresi tra 25 e 1000 msec, filtri in ingresso compresi tra 0 e 950 Hz (per eliminare le frequenze indesiderate) e monitoraggio del noise ambientale in continuo.

I geofoni per il rilievo sismico di superficie (Base), di tipo diverso per le onde P e S, sono rispettivamente a 14 e a 10 Hz. Per questa campagna erano disponibili due cavi geofonici di lunghezza pari a 55 m ciascuno con una spaziatura fra gli attacchi di 5 m.

Le onde di tipo **P** (longitudinali) sono state generate mediante ripetuti colpi di una mazza battente (da 8 Kg) su di un piattello metallico posto orizzontalmente sul terreno, mentre le onde di tipo **S** (trasversali) sono state generate mediante l'utilizzo di un dispositivo sperimentale costituito da una struttura in ferro e legno, con facce verticali su cui colpire con la mazza, e con delle alette verticali poste alla base che, infisse per alcuni centimetri nel terreno, trasmettono un impulso di "taglio" al

sottosuolo (evoluzione della tecnica "francese"); in uno dei punti di scoppio, per la generazione delle onde S, si è fatto uso di una semplice asse in ferro infissa per alcuni centimetri nel terreno e colpita su entrambe le facce verticali con il martello.

Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati: Base Sismica di Superficie

L'indagine geosismica (del tipo "a rifrazione" di superficie) è consistita quindi nell'esecuzione di 1 Base Sismica di superficie, siglata B.S.1, in onde P e S. La tecnica utilizzata è stata quella degli scoppi coniugati **A e B**, con scoppio centrale **E** ed ulteriori 2 scoppi intermedi **F e G** per un totale di **5** punti di scoppio per ciascuna Base.

Per quanto riguarda la geometria adottata nella Base Sismica, i **24** geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di **2.5** m; i punti di scoppio A e B sono a 1.25 m rispettivamente dal geofono G1 e dal G24, in posizione esterna allo stendimento geofonico, lo scoppio E è posto al centro dello stendimento stesso (fra i geofoni G12 e G13), gli scoppi F e G sono intermedi fra gli scoppi esterni e quello centrale (rispettivamente fra i geofoni G6 e G7 e fra i geofoni G18 e G19). Quindi, l'intero stendimento per la Base eseguita risulta di **60** m in onde P e di **60** m in onde S.

La profondità di investigazione raggiunta è valutabile in almeno 15 m dal piano campagna.

I Sismogrammi sperimentali (vedi **Tavole 2.a.1-2.**), registrati sulla memoria interna del sismografo in campagna, sono stati letti, elaborati ed interpretati utilizzando un procedimento informatico basato sull'utilizzo di un programma della Interpex Limited (IXRefraX 1.21, versione 2013). Per le onde S, il rilievo dei tempi di primo arrivo è stato condotto anche per confronto delle tracce sismiche ottenute da scoppi bidirezionali eseguiti in uno stesso punto (ed indicati ad esempio con A+ e A-). I tempi di primo arrivo delle onde così ottenuti, sono riportati nei diagrammi tempi-distanze (Dromocrone - vedi **Tavola 2.b.1.**).

L'interpretazione congiunta delle dromocrone, effettuata anch'essa con l'ausilio dell'elaboratore e con metodologia GRM (programma IXRefraX 1.21), ha fornito i valori delle velocità (in m/sec) delle onde P e S ed i valori delle profondità (in m) dei rifrattori (discontinuità fisiche) nei sismostrati lungo il

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorato@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

profilo in esame; questi dati hanno consentito l'elaborazione della Sezione Sismostratigrafica (vedi **Tavola 2.c.1.**) che presenta un modello a tre strati.

Le velocità delle onde sismiche nei sismostrati e le profondità dei rifrattori individuati sono leggibili graficamente nella stessa sezione. Per comodità di lettura le velocità **Vp** e **Vs** nonché gli spessori medi **h** calcolati lungo la sezione sono riportati nelle tabelle seguenti:

BASE B.S.1	Vp (m/sec)	h (m)	Vs (m/sec)
<i>sismostrato 1</i>	220	0.8	70
<i>sismostrato 2</i>	550	2.5	150
<i>sismostrato 3</i>	1290	-	270

Correlazioni

Sulla scorta di osservazioni superficiali e di dati di cartografia geologica nonché dei dati stratigrafici ottenuti da alcune perforazioni a carotaggio continuo eseguite nella stessa area e trasmessi dal Geologo redattore della Relazione Generale, il modello a tre strati ottenuto nella Base eseguita può essere riferito alla seguente successione costituita (dall'alto) da:

B.S.1:

- **ammasso superficiale** ($V_p = 220$ m/sec, $V_s = 70$ m/sec), rappresentato da un ammasso "prevalentemente terroso" (disegnato con il retino a "punti" di colore rosso), correlabile a terreno vegetale e/o di riporto, sabbioso-limoso con qualche elemento lapideo, allo stato sciolto, molto poco addensato e compatto, eterogeneo lateralmente;

- **ammasso intermedio** ($V_p = 550$ m/sec, $V_s = 150$ m/sec), rappresentato da un ammasso "prevalentemente terroso" (disegnato con il retino a "punti e tratti" di colore verde), correlabile a sabbie limose a monte (con un orizzonte lapideo arenaceo-conglomeratico), a limi argillosi alterati a valle, poco addensato e compatto, eterogeneo lateralmente;

- **ammasso di base** ($V_p = 1290$ m/sec, $V_s = 270$ m/sec), rappresentato da un ammasso "prevalentemente terroso" (disegnato con il retino a "linee e punti" di colore blu), correlabile a limi argillosi mediamente consistenti e con un basso grado di alterazione, mediamente addensato e compatto, poco eterogeneo lateralmente.

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorato@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

Moduli dinamici

Considerando i valori di velocità delle onde sismiche P e S ottenuti nella Base eseguita, sono stati ricavati i moduli dinamici del sottosuolo in esame e relativi a ciascun orizzonte sismico individuato; tali parametri sono: il Coefficiente di Poisson (ν), il Modulo di Young (**E**, in Kg/cm²), il Modulo di Taglio (**G**, in Kg/cm²) e il Modulo di Incompressibilità (**K**, in Kg/cm²); è stata calcolata anche la Rigidezza Sismica **R** (definita come il prodotto fra peso di volume e velocità delle onde S, in t/mc*Km/sec). Nella tabella seguente ne sono indicati i valori calcolati, arrotondati alla cifra intera, assumendo come valore di peso di volume (γ , in g/cm³) dei diversi strati il valore di 2 g/cm³ (qualora il Geologo redattore dello studio generale avesse a disposizione dati di peso di volume ricavati da prove di laboratorio è sufficiente dividere i valori dei moduli dinamici sottoriportati per 2 e moltiplicare per il nuovo valore di peso di volume):

BASE B.S.1	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ν	γ	E	G	K	R
sismostrato 1	220	70	0.44	2.00	290	100	850	0.14
sismostrato 2	550	150	0.46	2.00	1300	460	5600	0.30
sismostrato 3	1290	270	0.48	2.00	4400	1500	32000	0.54

Di seguito si forniscono anche i valori di Frequenza Fondamentale dei sismostrati sovrastanti il bedrock (terzo sismostrato) stimati con la nota formula di Nakamura $F=Vs/4h$ [dove F = frequenza in Hz, Vs = velocità delle onde S dello strato iesimo, h = spessore dello strato iesimo]:

BASE B.S.1	Vs (m/sec)	h (m)	F (Hz)
sismostrato 1	70	0.8	21.9
sismostrato 2	150	2.5	15.0

Elaborazione Tomografica della Sezione Sismostratigrafica

In generale lo scopo dell'inversione tomografica delle sezioni sismostratigrafiche è quello di ottenere un maggiore dettaglio dell'andamento della velocità di propagazione delle onde sismiche nel

sottosuolo rispetto a quanto ottenuto nelle stesse sezioni sismostratigrafiche elaborate con il classico metodo GRM.

L'inversione tomografica parte dalla impostazione di un modello di velocità iniziale (costruito sulla scorta di quanto ottenuto con la elaborazione GRM); fatto ciò, si procede con due passi principali: la risoluzione del "problema diretto" e la risoluzione del "problema inverso". Lo scopo del primo passo è il calcolo dei tempi di primo arrivo e dei corrispondenti percorsi dei raggi sismici (raypaths): le differenze tra i tempi di percorso osservati in campagna e quelli calcolati sulla base del modello impostato costituiscono il dato di ingresso per il passo successivo. Un modo di risolvere il "problema inverso" è quello di dividere la regione investigata in celle e di trovare le perturbazioni del modello iniziale, supposto che la perturbazione per ciascuna cella sia costante. Aggiungendo tali perturbazioni al modello iniziale si ottiene il modello finale raffinato che rappresenta il risultato della inversione tomografica. Il software utilizzato è il Rayfract 3.32 della Intelligent Resources Inc. (versione 2014).

La rappresentazione grafica del processo di inversione tomografica realizzato sulla sezione sismostratigrafica ottenuta con la Base Sismica è riportata sulla **Tavola 2.d.1.**, nella quale è possibile, in primo luogo, analizzare l'andamento della velocità di propagazione delle onde sismiche P con un dettaglio maggiore rispetto alla rispettiva sezione sismostratigrafica (riportata nella rispettiva **Tavola 2.c.1.**) e, in secondo luogo, evidenziare l'aumento con la profondità e le variazioni laterali della velocità di propagazione nell'ambito dello stesso sismostrato.

Nella elaborazione tomografica relativa alla Base Sismica **B.S.1**, l'andamento delle curve ad uguale velocità di propagazione delle onde sismiche (isolinee) risulta piuttosto irregolare in superficie, più regolare in profondità, con:

- una spessa seppure discontinua coltre superficiale "lenta" (colore del retino tendente al rosso, limite inferiore intorno all'isolinea 400 m/sec) caratterizzata da isolinee ad andamento poco regolare che evidenziano una certa eterogeneità laterale delle caratteristiche elastiche dei litotipi che la costituiscono; il gradiente di velocità si presenta molto ridotto e quindi ci si deve attendere la presenza di litotipi molto allentati ed alterati; lo spessore è variabile da nullo (nella parte alta) fino a circa 2.5 m

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

nella zona di valle; questo orizzonte è correlabile a terreno vegetale e/o di riporto, sabbioso-limoso con qualche elemento lapideo;

- una coltre intermedia moderatamente più "veloce" (colore del retino dal giallo al verde, limite superiore intorno all'isolinea 400 m/sec, limite inferiore intorno all'isolinea 1200 m/sec) caratterizzata da isolinee ad andamento blandamente irregolare che mettono in evidenza delle modeste variazioni laterali nel grado di addensamento e compattezza dei litotipi; il gradiente di velocità si presenta ancora piuttosto basso e quindi ci si deve attendere la presenza di litotipi con grado di addensamento e compattezza che aumenta lentamente all'aumentare della profondità; lo spessore è molto variabile e compreso tra 3-4 m fino ad oltre 10 m nella zona di valle; questo orizzonte è correlabile in alto a sabbie limose a monte (con un orizzonte lapideo arenaceo-conglomeratico intercalato), a limi argillosi alterati a valle, mentre in basso a limi argillosi mediamente consistenti;

- un substrato più "veloce" (colore del retino tendente dal ciano al blu, limite superiore intorno all'isolinea 1200 m/sec e limite inferiore a fondo sezione) caratterizzato da isolinee ad andamento blandamente irregolare che evidenziano ancora modeste variazioni laterali nel grado di addensamento e compattezza dei litotipi; il gradiente di velocità è ancora piuttosto basso; questo orizzonte è correlabile a limi argillosi mediamente consistenti e con un basso grado di alterazione.

- Geosismica in Foro - Down-Hole

La finalità delle indagini sismiche è in primo luogo di rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica - rifrattori - ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso roccioso o terroso con differente grado di densità e compattezza.

Dalla sismostratigrafia ottenuta, e con l'ausilio dei rapporti fra le velocità delle onde P e S, è possibile ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche (velocità delle onde elastiche, coefficiente di Poisson e moduli elastici dinamici) degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale o la suscettibilità alla liquefazione di terreni saturi non coesivi e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (V_{s30}).

La campagna geognostica è stata svolta nel mese di ottobre 2014 ed è stata eseguita 1 Prova Sismica in Foro del tipo "Down-Hole", in onde P e S, in un perforo siglato S.1 all'uopo attrezzato fino alla profondità utile di circa 25 m.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 canali, modello Echo24-2010 della AMBROGEO, con acquisizione digitale, funzione di incremento multiplo del segnale, tempi di acquisizione compresi tra 25 msec e oltre 30 m, filtri in ingresso compresi tra 0 e 950 Hz (per eliminare le frequenze indesiderate) e monitoraggio del noise ambientale in continuo.

La sonda geofonica per i rilievi sismici in foro (Down-Hole), modello Seis 5-D (AMBROGEO), è dotata di 5 geofoni a 4.5 Hz (uno verticale per le onde P e quattro orizzontali posti perpendicolarmente per le onde S); l'ancoraggio della sonda alla tubazione in PVC (da 80 mm) del perforo è stato garantito da due pistoni pneumatici azionati da un dispositivo ad aria compressa.

Le onde di tipo P (longitudinali) sono state generate mediante ripetuti colpi di una mazza battente (da 8 Kg) su di un piattello metallico posto orizzontalmente sul terreno, mentre le onde di tipo S (trasversali) sono state generate mediante l'utilizzo di un dispositivo sperimentale costituito da una struttura in ferro e legno, con facce verticali su cui colpire con la mazza, e con delle alette verticali

poste alla base che, infisse per alcuni centimetri nel terreno, trasmettono un impulso di "taglio" al sottosuolo (evoluzione della tecnica "francese").

Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati: Prova Sismica in Foro "Down-Hole"

L'indagine geosismica in foro è consistita come detto nell'esecuzione di **1** "Down-Hole", siglato D.H.1, in onde P e S, in corrispondenza di un perforo di sondaggio (S.1), di lunghezza utile pari a circa 25 m, già terebrato ed all'uopo attrezzato con tubazione in PVC da 80 mm e cementazione dell'intercapedine.

La tecnica utilizzata è consistita nel calare la sonda geofonica nel tubo, posizionandola a diverse profondità (con passo di misura di 1 m); per ogni profondità sono stati registrati i sismogrammi relativi ai due tipi di onde P (vedi **Tavola 2.e.1.**) e S (vedi **Tavola 2.e.2-3.**). La distanza del punto di battuta (sorgente) dall'asse del foro è stata fissata in 2 m e di ciò se ne è tenuto conto per la correzione dei tempi di primo arrivo.

I sismogrammi sperimentali, registrati sul disco fisso del computer portatile in campagna e riportati nelle **Tavole 2.e.1...3.**, sono stati letti, elaborati ed interpretati utilizzando un procedimento informatico basato sull'utilizzo di un programma della Interpex Limited (IXRefraX 1.21, versione 2013). I tempi di primo arrivo delle onde P e S e le relative velocità intervallari e verticali così ottenuti (ogni metro) sono riportati nella tabella mostrata nella pagina seguente ("**dati sperimentali**"). Le velocità "intervallari" V_p e V_s si riferiscono alla velocità delle onde in ogni tratto di foro indagato; le velocità "verticali" V_p e V_s sono le velocità apparenti misurate dal piano campagna fino alla relativa profondità.

Correlando le risultanze della prova sismica in foro con quanto ottenuto dalla stratigrafia del sondaggio meccanico a carotaggio continuo è stato possibile definire un modello sismostratigrafico sintetico del sottosuolo, tenendo conto pertanto sia delle litologie descritte sulla colonnina stratigrafica (e riportate sinteticamente sulla **Tavola 2.f.1.**) sia dei valori di velocità delle onde sismiche rilevati; con questi ultimi è stato possibile, in definitiva, caratterizzare dal punto di vista elastico-dinamico il sottosuolo indagato ricavando un modello sismostratigrafico a più strati valido per l'intorno del perforo

DOWN-HOLE D.H.1

PROSPEZIONE SISMICA "DOWN-HOLE" D.H.1: dati sperimentali							
profondità perforo (S.1) = 25 m - passo di misura = 1.0 m							
località: Viale Carlo Levi - Matera							
<i>d</i>	<i>z</i>	<i>d/z</i>	<i>alfa</i>	<i>t</i>	<i>tv</i>	velocità intervallari <i>Vp</i>	velocità verticali <i>Vp</i>
2	25	0,0800	0,0798	20,7	20,6	998	1212
2	24	0,0833	0,0831	19,7	19,6	1.245	1222
2	23	0,0870	0,0867	18,9	18,8	1.421	1222
2	22	0,0909	0,0907	18,2	18,1	1.420	1214
2	21	0,0952	0,0950	17,5	17,4	1.244	1205
2	20	0,1000	0,0997	16,7	16,6	1.976	1204
2	19	0,1053	0,1049	16,2	16,1	1.242	1179
2	18	0,1111	0,1107	15,4	15,3	1.647	1176
2	17	0,1176	0,1171	14,8	14,7	905	1157
2	16	0,1250	0,1244	13,7	13,6	1.961	1177
2	15	0,1333	0,1326	13,2	13,1	2.422	1146
2	14	0,1429	0,1419	12,8	12,7	1.944	1105
2	13	0,1538	0,1526	12,3	12,2	1.399	1069
2	12	0,1667	0,1651	11,6	11,4	1.225	1049
2	11	0,1818	0,1799	10,8	10,6	984	1035
2	10	0,2000	0,1974	9,8	9,6	1.590	1041
2	9	0,2222	0,2187	9,2	9,0	1.202	1002
2	8	0,2500	0,2450	8,4	8,1	1.188	982
2	7	0,2857	0,2783	7,6	7,3	1.748	958
2	6	0,3333	0,3218	7,1	6,7	1.260	891
2	5	0,4000	0,3805	6,4	5,9	1.503	841
2	4	0,5000	0,4636	5,9	5,3	1.052	758
2	3	0,6667	0,5880	5,2	4,3	1.072	693
2	2	1,0000	0,7854	4,8	3,4	1.250	589
2	1	2,0000	1,1071	5,8	2,6	386	386
<i>d</i>	<i>z</i>	<i>d/z</i>	<i>alfa</i>	<i>t</i>	<i>tv</i>	velocità intervallari <i>Vs</i>	velocità verticali <i>Vs</i>
2	25	0,0800	0,0798	103,1	102,8	200	243
2	24	0,0833	0,0831	98,1	97,8	232	245
2	23	0,0870	0,0867	93,8	93,4	367	246
2	22	0,0909	0,0907	91,1	90,7	284	242
2	21	0,0952	0,0950	87,6	87,2	232	241
2	20	0,1000	0,0997	83,3	82,9	448	241
2	19	0,1053	0,1049	81,1	80,7	226	236
2	18	0,1111	0,1107	76,7	76,2	231	236
2	17	0,1176	0,1171	72,4	71,9	236	236
2	16	0,1250	0,1244	68,2	67,7	364	236
2	15	0,1333	0,1326	65,5	64,9	211	231
2	14	0,1429	0,1419	60,8	60,2	316	233
2	13	0,1538	0,1526	57,7	57,0	235	228
2	12	0,1667	0,1651	53,5	52,8	234	227
2	11	0,1818	0,1799	49,3	48,5	344	227
2	10	0,2000	0,1974	46,5	45,6	193	219
2	9	0,2222	0,2187	41,4	40,4	212	223
2	8	0,2500	0,2450	36,8	35,7	303	224
2	7	0,2857	0,2783	33,7	32,4	193	216
2	6	0,3333	0,3218	28,7	27,2	141	220
2	5	0,4000	0,3805	21,7	20,1	192	248
2	4	0,5000	0,4636	16,7	14,9	168	268
2	3	0,6667	0,5880	10,8	9,0	371	334
2	2	1,0000	0,7854	8,9	6,3	609	318
2	1	2,0000	1,1071	10,4	4,7	215	215

Nota: *d*, *z* sono espressi in m; *t*, *tv* sono espressi in msec; *Vp*, *Vs* sono espressi in m/sec
d = distanza del punto sorgente dal perforo - *z* = profondità di posizionamento della sonda geofonica
t = tempo di primo arrivo dell'onda sismica - *tv* = tempo di primo arrivo corretto in funzione della distanza *d*

indagato. Tale modello sismostratigrafico è mostrato nella tabella riportata nella pagina seguente ("modello sismostratigrafico").

Nella già citata tavola grafica allegata (**Tavola 2.f.1.**) sono riportati graficamente mediante istogrammi gli andamenti delle velocità "intervallari" con le profondità, per ciascun intervallo di misura, dai quali è possibile mettere in evidenza la presenza di livelli più (alte velocità) o meno (basse velocità) compatti ed addensati nell'ambito dello stesso litotipo.

Inoltre, nello stesso grafico sono anche riportati i tempi di arrivo corretti (in funzione della distanza $d = 2$ m punto di scoppio-perforo) delle onde P e S alle relative profondità ed altri dati e parametri di interesse.

In particolare, si deve sottolineare la presenza di un primo sismostrato (fino a 1 m dal p.c.) caratterizzato da velocità basse sia per le onde P che per le onde S; poi si osserva un secondo sismostrato in cui la parte alta (da 1 a 2 m) risulta caratterizzata da elevate velocità sia per le onde P che per le onde S (legate alla presenza di un orizzonte litoide) mentre la parte bassa (da 2 a 3 m) risulta decisamente più lenta; quindi si incontra un terzo sismostrato con velocità piuttosto basse in funzione dei litotipi presenti (prevalentemente limi argillosi con un certo grado di alterazione), e, infine, un quarto sismostrato in cui le velocità medie sia delle onde P che delle onde S risultano leggermente più alte rispetto al sismostrato precedente; negli ultimi due sismostrati i livelli a bassa velocità (soprattutto per le onde P) si possono correlare a livelli in cui la frazione sabbiosa non è trascurabile rispetto alle frazioni limose e argillose.

Moduli dinamici e V_{s30}

Considerando i valori di velocità delle onde sismiche P e S ottenuti nella prova sismica in foro eseguita, per ciascuno dei sismostrati definiti nel "modello sismostratigrafico", sono stati ricavati i **moduli dinamici** del sottosuolo in esame; tali parametri sono: il Coefficiente di Poisson (σ), il Modulo di Young (**E**, in Kg/cm²), il Modulo di Taglio (**G**, in Kg/cm²) e il Modulo di Incompressibilità (**K**, in Kg/cm²).

DOWN-HOLE D.H.1

PROSPEZIONE SISMICA "DOWN-HOLE" D.H.1: modello sismostratigrafico							
<i>profondità perforo (S.1) = 25 m - passo di misura = 1.0 m</i>							
<i>località: Viale Carlo Levi - Matera</i>							
<i>d</i>	<i>z</i>	<i>d/z</i>	<i>alfa</i>	<i>t</i>	<i>tv</i>	<i>velocità intervallari Vp</i>	<i>velocità verticali Vp</i>
2	25	0,0800	0,0798	20,7	20,6	1.416	1212
2	13	0,1538	0,1526	12,3	12,2	1.277	1069
2	3	0,6667	0,5880	5,2	4,3	1.154	693
2	1	2,0000	1,1071	5,8	2,6	386	386
<i>d</i>	<i>z</i>	<i>d/z</i>	<i>alfa</i>	<i>t</i>	<i>tv</i>	<i>velocità intervallari Vs</i>	<i>velocità verticali Vs</i>
2	25	0,0800	0,0798	103,1	102,8	262	243
2	13	0,1538	0,1526	57,7	57,0	208	228
2	3	0,6667	0,5880	10,8	9,0	461	334
2	1	2,0000	1,1071	10,4	4,7	215	215

Nota: d, z sono espressi in m; t, tv sono espressi in msec; Vp, Vs sono espressi in m/sec

d = distanza del punto sorgente dal perforo - z = profondità di posizionamento della sonda geofonica

t = tempo di primo arrivo dell'onda sismica - tv = tempo di primo arrivo corretto in funzione della distanza d

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

Nella tabella di seguito riportata ne sono indicati i valori calcolati, arrotondati, assumendo come valore di peso di volume (γ , in g/cm³) dei diversi sismostrati il valore di 2 g/cm³ (qualora ci fossero a disposizione dati di peso di volume ricavati da prove di laboratorio è sufficiente dividere i valori dei moduli dinamici sottoriportati per 2 e moltiplicare per il nuovo valore di peso di volume):

D.H.1 (S.1)	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	σ	γ (g/cm³)	E (Kg/cm²)	G (Kg/cm²)	K (Kg/cm²)
sismostrato 1 (0-1)	390	210	0.30	2.00	2300	900	1900
sismostrato 2 (1-3)	1150	460	0.40	2.00	12000	4300	21000
sismostrato 3 (3-13)	1280	210	0.49	2.00	2700	900	32000
sismostrato 4 (13-25)	1420	260	0.48	2.00	4100	1400	39000

A supporto dell'analisi dell'amplificazione sismica locale, è stata calcolata anche la Rigidità Sismica **R** (definita come il prodotto fra peso di volume e velocità delle onde S, in t/mc*Km/sec); di seguito nella tabella sotto riportata si forniscono i valori indicativi delle Rigidità Sismiche proprie di ciascuno sismostrato (**R_i**), al fine di valutarne la consistenza:

D.H.1 (S1)	R_i (t/mc*Km/sec)
sismostrato 1 (0-1)	0.42
sismostrato 2 (1-3)	0.92
sismostrato 3 (3-13)	0.42
sismostrato 4 (13-25)	0.52

Il valore di **V_{s30}**, calcolato così come previsto dalla recente normativa sismica [$V_{s30} = 30/\sum(h_i/V_{s_i})$ dove h_i = spessore medio in metri dello strato iesimo, V_{s_i} = velocità onde S in m/sec dello strato iesimo] ed utilizzabile come parametro di riferimento per la classificazione dei terreni in esame, è riportato nella tabella seguente:

PROVA in FORO	V_{s30} (m/sec)
D.H.1	250

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

Considerata la lunghezza (25 m) della prova sismica D.H.1, il valore di V_{s30} è stato calcolato estendendo lo spessore dello strato di base fino alla profondità di 30 m.

Di seguito si forniscono anche i valori di Frequenza Fondamentale dei sismostrati sovrastanti il "bedrock" (quarto sismostrato) stimati con la nota formula di Nakamura $F=V_s/4h$ [dove F = frequenza in Hz, V_s = velocità delle onde S dello strato iesimo, h = spessore dello strato iesimo]:

PROVA D.H.1	V_s (m/sec)	h (m)	F (Hz)
sismostrato 1	210	1.0	52.5
sismostrato 2	460	2.0	57.5
sismostrato 3	260	10.0	5.3

- Prove di Sismica Passiva: misure HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} – 10^{-2} mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc... e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima.

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier
- Rapporti spettrali
- Rapporti spettrali H/V

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio. Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico/ingegneristico per derivare direttamente i seguenti parametri:

- la frequenza fondamentale di risonanza F_0 dei terreni presenti nel sottosuolo;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio e i relativi modi di vibrare.

Sui grafici ottenuti dalle prove si vanno ad osservare quindi eventuali picchi del rapporto H/V, che indicano la presumibile presenza di un contrasto di impedenza posto ad una certa profondità, e se ne osserva l'ampiezza – che è legata all'entità del contrasto di impedenza anche se in maniera non lineare – da cui in prima approssimazione si può stimare il grado di amplificazione di sito.

Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati: Misure HVSR

Nell'area in esame sono state eseguite 2 prove HVSR; la prova **HVSR.1** è posizionata in adiacenza al sondaggio S.3, la prova **HVSR.2** è posizionata in adiacenza al sondaggio S.1, così come mostrato nello stralcio di **Tavola 1.**

Nelle prove eseguite per le misure di microtremore ambientale, della durata di 20 minuti ciascuna, è stato utilizzato un sismografo del tipo a 24 canali, modello Echo24-2010 della AMBROGEO, a 24 bit, con acquisizione digitale, con diverse frequenze di acquisizione, e un geofono tridirezionale (costituito da un geofono verticale e due orizzontali – a 2 Hz - montati in un unico contenitore dotato di punte coniche per l'infissione e bolla per l'orizzontalità) allineato con l'asse N-S.

I dati di rumore così registrati sono stati elaborati con il software Winmasw Academy 6.1 della Eliosoft e, per ciascuna delle 2 prove eseguite, è stata ottenuta (a seguito anche della rimozione dei transienti ritenuti di disturbo) la curva del rapporto H/V adottando i seguenti parametri: larghezza della

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorato@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

finestra di analisi pari a 20 s, lisciamento spettrale con finestra triangolare fissato al 10%, tapering al 5%.

Nelle pagine seguenti, per le prove eseguite, si riportano i grafici accessori ottenuti (sismogrammi delle componenti verticali ed orizzontali, diagrammi della direttività del segnale, andamenti della persistenza nel tempo) e quello principale riportante gli andamenti del rapporto spettrale HVSR; infine, sono riportati gli esiti dell'analisi dei criteri SESAME.

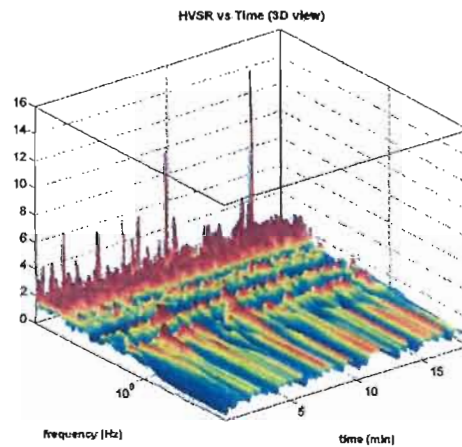
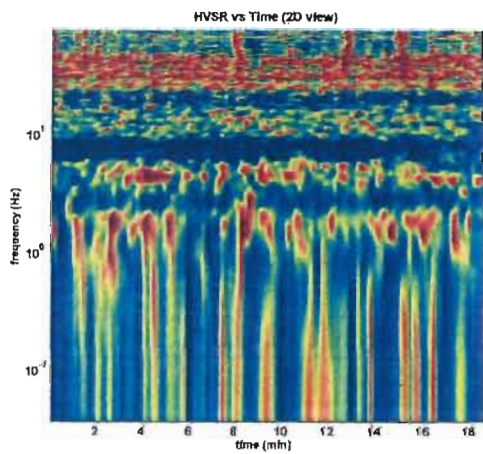
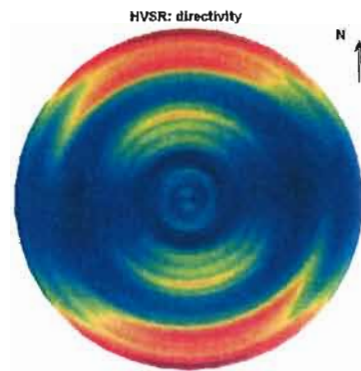
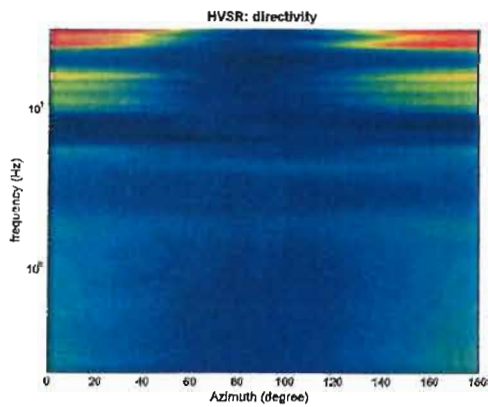
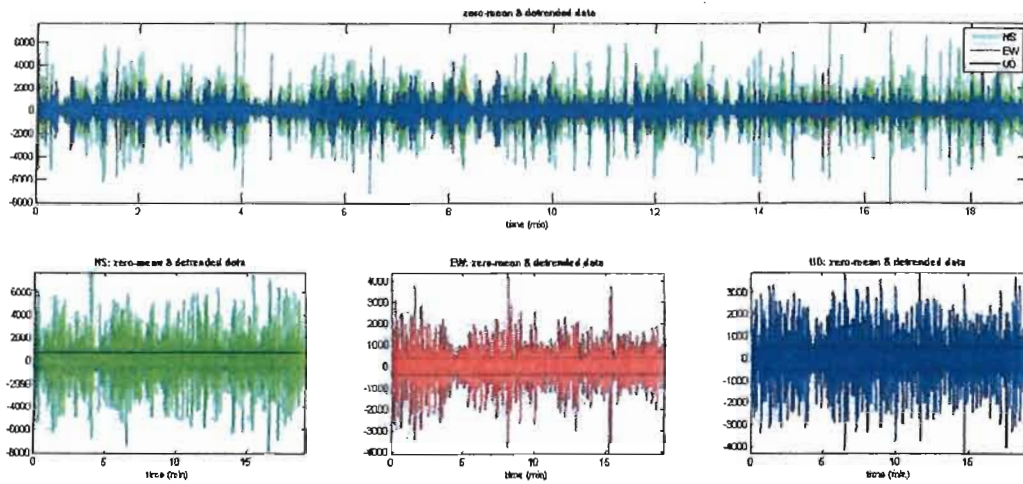
GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: giuloco@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

HVSR.1



GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

show file refresh close functions

average (optional) - document 128Hz new frequency **compute**

average: HV computation plot HV curve **delete area**

remove spectra plot HV curve **compute**

20 window length (a) **compute**

10 capacity (%) **compute**

5% spectral smoothing (circular window) **compute**

show particle motion (raw data) **compute**

all output

average (optional) - directional analysis max freq 32 Hz **compute**

average (optional) - directional power time time step 50 s **compute**

average (optional) - save HVSR as file to Save HV form C25 to 64 Hz **compute**

save HV curve (as file) **compute**

save - replace existing HV curve **compute**

plot HV curve **compute**

average HV curve for plotted curves **compute**

quick analysis (p-Hz/Hz) **compute**

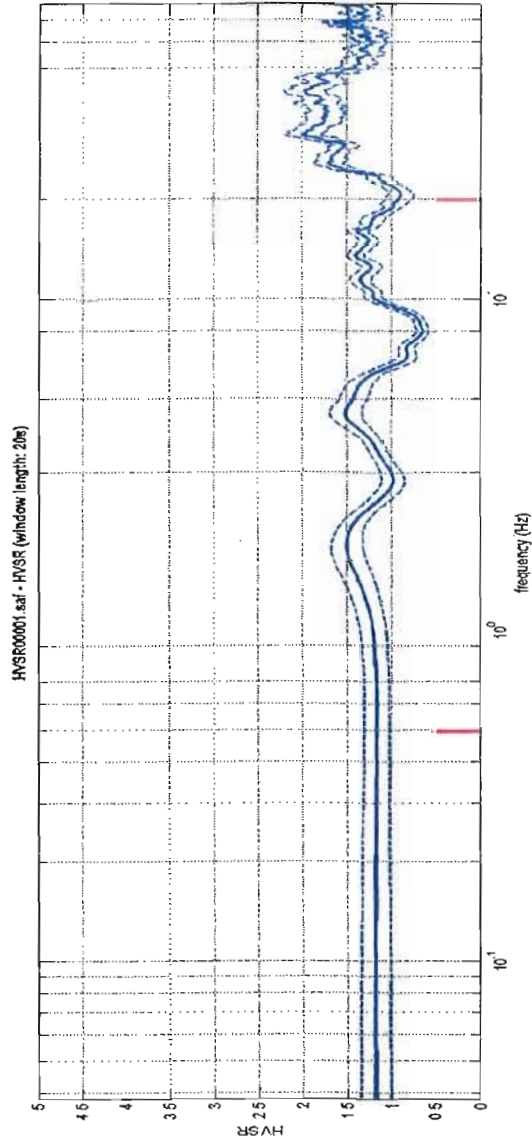
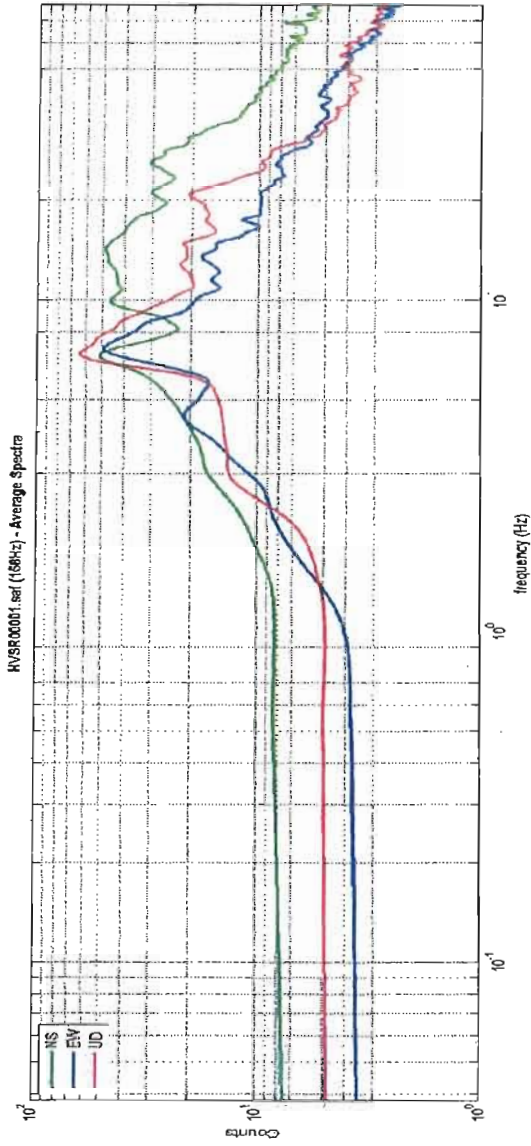
average (a) (m/s) **compute**

350 (from surface to bedrock) **compute**

5 depth of the borehole (m) **compute**

0m Vg of HV borehole **compute**

www.winmasw.com



To modify the HVSR plots (only with HVSR or HVSR/EC data), save the HV curve, go to the Velocity Spectra, Modify & Plotting panels and, updating the saved HV curve

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

CRITERI SESAME:

Dataset: HVSR00001.saf

Sampling frequency (Hz): 156

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 19.1

Tapering (%): 10

=====
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 4.5 (± 5.8)

Peak HVSR value: 1.5 (± 0.2)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: $4.534 > 0.5$ (OK)

#2. [$nc > 200$]: $10157 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (NO)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 4.5Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $1.5 < 2$ (NO)

#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

#5. [$\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$]: $5.845 > 0.227$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.181 < 1.58$ (OK)

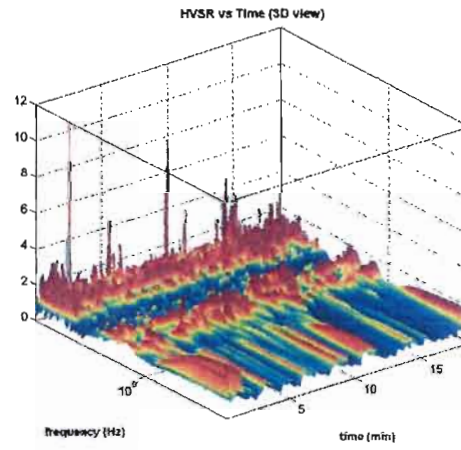
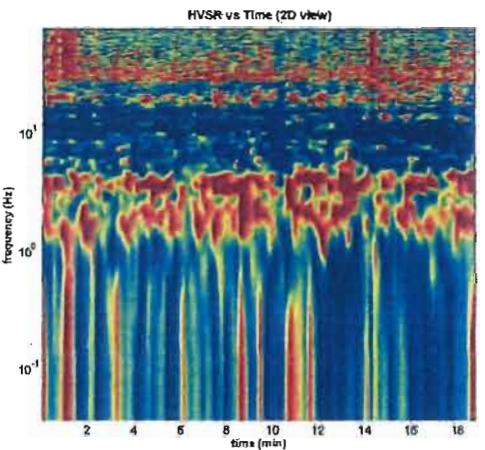
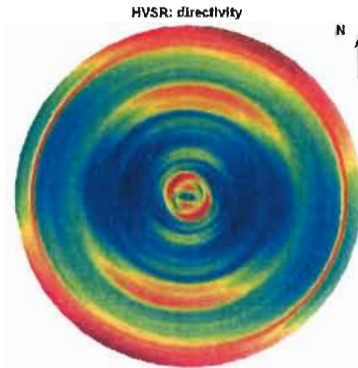
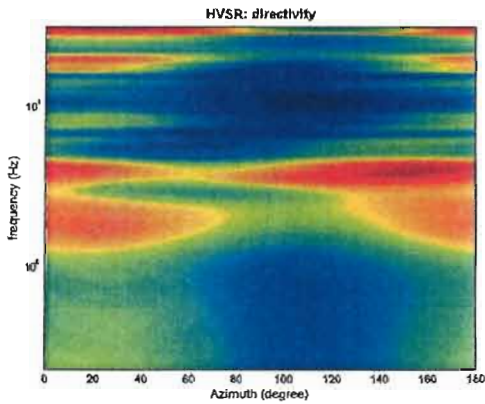
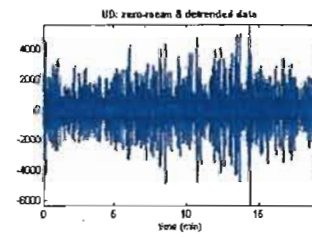
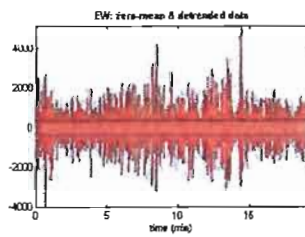
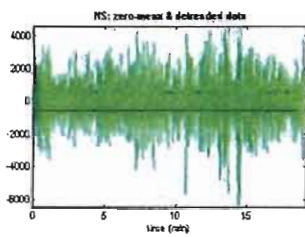
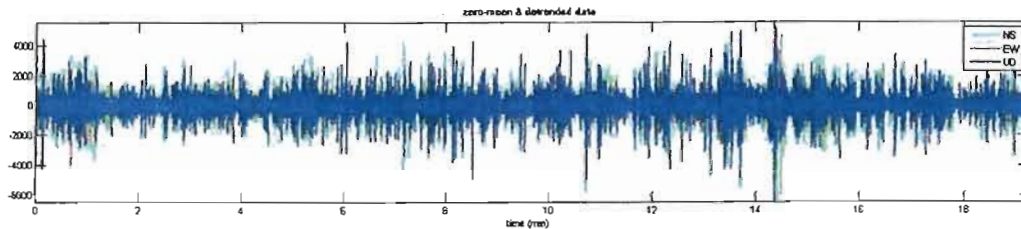
GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

HVSR.2

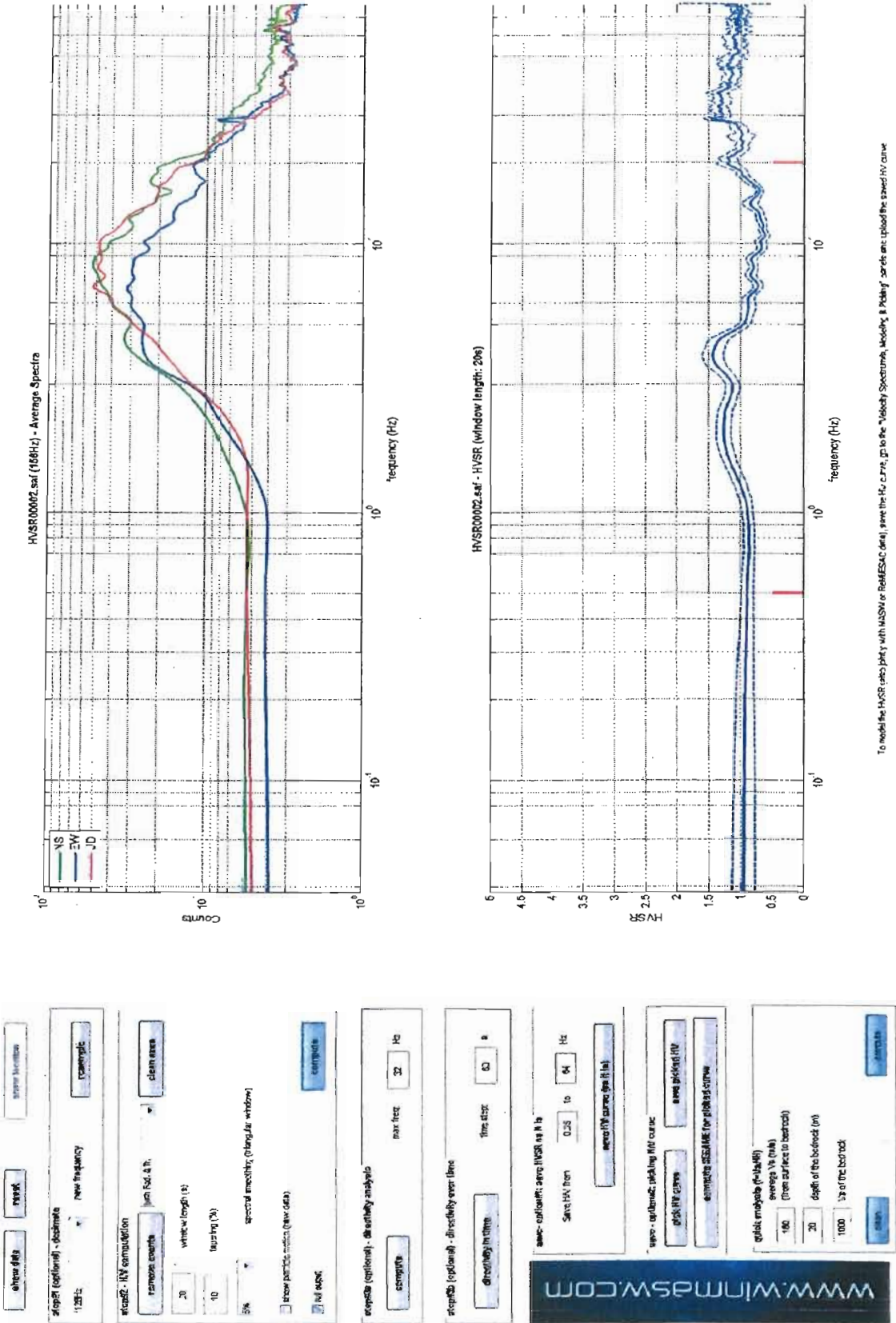


GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>



To modify the HVSR plot plot it with MASW or Reflected, save the HV curve, go to the 'Velocity Spectrum, Modulus, Plotting' menu and plot the saved HV curve

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

CRITERI SESAME:

Dataset: HVSR00002.saf

Sampling frequency (Hz): 156

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 19.2

Tapering (%): 10

=====
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 3.8 (± 6.3)

Peak HVSR value: 1.4 (± 0.2)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: 3.849 > 0.5 (OK)

#2. [$nc > 200$]: 8698 > 200 (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (NO)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 3.8Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: 1.4 < 2 (NO)

#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

#5. [$\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$]: 6.309 > 0.192 (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: 0.162 < 1.58 (OK)

Analizzando le 2 curve H/V così ottenute nel tratto più interessante del grafico (0-20÷25 Hz; al di sopra sono presenti solo picchi di natura antropica o comunque riferibili a contrasti di impedenza sismica estremamente superficiali) non si segnala la presenza di picchi di ampiezza particolarmente significativa, chiari e netti o che comunque soddisfino completamente i criteri SESAME di cui sono stati su riportati gli esiti.

In dettaglio, nelle singole prove, si possono evidenziare i seguenti deboli picchi o blande ondulazioni:

- HVSR_1: a circa 1.8 Hz e con ampiezza 1.5; a circa 4.5 Hz e con ampiezza 1.5;
- HVSR_2: a circa 3.8 Hz e con ampiezza 1.4

corrispondenti ad altrettanto deboli contrasti di impedenza sismica presenti nel sottosuolo.

- Geoelettrica - Tomografia

In generale lo scopo di queste indagini consiste nella determinazione dell'andamento del campo di resistività elettrica del terreno, misurato lungo un profilo, ed in particolare delle anomalie dello stesso campo. Da tali andamenti anomali si possono evincere utili indicazioni circa l'elettrostratigrafia, la posizione nel sottosuolo di eventuali corpi localizzati con caratteristiche differenti rispetto all'ammasso di terreno circostante, la posizione di livelli idrici, l'individuazione di vuoti ed altri elementi ancora.

L'osservazione dell'andamento del campo di resistività elettrica è condotta mediante la lettura di sezioni di resistività, ricavate con un apposito supporto informatico – EARTHIMAGER 2D della Advanced Geosciences, Inc. (AGI) - il cui algoritmo è basato sul metodo della FEM. La metodologia prende anche il nome di Tomografia Elettrica.

La finalità principale della presente indagine è stata quella di rilevare il campo di resistività elettrica presente nel sottosuolo allo scopo di ottenere elementi utili per il riconoscimento della stratigrafia del sito, per la distinzione delle porzioni a prevalente componente "terrosa" rispetto a quelle a prevalente componente "rocciosa", per la stima del grado di omogeneità laterale e della granulometria dell'ammasso, per l'individuazione di porzioni di ammasso sature o parzialmente sature, per l'individuazione di vuoti e di eventuali manufatti sepolti.

Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati

L'indagine geoelettrica è stata svolta nel mese di ottobre 2014 ed è consistita nell'esecuzione di 1 Profilo Dipolare, siglato **T.E.1.**, eseguito con configurazione elettroica Wenner, disposto lungo una direttrice coincidente con quella della Base Sismica B.S.1, così come mostrato nella planimetria di **Tavola 1.** La profondità massima investigata, al centro del Profilo, si può stimare intorno ai 10-12 m dal piano campagna.

La geometria adottata nella Tomografia Elettrica **T.E.1** è la seguente: una distanza interelettroica pari a 1.5 m, una lunghezza del profilo di 60 m, con l'utilizzo di 41 elettrodi (infissi contemporaneamente nel terreno) che fungono alternativamente da poli di lettura di differenza di

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

potenziale ΔV (M-N) e di intensità di corrente I (A-B); tale configurazione ha fornito circa 260 punti di misura dei parametri elettrici distribuiti nel sottosuolo lungo il Profilo.

La strumentazione utilizzata è costituita da un georesistivimetro modello Mangusta 2 GET della AMBROGEO (anno 2007) interfacciato con un computer portatile, una serie di elettrodi in acciaio per la misura della differenza di potenziale ΔV e dell'intensità di corrente I e da un gruppo elettrogeno a motore per l'energizzazione. Per la connessione degli elettrodi sono stati utilizzati una serie di cavi multipolari con equidistanza elettroica massima pari a 2 m.

L'elaborazione dei dati sperimentali di ΔV (mV) e I (mA) comporta per ciascuna misura, e quindi per ciascuna disposizione elettroica (n), il calcolo di una costante geometrica K (funzione di a = distanza interelettroica = 1.5 m) che va poi moltiplicata per il rapporto fra ΔV e I per ottenere il dato finale di resistività (ohm*m) apparente del terreno (il valore di ΔV misurato è stato corretto, ΔV_{cor} , sottraendo dal valore di potenziale elettrico indotto il potenziale spontaneo naturalmente presente nel sottosuolo).

Raccogliendo in una pseudosezione verticale tutti i dati di resistività apparente calcolati per i Profili (vedi **Tavola 3.a.1.**) è stato ottenuto l'andamento della resistività apparente - pseudosezione di resistività - del terreno lungo la direzione dello stendimento e fino ad una profondità massima che si può stimare come detto in circa 10-12 m.

Mediante l'utilizzo del supporto informatico su descritto, è stata ottenuta per inversione infine una sezione di resistività reale con profondità reale (vedi **Tavola 3.b.1.**), che consente di avere una visione di dettaglio dell'andamento del campo elettrico nel sottosuolo dell'area indagata lungo la direzione prescelta.

Correlazioni

Sulla scorta di osservazioni superficiali e di dati di cartografia geologica nonché dei dati stratigrafici ottenuti da alcune perforazioni a carotaggio continuo eseguite nella stessa area e trasmessi dal Geologo redattore dello studio geologico, è possibile in prima approssimazione effettuare delle correlazioni fra gli andamenti del campo di resistività misurato e:

- la stratigrafia del sito,

- le porzioni più o meno "terrose" o "rocciose" dell'ammasso,
- il grado di omogeneità laterale dell'ammasso stesso,
- la presenza di porzioni più o meno sature d'acqua,
- la presenza di vuoti e di manufatti sepolti.

Dall'analisi della sezione elettrostratigrafica (vedi **Tavola 3.b.1.**) ottenuta con la **Tomografia Elettrica T.E.1** eseguita con configurazione elettrodica "Wenner", in cui sono stati registrati valori di resistività elettrica compresi fra meno di 10 e oltre 800 ohm*m, si evidenzia un andamento della resistività piuttosto eterogeneo lungo tutta la sezione, contraddistinto da diversi orizzonti più o meno resistivi. In corrispondenza dei gradienti di resistività tra gli uni e gli altri è stato pertanto possibile individuare delle "superfici" di separazione tra ammassi con differenti caratteristiche.

Il primo elettrostrato (disegnato con il retino a "tratti" di colore blu, resistività bassa) è rappresentato da un'estesa e continua porzione di ammasso decisamente poco resistiva posta all'incirca tra le progressive 27 e 40 m e poco eterogenea lateralmente; lo spessore è notevole e tale da raggiungere la massima profondità d'indagine; questo orizzonte è riferibile ad un ammasso "prevalentemente terroso" correlabile a limi argillosi poco alterati, compatti, poco eterogeneo lateralmente.

Il secondo elettrostrato (disegnato con il retino a "punti con tratti" di colore verde, resistività media) è rappresentato da altre estese porzioni di ammasso mediamente resistive, con notevoli spessori, e presenti soprattutto nella prima metà della sezione esplorata; nella seconda metà è presente solo una lente superficiale che presumibilmente rappresenta la coltre alterata e disarticolata del substrato sottostante; questo orizzonte è riferibile ad un ammasso "prevalentemente terroso", correlabile a terreno vegetale e a sabbie limose in superficie, a limi argillosi alterati in profondità e a valle, eterogeneo lateralmente.

Il terzo elettrostrato (disegnato con il retino a "mattoni" di colore rosso, resistività alta) è rappresentato da una limitata porzione di ammasso decisamente resistiva, presente solo nella prima parte (a monte) della sezione esplorata, e con spessore massimo di circa 3 m; si osserva anche un "collegamento" tra la lente principale e il gradino morfologico presente all'altezza della progressiva 16

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

m dove in effetti sono stati accumulati negli anni dei grossi massi provenienti dal livello litoide sottostante; questo orizzonte è riferibile ad un ammasso "prevalentemente lapideo", correlabile ad arenarie e conglomerati, ben cementati, fratturati, eterogeneo lateralmente.

Matera, novembre 2014

GIULOCO s.a.s.

del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel & fax 0835/264522

GIULOCO / Prospezioni

del Dott. Giuseppe Locorotolo s.a.s.

Via Dante 65 - 75100 Matera

P. I.V.A. 0124976L 16

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via Dante, 65 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

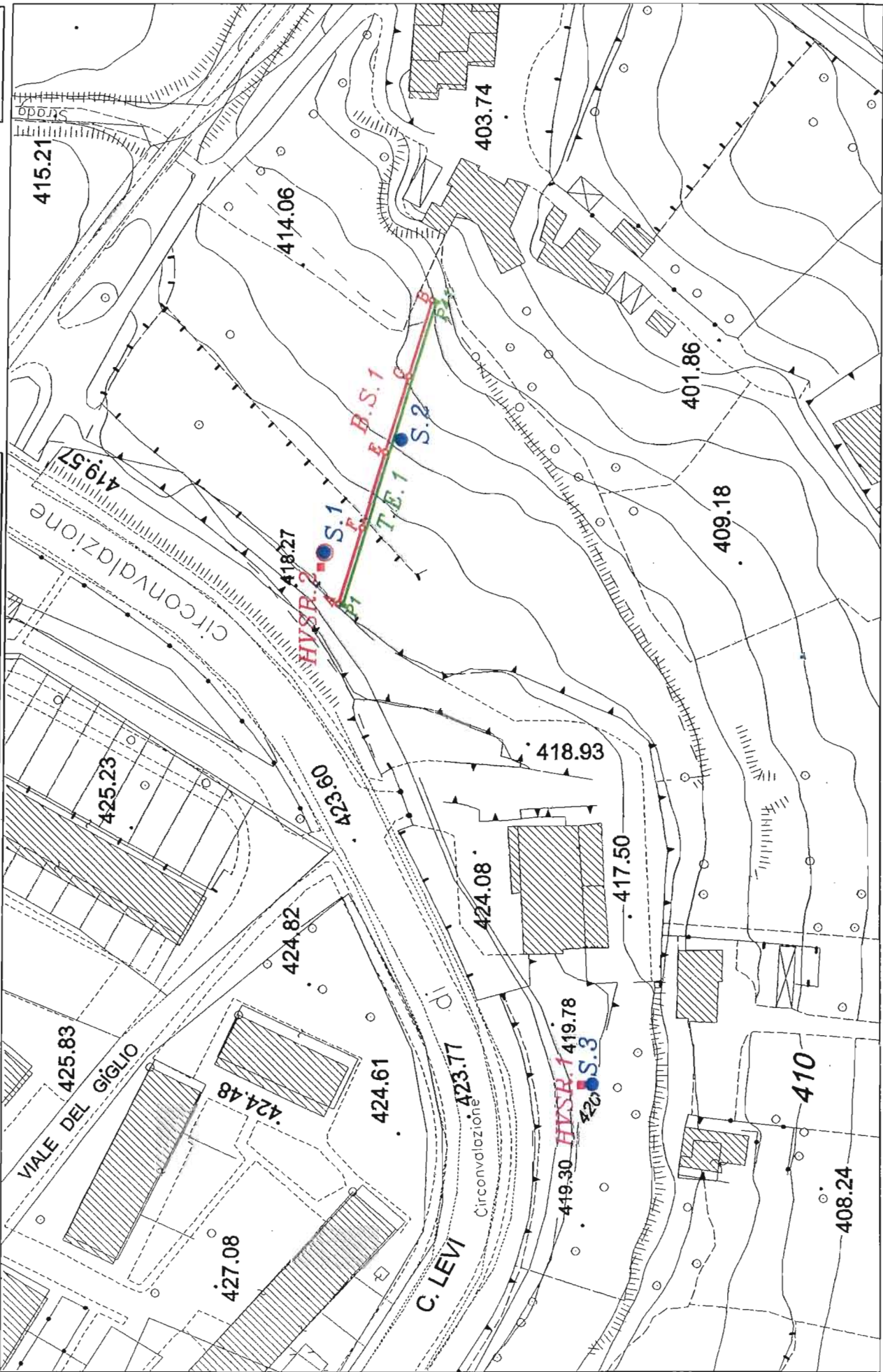
e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

TAVOLE GRAFICHE ALLEGATE

- | | | |
|------------------------------|---|-----------------------|
| <i>Tavola 1.</i> | - <i>Ubicazione Sondaggi Geofisici</i> | <i>(scala 1:1000)</i> |
| <i>Tavole 2.a...d.1...2.</i> | - <i>Geosismica di Superficie - Base a Rifrazione</i> | <i>(scala 1:250)</i> |
| <i>Tavole 2.e-f.1...3.</i> | - <i>Geosismica in Foro - Down-Hole</i> | |
| <i>Tavole 3.a-b.1.</i> | - <i>Geoelettrica - Tomografia</i> | <i>(scala 1:250)</i> |
| <i>Tavole 4.1...7.</i> | - <i>Documentazione Fotografica</i> | |

GIULOCO Prospezioni
del Dott. Giuseppe Locorotolo s.a.s.
Via Dante 65 - 75100 Matera
P.IVA. 01249760776

UBICAZIONE SONDAGGI GEOFISICI

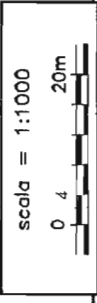


GIULOCO S.a.s.
Via Donle, 65 - MATERA

comittente:
TECNOPALI S.r.l.
indagine relativa a:
Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana

campagna di:
ottobre 2014

località: Viale Carlo Levi,
MATERA



geofono
HVSR.1
ubicazione e direzione di stendimento di Base Sismica e di HVSR

geofono
T.E.1
ubicazione e direzione di stendimento di Tomografia Elettrica

punto di scoppio
B.S.1
di stendimento di Base Sismica e di HVSR

postazione di sondaggio meccanico e Down-Hole (S.1)

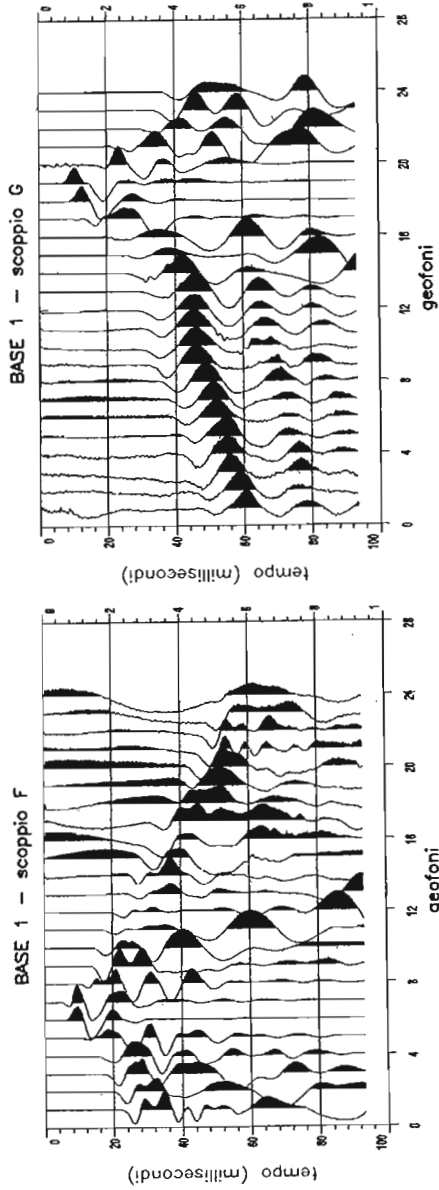
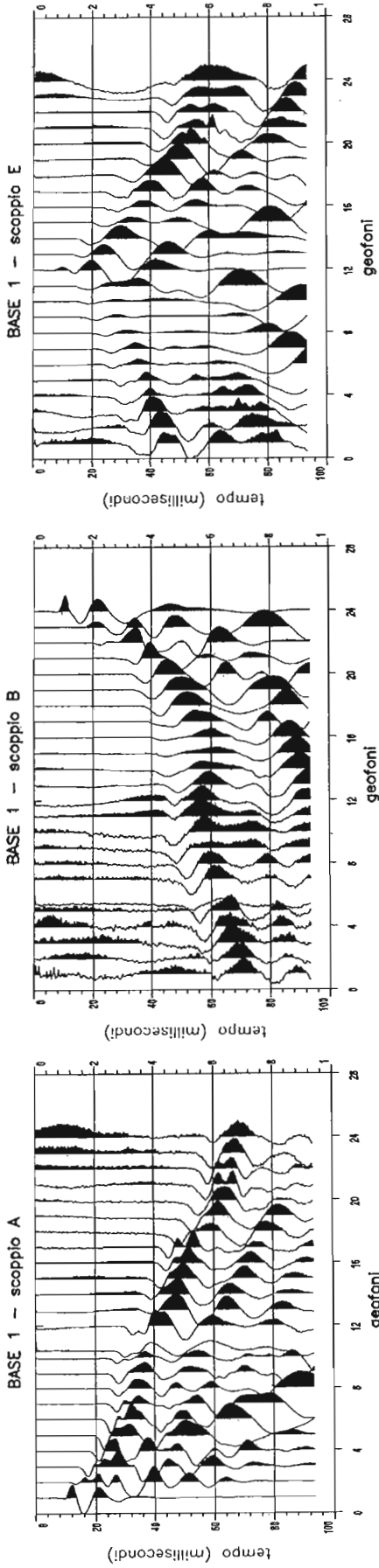
LEGENDA

S.1 S.2 S.3
postazione di sondaggio meccanico e Down-Hole (S.1)

B.S.1 B.S.2 B.S.3
postazione di sondaggio meccanico e Down-Hole (S.1)

SISMOGRAMMI ONDE P - BASE SISMICA B.S.1

TAVOLA 2.a.1.

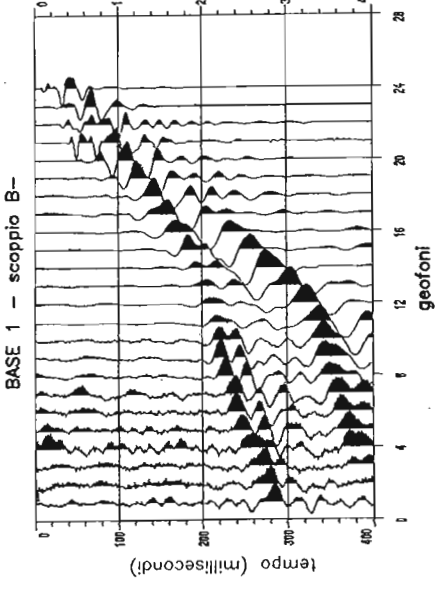
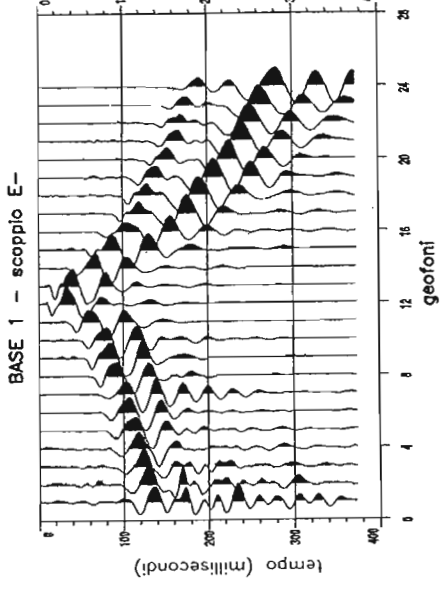
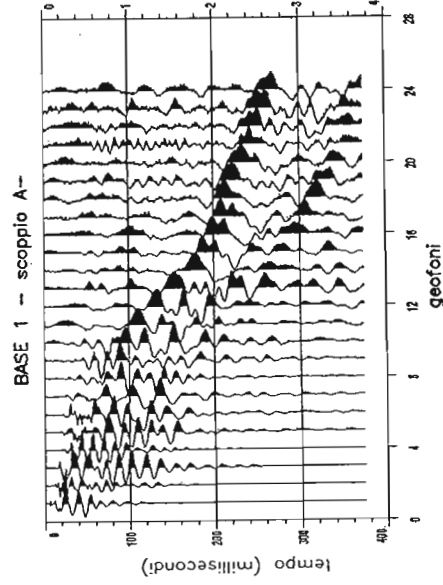
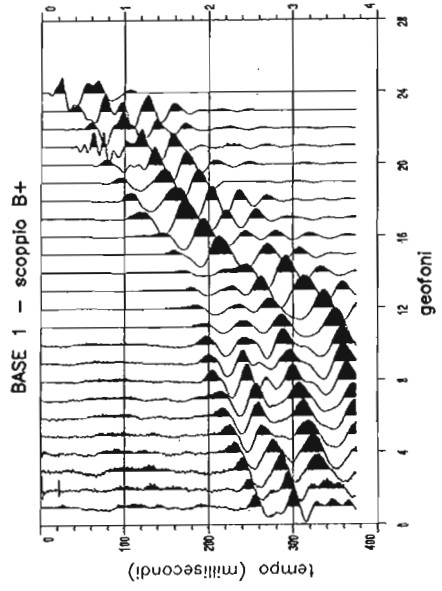
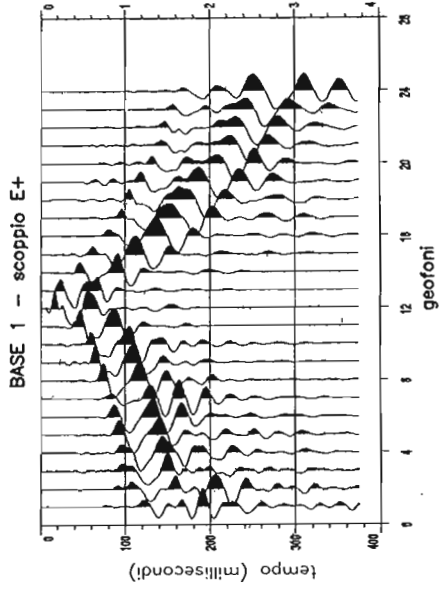
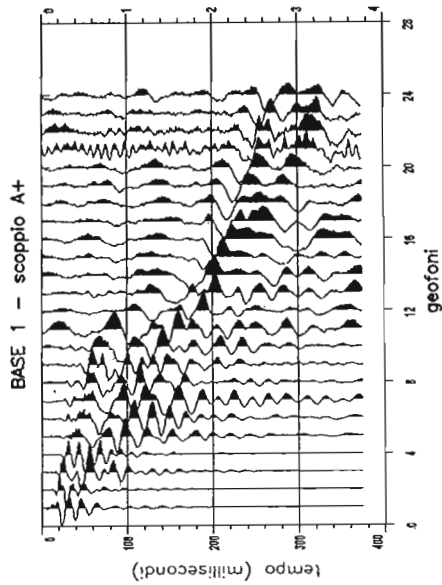


committente:
TECNOPALI S.r.L.
 indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
 di riqualificazione urbana**
 campagna di:
ottobre 2014
 località: Viale Carlo Levi,
MATERA

Via Dante, 65 - Matera
GIULCO S.a.S.

ONDE P - punti di scoppio A-F-E-C-B

SISMOGRAMMI ONDE S - BASE SISMICA B.S.1



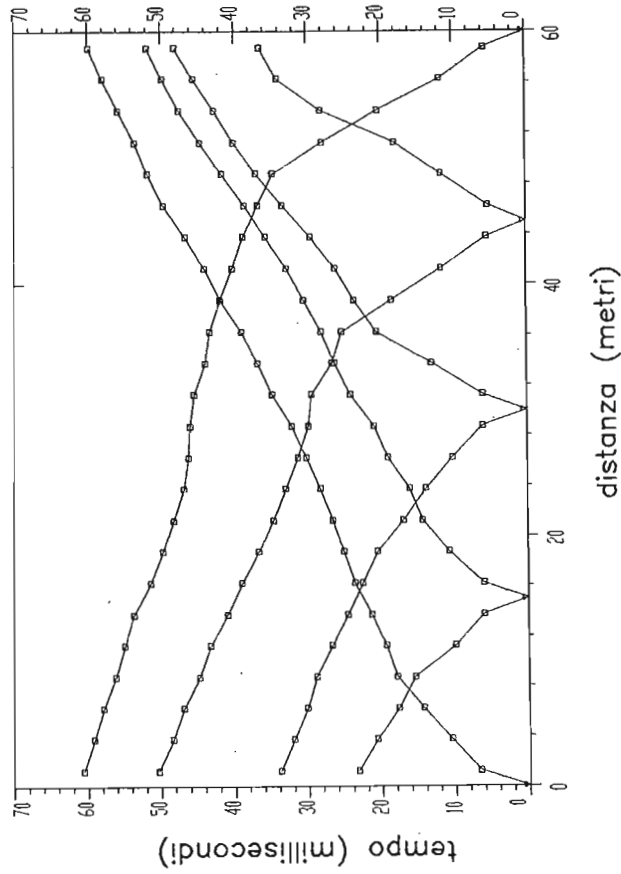
committente:
TECNOPALI S.r.l.
 indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
 di riqualificazione urbana**
 campagna di:
ottobre 2014
 località: Viale Carlo Levi,
MATERA

GIULCO S.a.s.
 Via Dante, 65 - Matera

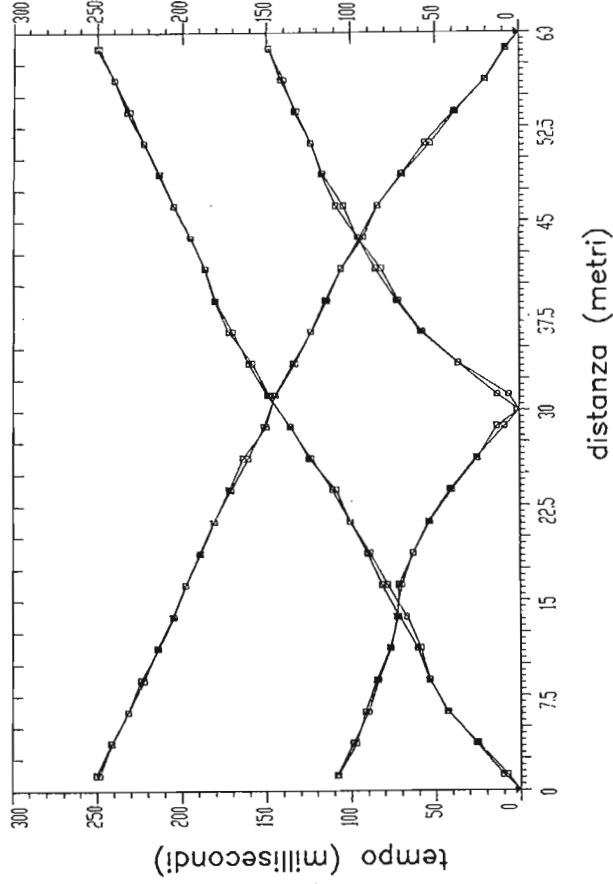
DROMOCRONE - BASE SISMICA B.S.1

TAVOLA 2.b.1.

BASE 1 onde P - scoppi A-F-E-G-B



BASE 1 onde S - scoppi A+ A- E+ E- B+ B-



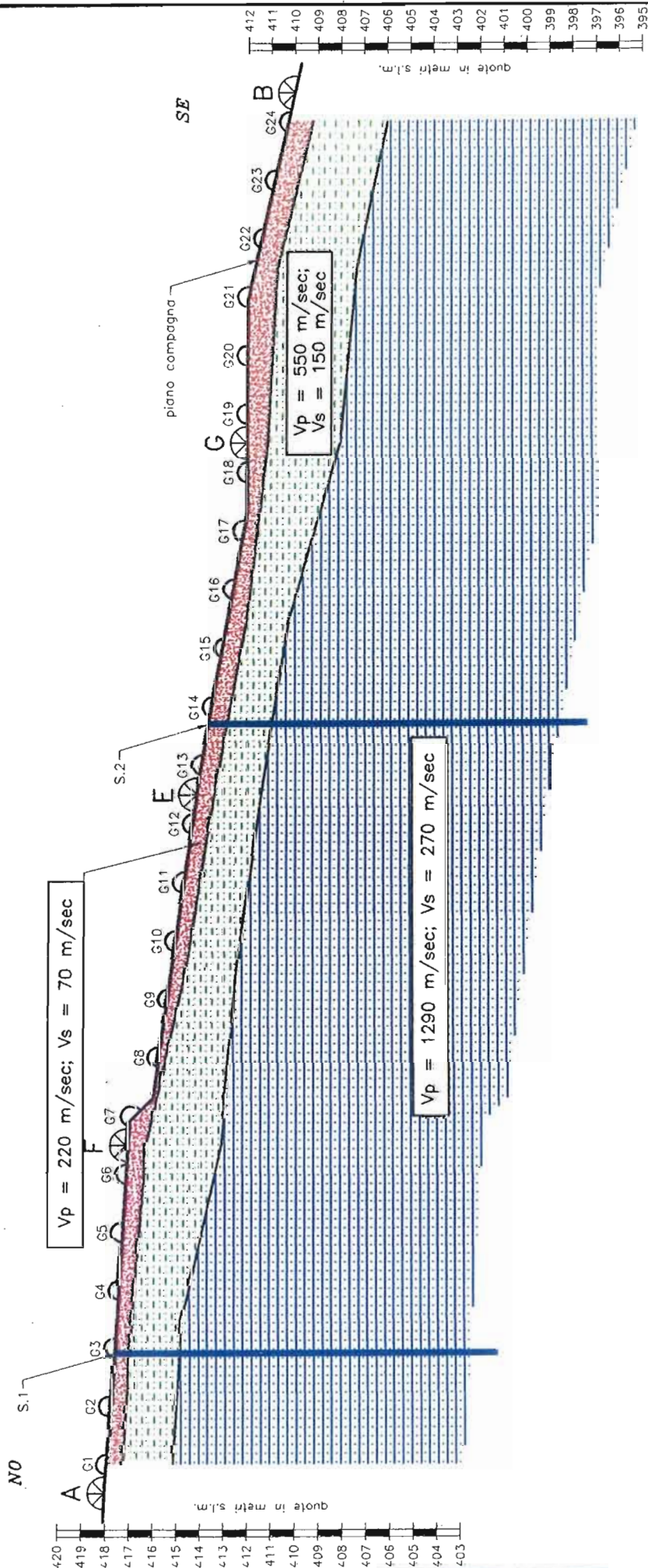
committente:
TECNOPALI S.r.L.
 indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
 di riqualificazione urbana**
 campagna di:
ottobre 2014
 località: Viale Carlo Levi,
MATERA

GIULCO S.r.l.
 Via Dante, 65 - Matera




ONDE P e S

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA - BASE SISMICA B.S.1

TAVOLA 2.c.1.



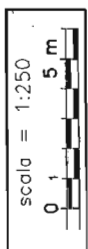
PARAMETRI DINAMICI e CORRELAZIONI

SISMOSTRATO	velocità onde P [m/sec]	velocità onde S [m/sec]	Modulo di Poisson	Modulo di Young [Kg/cm ²]	Rigidità Sismica [t/m ² ·Km/sec]
	220	70	0.44	290	0.14
	550	150	0.46	1300	0.30
	1290	270	0.48	4400	0.54



ammasso "prevalentemente terroso", correlabile o terreno vegetale e/o di riporto, sabbioso-limoso con qualche elemento lapideo, alla stato sciolto, molto poco addensato e compatto, eterogeneo lateralmente

ammasso "prevalentemente terroso", correlabile o sabbie limose a monte (con un orizzonte lapideo arenaceo-conglomeratico), a limi argillosi alterati a valle, poco addensato e compatto, eterogeneo lateralmente

ammasso "prevalentemente terroso", correlabile a limi argillosi mediamente consistenti e con un basso grado di alterazione, mediamente addensato e compatto, poco eterogeneo lateralmente



LEGENDA

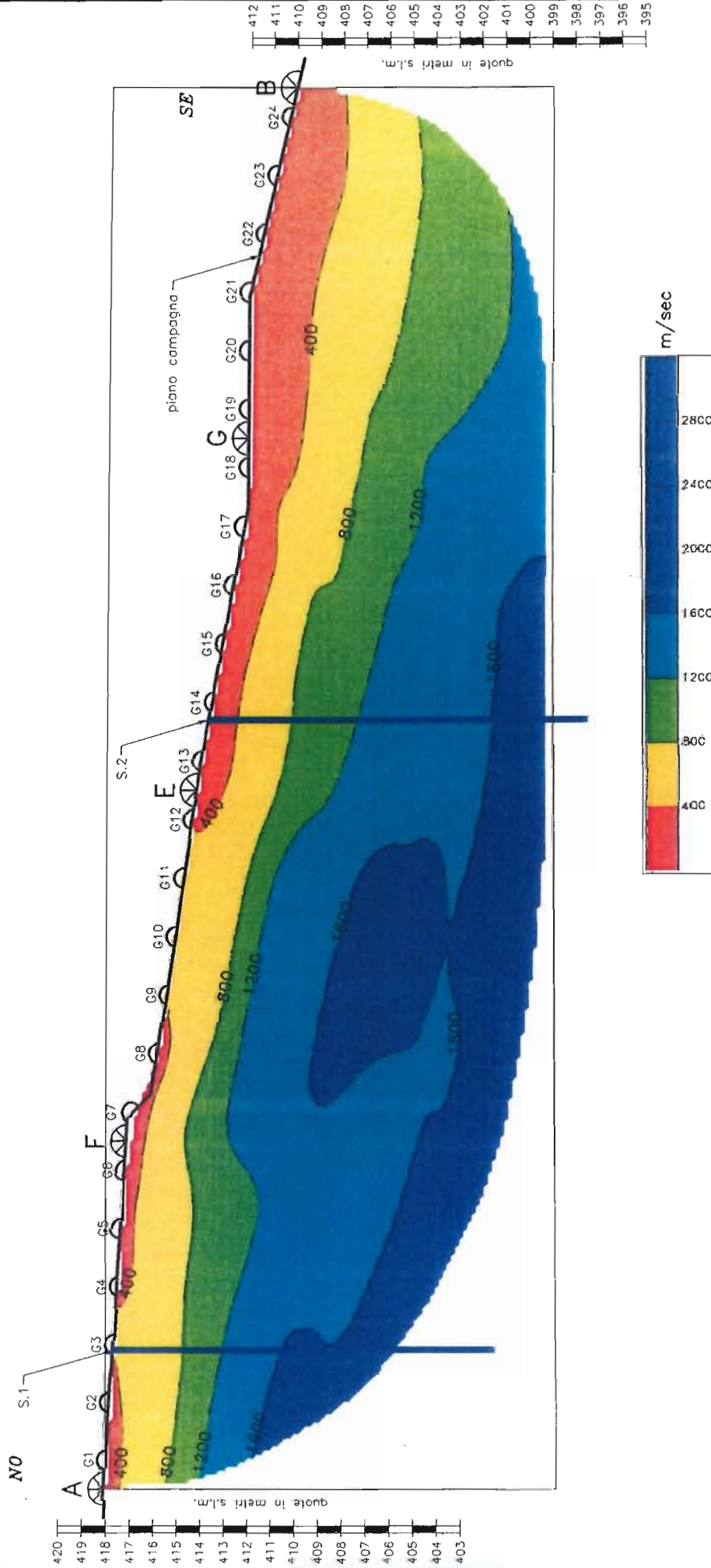
- punti di scoppio 
- geofoni 
- velocità onde P e S xxx m/sec
- Lunghezza profilo: 60 m
- Distanza intergeofonica: 2.5 m
- Numero geofoni: 24
- Numero punti di scoppio: 5
- Quota media: circa 414 m s.l.m.

committente:
TECNOPALI S.r.l.
indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale
e di riqualificazione urbana**
compagna di:
ottobre 2014
località: Viale Carlo Levi,
MATERA

Via Dante, 65 - Matera
GIULCO S.a.s.

ELABORAZIONE TOMOGRAFICA - BASE SISMICA B.S.1

TAVOLA 2.d.1.



LEGENDA

punti di scoppio

geofoni

- Lunghezza profilo: 60 m
- Distanza intergeofonica: 2.5 m
- Numero geofoni: 24
- Numero punti di scoppio: 5
- Quota media: circa 414 m s.l.m.

LEGENDA

velocità V_p in m/sec

1600

curva ad uguale velocità di propagazione V_p

GIULOCO S.r.l.s.
Via Donle, 65 - Motera

committente:
TECNOPALI S.r.l.

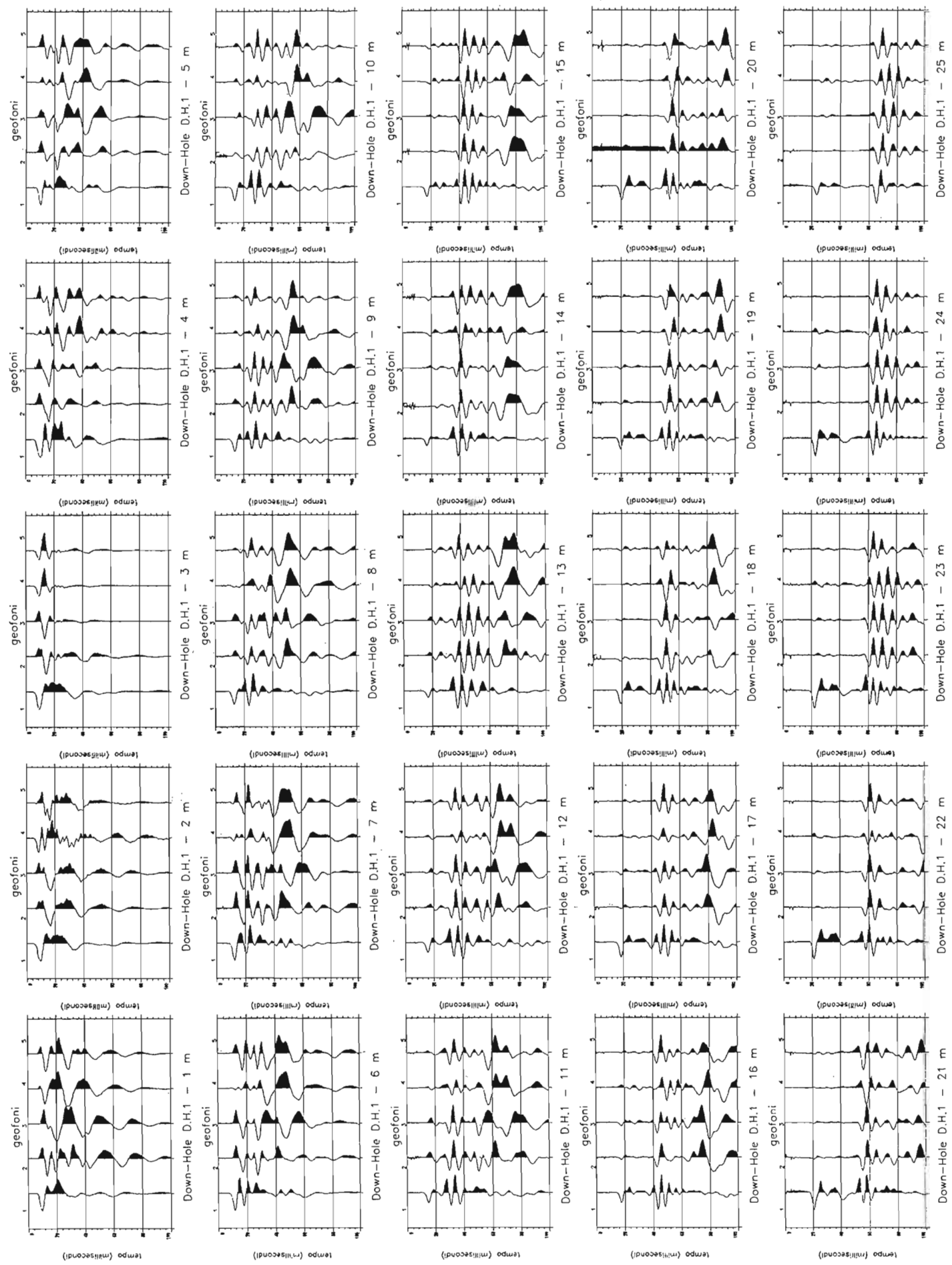
indagine relativa a:
Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana

campagna di:
ottobre 2014

località: Viale Carlo Levi,
MATEFA

SISMOGRAMMI ONDE P DOWN-HOLE D.H.1

TAVOLA 2.e.1.



committente:
TECNOPALI S.r.L.

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

campagna di:
ottobre 2014

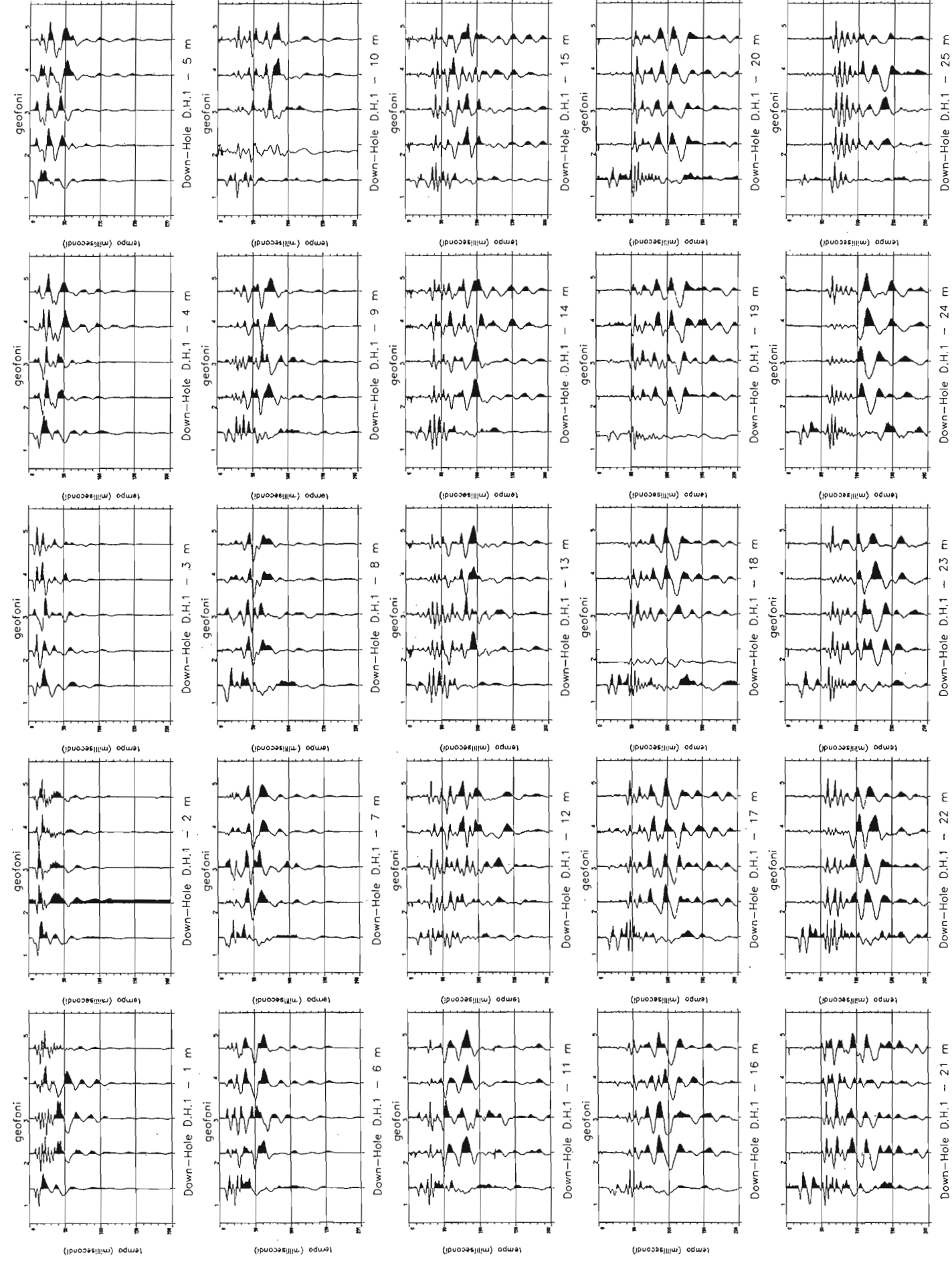
località: Viale Carlo Levi,
MATERA

GIULOCO s.a.s.
Via Dante, 65 - Matera

geofono 1 = verticale per onde P
geofoni 2, 3, 4, 5 = orizzontali per onde S

SISMOGRAMMI ONDE S+ DOWN-HOLE D.H.1

TAVOLA 2.e.2.



committente:
TECNOPALI S.r.L.

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana.**

compagna di:
ottobre 2014

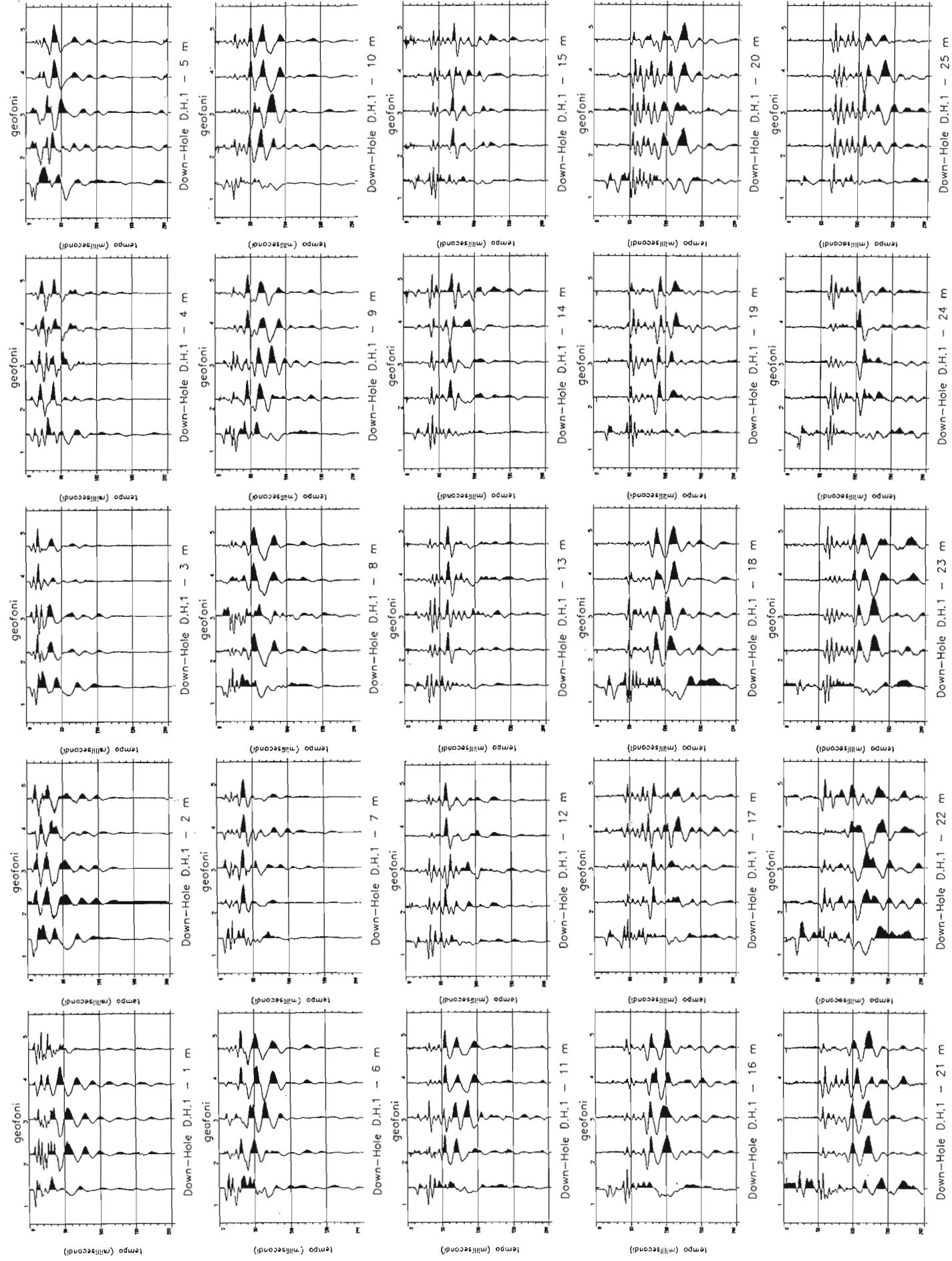
località: Viale Carlo Levi,
MATERA

GIULOCO S.a.s.
Via Dante, 65 - Matera

geofono 1 = verticale per onde P
geofoni 2, 3, 4, 5 = orizzontali per onde S

SISMOGRAMMI ONDE S - DOWN-HOLE D.H.1

TAVOLA 2.e.3.



committente:
TECNOPALI S.r.l.

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

campagna di:
ottobre 2014

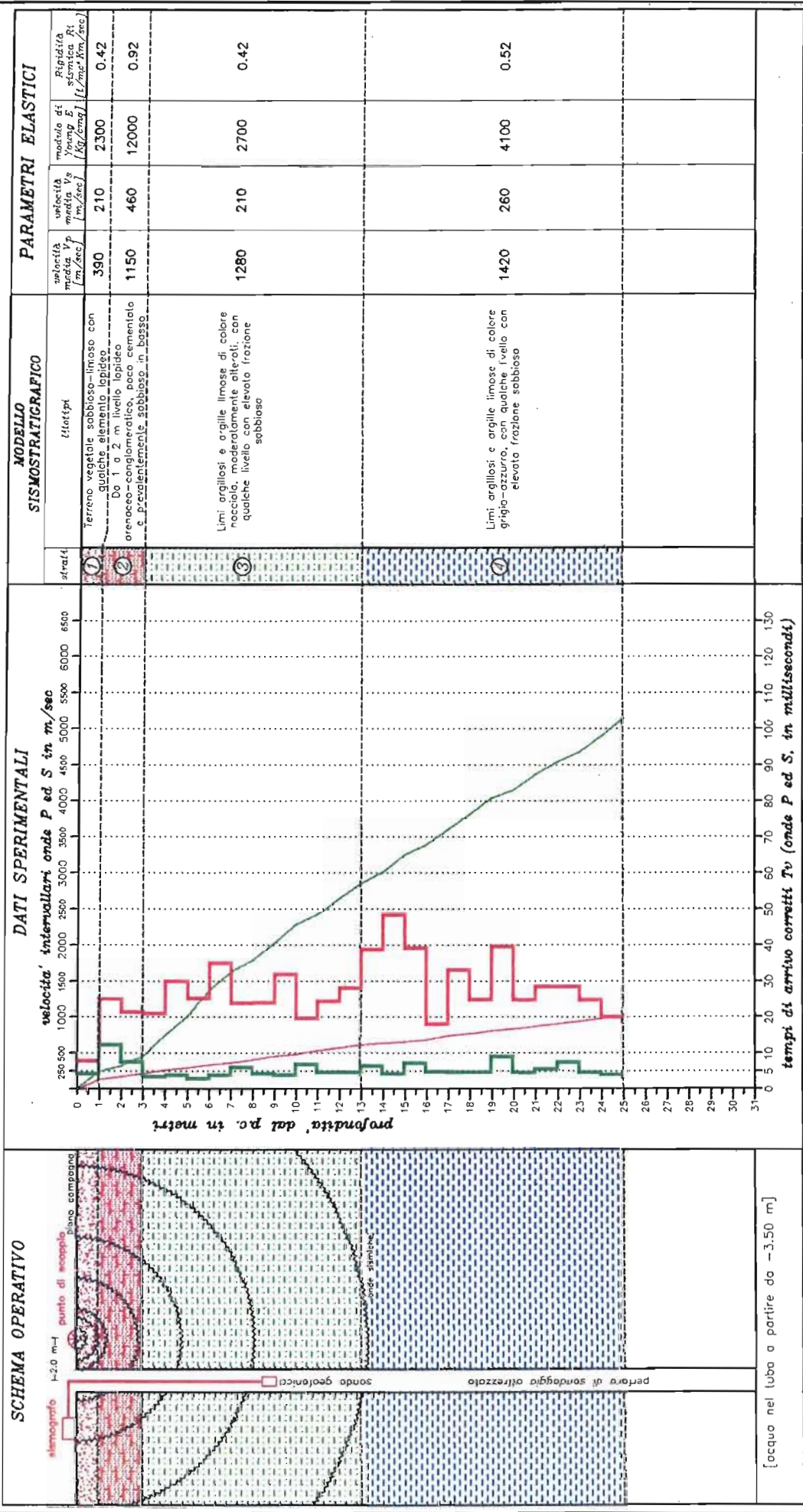
località: Viale Corio Levi,
MATERA

GIULOCO S.a.S.
Via Dante, 65 - Matera

geofono 1 = verticale per onde P
geofoni 2, 3, 4, 5 = orizzontali per onde S

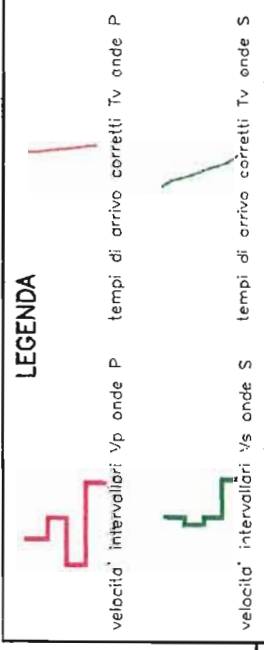
ISTOGRAMMI DI VELOCITA' - DOWN-HOLE D.H.1

TAVOLA 2.f.1.



GIULCO S.p.A.
 Via Dante, 65 - Matera

committente:
TECNOPALI S.r.l.
 indagine relativa a:
Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana
 compagna di:
 ottobre 2014
 località: Viale Carlo Levi,
MATERA

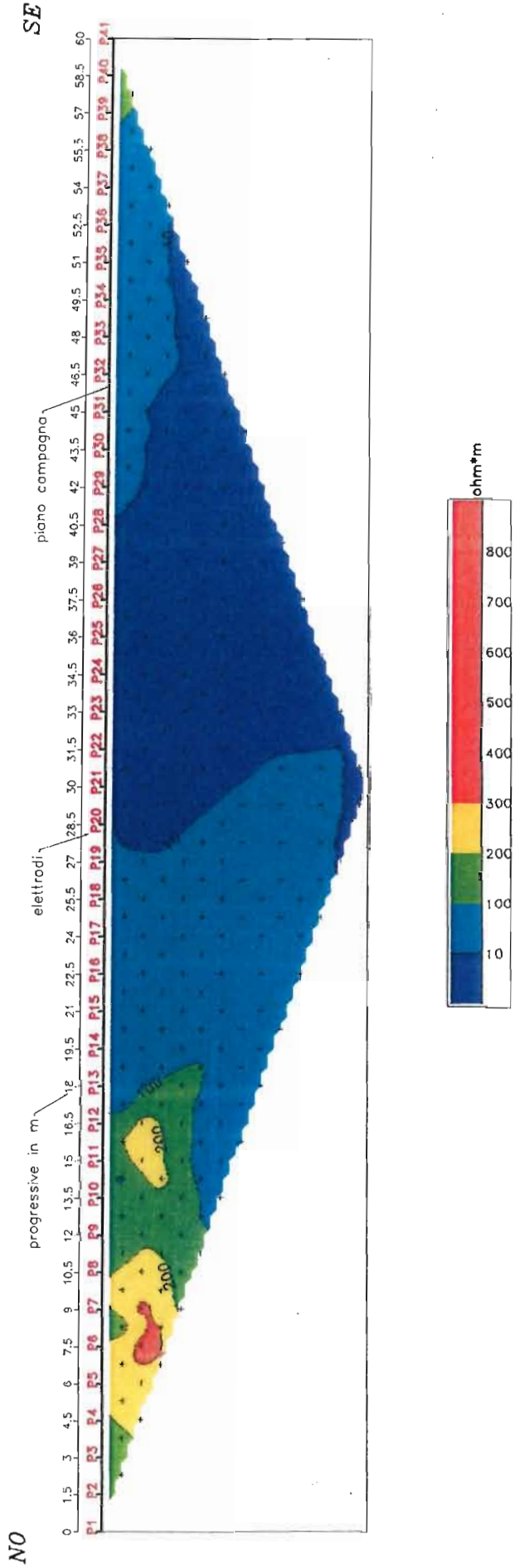


Velocità media Vs₃₀ = 250 m/sec

DOWN-HOLE D.H.1
 ONDE P e S
 Velocita' intervallari
 Eseguito nel perforo S.1

TOMOCRAFIA ELETTRICA T.E.1: mapping di resistività apparente

TAVOLA 3.a.1.



LEGENDA

- + punto di attribuzione della misura
- isoresistiva in ohm*m
- resistività apparente in ohm*m
- piano campagna
- progressive in metri
- poli A B M N

GIULCO S.a.S.
Via Dante, 65
MATERA

scala = 1:250

PROFLO DIPOLARE ELETTRICO 1

- Metodologia: Wenner
- Lunghezza Profilo: 60 m
- Distanza Interelettrodo: 1.5 m
- Numero di Poli: 41
- Quota media: circa 414 m s.l.m.

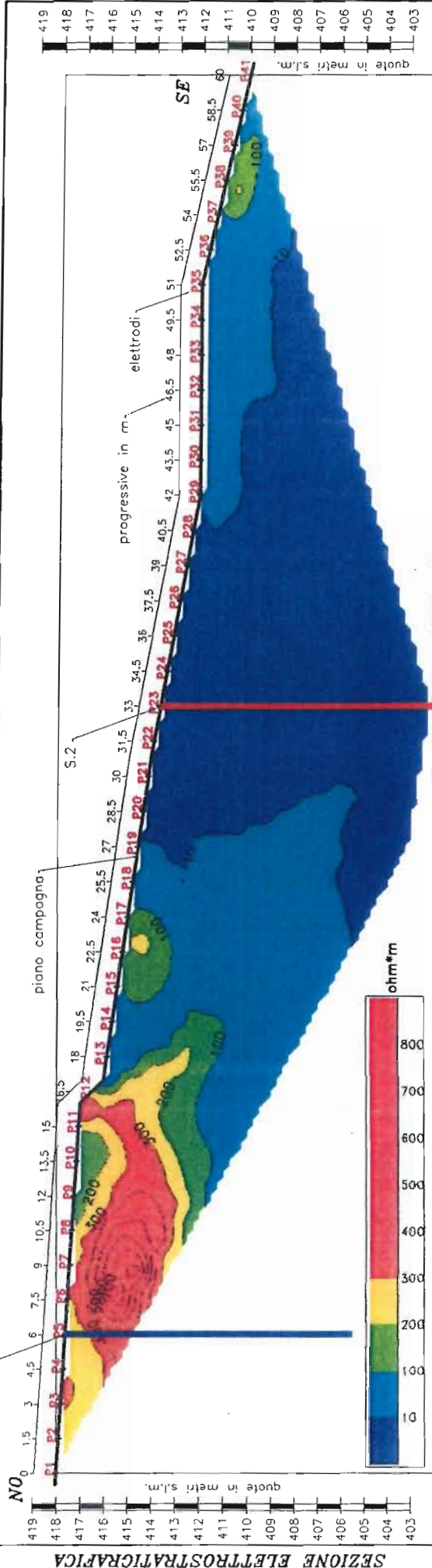
committente:
TECNOPALI S.r.l.

indagine relativa a:
Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana

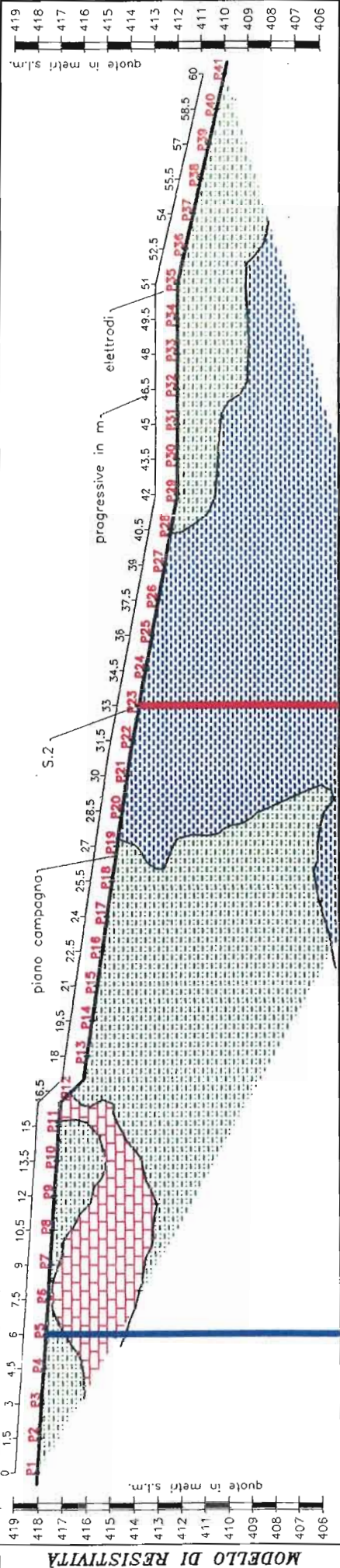
campagna di:
ottobre 2014

località: Vale Carla Levi,
MATERA

TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.1



SEZIONE ELETTROSTRATIGRAFICA



MODELLO DI RESISTIVITA

committente:
TECNOPALI S.r.L.
indagine relativa a:
Edilizia residenziale sociale e di riqualificazione urbana
compagna di:
ottobre 2014
località: Vale Carlo Levi,
MATERA

PROFilo DIPOLARE ELETTRICO 1
- Metodologia: Wenner
- Lunghezza Profilo: 60 m
- Distanza interelettrodo: 1.5 m
- Numero di Poli: 41
- Quota media: circa 414 m s.l.m.

GIULCO S.a.s.
Via Dante, 85
MATERA

LEGENDA e CORRELAZIONI
isoresistiva in ohm*m
3 4.5 progressive in metri
P4, P5 poli A B M N

omasso "prevalentemente terroso" correlabile a limi argillosi poco alterati, compatti, poco eterogeneo lateralmente [resistività bassa]
omasso "prevalentemente terroso", correlabile a terreno vegetale e a sabbie limose in superficie, a limi argillosi alterati in profondità e a valle, eterogeneo lateralmente [resistività media]
omasso "prevalentemente lapidea", correlabile ad arenarie e conglomerati, ben cementati, fratturati, eterogeneo lateralmente [resistività alta]



Foto 1: Postazione ed allineamento della Base Sismica B.S.1 e della Tomografia Elettrica T.E.1
- punto di vista nei pressi del punto di scoppio A/postazione elettrodica P1, da NO verso SE -



Foto 2: Postazione ed allineamento della Base Sismica B.S.1 e della Tomografia Elettrica T.E.1
- punto di vista nei pressi del punto di scoppio B/postazione elettrodica P41, da SE verso NO -

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

compagna di:
ottobre 2014

committente:
TECNOPALI S.r.l.

località: Vidole Carlo Levi,

MATERA

GIULOCO s.a.s.
Via Dante, 65 - Matera



Foto 3: Postazione ed allineamento della Base Sismica B.S.1 e della Tomografia Elettrica T.E.1
– punto di vista nei pressi della progressiva 17 m, da NO verso SE –



Foto 4: Postazione ed allineamento della Base Sismica B.S.1 e della Tomografia Elettrica T.E.1
– punto di vista nei pressi della progressiva 51 m, da SE verso NO –

CIULOCO S.a.S.
Via Dante, 65 – Matera

località: Viale Carlo Levi,
MATERA

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

campagna di:
ottobre 2014

committente:
TECNOPALI S.r.l.



Foto 5: Postazione ed allineamento della Base Sismica B.S.1
- particolare dell'esecuzione di una battuta in onde P nel punto di scoppio E -



Foto 6: Postazione ed allineamento della Base Sismica B.S.1
- particolare dell'esecuzione di una battuta in onde S nel punto di scoppio E -

GIULOCO s.a.s.
Via Dante, 65 - Matera

località: Viale Carlo Levi,
MATERA

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

compagnia di:
ottobre 2014

committente:
TECNOPALI S.r.l.



Foto 7: Postazione della prova "Down-Hole" D.H.1 (perforo attrezzato S.1)
- strumentazioni e dispositivi utilizzati -



Foto 8: Postazione della prova "Down-Hole" D.H.1 (perforo attrezzato S.1)
- particolare della sonda geofonica (a 5 geofoni) -

località: Viale Carlo Levi,

MATERA

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

campagna di:
ottobre 2014

committente:
TECNOPALI S.r.l.

GIULOCO s.a.s.
Via Dentice, 65 - Matera



Foto 9: Postazione della prova "Down-Hole" D.H.1 (perforo attrezzato S.1)
- particolare di una battuta in onde P -



Foto 10: Postazione della prova "Down-Hole" D.H.1 (perforo attrezzato S.1)
- particolare di una battuta in onde S -

GIULOCO s.a.s.
Via Dante, 65 - Matera

località: Viale Carlo Levi,

MATERA

indagine relativa a:

**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

compagna di:

ottobre 2014

committente:

TECNOPALI S.r.l.



Foto 11: Particolare della stazione di acquisizione dati della Prova HVSR.1 (nei pressi di S.3)



Foto 12: Particolare della stazione di acquisizione dati della Prova HVSR.2 (nei pressi di S.1)

commitente:
TECNOPALI S.r.l.

campagna di:
ottobre 2014

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

località: Viale Carlo Levi,
MATERA

GIULOCO s.a.s.
Via Dante, 65 - Matera



Foto 13: Postazione ed allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1
- particolare di un elettrodo utilizzato nella Tomografia Elettrica -



Foto 14: Postazione ed allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1
- particolare della stazione di acquisizione dei dati geoelettrici -

GIULOCO s.a.s.
Via Dante, 65 - Matera

Località: Viale Carlo Levi,
MATERA

indagine relativa a:
**Edilizia residenziale sociale e
di riqualificazione urbana**

campagna di:
ottobre 2014

committente:
TECNOPALI S.r.l.