



**COMUNE DI PESCIA
PROVINCIA DI PISTOIA**

Oggetto dell'intervento:

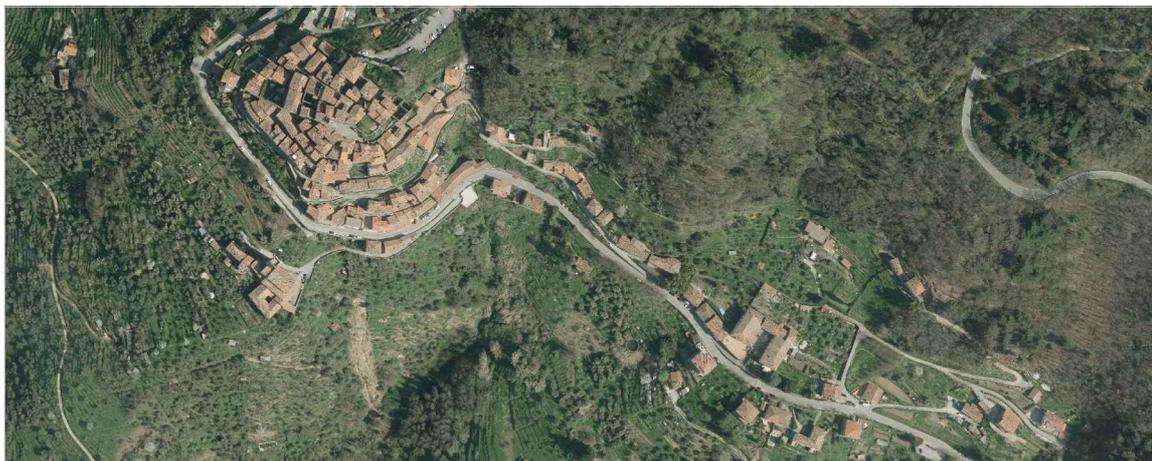
**LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL
DISSESTO IDROGEOLOGICO IN FRAZIONE VELLANO
LUNGO IL FOSSO DELLA MORA - VIA DEI CANALI
III LOTTO DI COMPLETAMENTO**

CIG: 7200251B15 CUP: B31B14002230006

PROGETTO ESECUTIVO

Allegato 12

RELAZIONE GEOLOGICA



PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Martina Casotti

Via Fortunato Federigi n.35 55047 Querceta di Seravezza (LU)
tel. 0584 743778 fax. 0584 740651 email: casottimartina@gmail.com

GEOLOGIA:

Dott. Geol. Franco Menetti - Studio Geologico Sigma

Via Salvo D'Acquisto n. 45, 51017 Pescia (PT)
tel. 0572 453032 email: studiosigma@yahoo.it

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO - COMUNE DI PESCIA

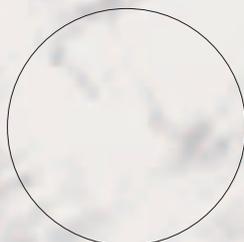
Geom. Luciano Bianchi

COMUNE DI PESCIA



**INDAGINI GEOLOGICHE INERENTI GLI
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA
DELL'ABITATO DI VELLANO FINALIZZATE
ALLA REALIZZAZIONE DEL 2° E 3° LOTTO
DI COMPLETAMENTO**

RELAZIONE GEOLOGICA



Rrelatore : Dr. Franco Menetti

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 4
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 7
3.1 PROVE PENETROMETRICHE DPSH	pag. 8
4. RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E LITOSTRATIGRAFICA	pag. 9
5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA	pag. 10
6. APETTI SISMICI	pag. 11
6.1 VITA NOMINALE - CLASSE D'USO - PERIODO DI RIFERIMENTO	pag. 12
6.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA E CATEGORIA DEL TERRENO FONDALE	pag. 12
6.3 LIQUEFAZIONE	pag. 13
6.4 PARAMETRI SISMICI	pag. 13
7. STABILITA' DEI TERRENI	pag. 13
8. CONCLUSIONI	pag. 14

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a seguito dell'indagine geologica effettuata nell'ambito della frazione di Vellano, nelle aree di Via dei Canali e Fosso della Mora maggiormente soggette a rischio di dissesti geomorfologici, interessate dal 3° lotto di completamento degli interventi.

Lo studio integra una precedente indagine svolta dallo scrivente nell'anno 2005 sempre su incarico dell'Amministrazione Comunale, finalizzata alla definizione degli interventi per la rimozione delle situazioni a maggiore rischio presenti nella frazione.

Al fine di consentire una adeguata progettazione degli interventi atti a ridurre il rischio, come previsto dalla normativa nazionale (D.L. 180/98 e seguenti), sono stati indagati a scala dettagliata i siti della frazione indicati dall'ufficio tecnico comunale, alcuni di questi già oggetto di precedenti indagini, sia geomorfologiche, sia geognostiche.

L'indagine attuale è stata condotta prendendo in esame due zone già indagate nell'anno 2014 (vedi ubicazione nella seguente corografia di Tavola 1 a pag.3), ed in particolare :

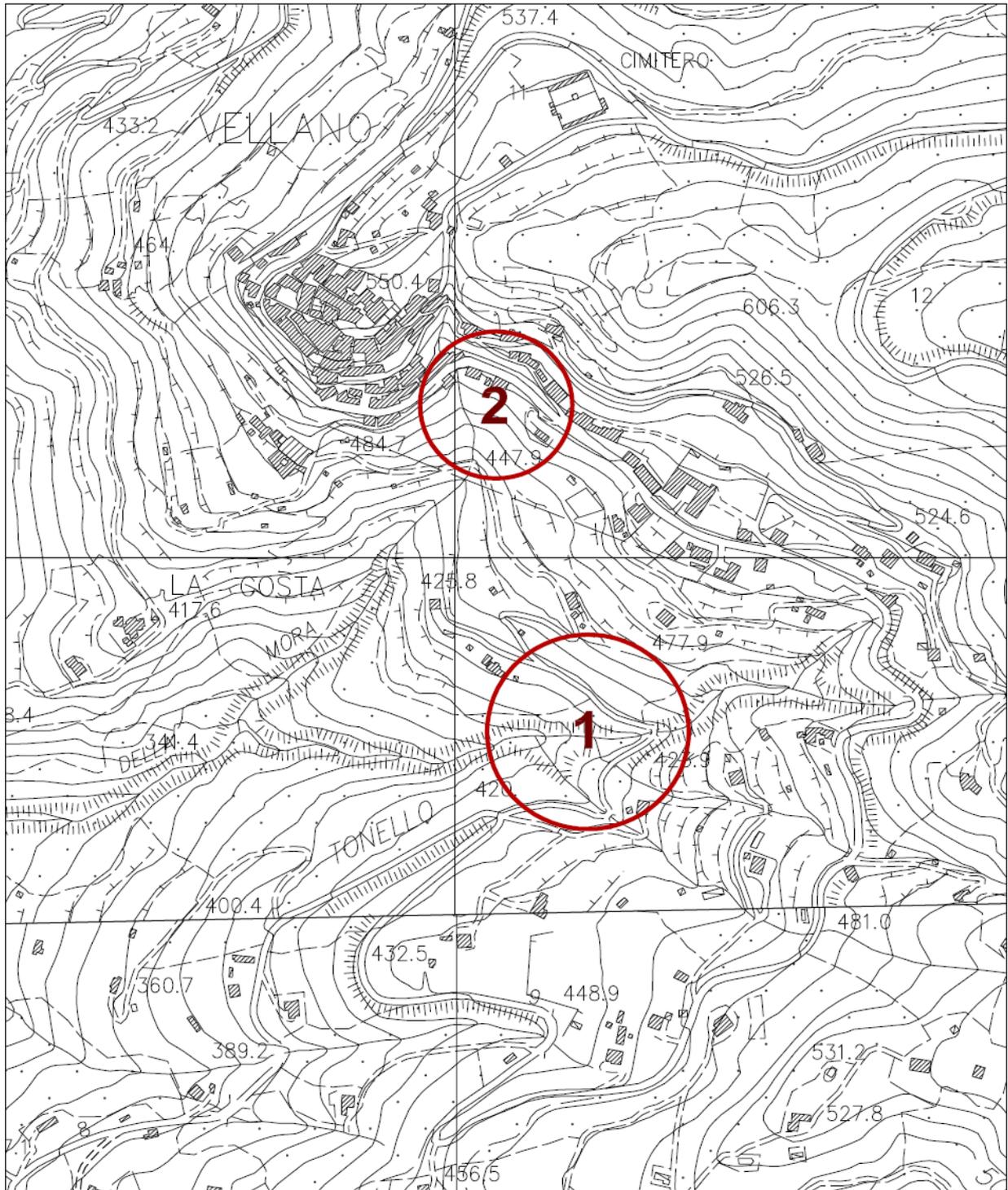
Zona 1 La Via dei Canali nella zona dell'attraversamento del Fosso di Canali e di due fossi affluenti.

Zona 2 L'area del Fosso della Mora compresa tra la Via Mammianese e la Via dei Canali, ed una porzione di terreno subito al di sopra della Via Mammianese.

Lo studio si è sviluppato in fasi diverse :

- una prima fase è stata dedicata alla ricerca bibliografica, con la raccolta delle varie indagini geologiche e geognostiche già svolte;

TAVOLA 1 - UBICAZIONE TOPOGRAFICA



- la seconda fase è corrisposta ad un nuovo rilievo geomorfologico di dettaglio per tutte le aree in esame;
- nella terza fase sono state svolte nelle zone ritenute più opportune le necessarie indagini geognostiche, costituite da prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), considerando comunque che nella frazione sono state eseguite numerose indagini che permettono una ampia caratterizzazione dei terreni;
- la quarta fase è stata dedicata alla ricostruzione delle caratteristiche del sottosuolo, al fine di definire in dettaglio le situazioni di pericolosità più elevata.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il nucleo antico della frazione di Vellano è situato su di un costone delimitato da una faglia con direzione N10W, su cui si è imposta una incisione fluviale (Fosso della Mora, nella porzione ad est del nucleo dell'abitato).

Il substrato roccioso è costituito dalla formazione turbiditica arenacea del periodo Oligocene denominata "Macigno", appartenente alla Serie Toscana.

Il Macigno, costituito da alternanze ritmiche di arenarie, siltiti e argilliti debolmente marnose, presenta in loco strati di arenaria e siltite di notevole potenza, con più modeste intercalazioni di argilliti.

Nel centro storico la formazione rocciosa è generalmente affiorante, mentre nei versanti al di sotto della provinciale e ad est del Fosso della Mora è di solito ricoperta dalla coltre di terreno detritico di alterazione, specie dove le pendenze risultano minori. Il manto alterativo può risultare grossolano con matrice limo-sabbiosa prevalente, oppure più minuto con matrice varia.

Dal punto di vista tettonico si rileva che la collina di Vellano presenta una struttura monoclinale, con asse circa

parallelo alla faglia citata in precedenza. Il paese è posto sul culmine di una dorsale disposta est-ovest, i cui fianchi appaiono assai ripidi particolarmente a sud, a causa dell'inclinazione della roccia verso nord/nord-ovest.

Un'altra faglia con direzione anti-appenninica prosegue l'incisione del Fosso della Mora verso valle. Tale asse dislocativo sembra piuttosto importante per l'evoluzione del rilievo, in quanto versanti e rotture di pendio a piccola e più grande scala risultano ad esso sub-parallelo.

In genere i movimenti appaiono di tipo compressivo, con sviluppo di faglie inverse.

Un'ultima struttura di una certa importanza può essere ipotizzata nella zona del versante sud-occidentale, con andamento appenninico, in posizione circa corrispondente alla strada provinciale. Tale faglia separa una zona con affioramenti rocciosi (a monte), da un versante con spessori molto consistenti di terreni detritici.

La giacitura degli strati nella zona del nucleo antico del paese presenta una immersione verso nord/nord-ovest compresa tra 10° e 26° (le giaciture ed i principali affioramenti nell'area in esame sono riportati nell'elaborato di Tavola 3).

In base alla posizione dei singoli versanti la roccia è quindi inclinata a reggipoggio (rispetto al versante sud), oppure traversopoggio (rispetto al versante sud-occidentale).

Dal punto di vista geomorfologico si nota in primo luogo che nel nucleo antico del paese sono praticamente assenti fenomeni di instabilità, ad esclusione di piccole porzioni detritiche talvolta interessate da precedenti consolidamenti (es. nella vallecola del Fosso della Mora), oppure in alcune scarpate dove si possono verificare limitate cadute di frammenti lapidei.

Nei versanti del Fosso della Mora e dell'affluente Fosso di Canali, situati ad est del nucleo antico della frazione, si osservano coltri detritiche potenzialmente instabili, caratterizzati da fenomeni di soliflusso e da piccoli dissesti superficiali dovuti ad elevata acclività, tra cui una frana attiva di modeste dimensioni che ha interessato la viabilità.

LEGENDA

	Depositi detritici di versante
	Macigno
	Frana quiescente
	Frana stabilizzata
	Misura di strato
	Faglia presunta
	Frana attiva non cartografabile

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Oltre a numerose prove già eseguite in zona, tra cui indagini geofisiche e sondaggi lungo la Via Mammianese, sono state effettuate n.4 prove penetrometriche dinamiche DPSH nella Zona 1 lungo la Via dei Canali nelle porzioni maggiormente significative della viabilità.

Nella Zona 2 relativa all'incisione del Fosso della Mora non è stato possibile eseguire indagini sia per l'acclività dei terreni sia per la presenza di vegetazione; in ogni modo in questa zona saranno previsti interventi di minore entità da valutare con maggior dettaglio una volta ripulita dalla vegetazione infestante.

Nella Tavola n.4 fuori testo sono riportate le ubicazioni delle prove geognostiche svolte, unitamente ai principali interventi di consolidamento esistenti.

Le indagini sono state realizzate in collaborazione con la Geoin di Montecatini Terme. I relativi elaborati forniti dalla ditta esecutrice e allegati in appendice sono descritti specificatamente in seguito.

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DPSH

La prova dinamica superpesante individua il numero dei colpi di maglio per avanzare l'asta di 20 cm (N). Per mezzo di formule di passaggio si ottiene quindi la resistenza dinamica del terreno (Rd). Il valore di N può essere correlato con N_{spt} al fine di ottenere i vari parametri geotecnici del sottosuolo.

Le prove sono state svolte nel bordo lato valle della Via dei Canali, nelle zone individuate come maggiormente critiche per la possibilità di localizzato dissesto, utilizzando uno strumento Pagani TG 63-100 superpesante, con coefficiente di correlazione alla prova SPT pari a $\beta = 1,489$.

Gli elaborati grafici e numerici sono di seguito brevemente descritti.

DPSH 1

Si individua un primo strato di scarsa resistenza ($N = 3$) di spessore pari a 1 m soprastante un terreno detritico a resistenza variabile ($N = 5-22$ colpi), fino al rifiuto raggiunto a -2,60 m.

DPSH 2 - 3

Nelle due prove molto simili il primo strato di bassa resistenza ha spessore intorno a 1 m. Il rifiuto è stato raggiunto immediatamente dopo a -1,20 / -1,40 m.

DPSH 4

Nella prova realizzata in prossimità della nicchia di distacco della frana attiva che interessa la strada comunale si individua un primo strato di bassa resistenza ($N = 2$) di spessore pari a 1,60 m soprastante un terreno detritico a resistenza variabile ($N = 7-25$ colpi), fino al rifiuto raggiunto a -4,20 m.

4. RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E LITOSTRATIGRAFICA

Per mezzo dei rilievi geologici, ed a seguito delle prove geognostiche è stato possibile effettuare una ricostruzione litologica e litostratigrafica nelle aree studiate, evidenziata nelle varie sezioni geologiche riportate nella Tavola 5.

Il sottosuolo delle zone di Vellano esaminate è costituito da terreni sempre riferibili alle rocce del Macigno ed alla propria coltre di alterazione, e quindi piuttosto omogenee pur variando la posizione morfologica. In particolare è emerso che nelle zone esaminate lo spessore della coltre detritica è generalmente molto modesto, da 1 m ad un massimo di 4 m.

Passando alla ricostruzione litologica effettuata è emerso che :

- il manto detritico è suddivisibile in due distinti litotipi (denominati A e B), variabili per granulometria e grado di resistenza;
- la roccia in posto, costituita da strati arenacei e siltitici più o meno fratturati, e da rare argilliti marnose fratturate, è assimilabile ad un ammasso roccioso di medie caratteristiche;

Nella seguente Tabella è riportata la descrizione dei tre litotipi in cui il terreno è stato distinto.

Tabella 1

LITOTIPI	TIPOLOGIA DEI TERRENI	LITOLOGIA PREVALENTE
A	Coltre detritica da poco a mediamente addensata o compatta	Terreno agrario, detrito minuto molto soffice
B		Detrito a granulometria mista
C	Substrato lapideo più o meno alterato	Strati arenacei e siltitici da mediamente a scarsamente fratturati

La presenza di affioramenti rocciosi in numerose aree implica modesti spessori della coltre detritica di alterazione. Quanto sopra è confermato dagli esiti delle prove dinamiche.

La scarsa coltre detritica di alterazione del Macigno appare localmente instabile per l'elevata acclività dei terreni sottostanti la viabilità, interessati dall'azione destabilizzante dei fossi qui presenti. In particolare è evidente una frana attiva parzialmente consolidata in testa da un'opera di sostegno.

Nella carta di Tavola 4 sono evidenziati i tratti della strada che presentano lesioni addebitabili all'azione di richiamo operata dai fossi, mentre nella Tavola 5 sono riportate le sezioni geologiche tracciate nei singoli punti di prova.

In ogni caso in superficie è presente il manto agrario (Litotipo A) talvolta direttamente in appoggio sul substrato roccioso, oppure con il litotipo B a fare da cuscinetto.

In nessuna delle quattro prove penetrometriche è stata riscontrata la presenza di acqua nel sottosuolo.

5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

Per definire le caratteristiche geotecniche dei litotipi sono state utilizzate le interpretazioni delle varie prove penetrometriche, i risultati di analisi di laboratorio effettuate per altre zone limitrofe di Vellano, e le valutazioni visive degli affioramenti e dei campioni dell'ammasso roccioso.

Le sezioni geologiche riportate in Tavola 5 corrispondono alle sezioni litotecniche, in quanto non è possibile accorpate i vari terreni individuati nella ricostruzione geologica.

Nella Tabella 2 sono quindi riportati i valori dei seguenti parametri geotecnici medi, ritenuti idonei per caratterizzare i tre litotipi : angolo di attrito interno (in condizioni drenate) ϕ' , coesione (in condizioni drenate) c' , peso di volume γ .

LITOTIPI		PARAMETRI GEOTECNICI f_m		
	Resistenza (N_{spt})	ϕ' (in °)	c' (in kg/cmq)	γ (in gr/cm ³)
A	2 ÷ 5	25	0,03	1,80
B	10 ÷ 25	32	0,03	2,00
C	> 50	30	1,00	2,40

Tabella 2

Nella Tabella 3 sono riportati i parametri della coesione posseduta dai litotipi della coltre detritica in condizioni non drenate, ricavati per correlazione con le prove penetrometriche.

Nelle relative verifiche a breve termine il terreno dovrà essere quindi considerato coesivo oppure granulare, per non incorrere ad una sovrastima delle qualità litotecniche.

LITOTIPO	PARAMETRI GEOTECNICI f_m c_u (in kg/cmq)
A	0,30
B	1,20

Tabella 3

6. ASPETTI SISMICI

Il territorio comunale di Pescia è stato inserito nella classe di sismicità 3, a seguito della O.P.C.M. 3278/03 e della O.P.C.M. 3519/06 confermata dalla D.G.R.T. n.878/2012.

Nei seguenti paragrafi sono esaminati i vari aspetti legati alla risposta del sito alle sollecitazioni sismiche, ed in particolar modo alle categorie (topografica e del sottosuolo) ed alla suscettibilità alla liquefazione .

6.1 VITA NOMINALE - CLASSE D'USO - PERIODO DI RIFERIMENTO

Il tipo di strutture di sostegno prevedibili per la messa in sicurezza della viabilità risulta di categoria **2** (opere ordinarie). La classe d'uso è di norma la **Classe II**, trattandosi di manufatti in aree senza affollamenti significativi di persone lungo strade di modesta importanza.

Di seguito è riportata la vita nominale V_N utilizzata nelle valutazioni, ed i conseguenti coefficiente d'uso CU , e periodo di riferimento per l'azione sismica V_R :

$V_N = 50$ anni	$CU = 1,0$	$V_R = 50$ anni
-----------------	------------	-----------------

6.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA E CATEGORIA DEL TERRENO FONDALE

Per quanto riguarda la situazione topografica, la posizione con angolo di pendio medio del versante $>15^\circ$ implica la categoria **T2**.

In merito alla categoria del terreno fondale si rileva da una prospezione sismica con analisi MASW effettuata lungo la Via Mammianese entro Vellano (vedi elaborati allegati in appendice con relativa ubicazione) che la coltre detritica dove lo spessore è nell'ordine di 10 m è contraddistinta da velocità V_s intorno a 360 m/s, mentre il substrato roccioso possiede velocità V_s superiori a 800 m/s oltre la profondità di 14 m.

Da quanto sopra discende che nelle zone dove lo spessore della coltre alterativa supera i 3 m il terreno fondale è cautelativamente ascrivibile alla categoria : **E** "Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/sec)".

Per contro, dove la roccia è subaffiorante, si può prevedere una categoria : **B** “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*”.

6.3 LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione del terreno a causa di sollecitazioni sismiche può essere escluso sia per la presenza di terreni detritici in genere molto miscelati, e quindi esterni al fuso granulometrico potenzialmente liquefacibile, sia per l'assenza di una falda estesa ed omogenea, anche per l'azione drenante operata dai vari fossi presenti in zona.

6.4 PARAMETRI SISMICI

I vari parametri e coefficienti sismici potranno essere elaborati solo dopo aver definito le aree di intervento, le tipologie delle opere di sostegno, e lo spessore della coltre alterativa presente, per cui si ritiene inutile fornire al momento dei parametri che potrebbero risultare fuorvianti.

7. STABILITA' DEI TERRENI

La stabilità delle zone più ripide indicate in cartografia risulta potenzialmente precaria, sia per la morfologia acclive, sia per le scadenti qualità dei terreni alterativi superficiali.

Le verifiche di stabilità nello stato attuale sono state omesse, in quanto le sezioni evidenziano ripide pendici con terreni evidentemente in situazione di squilibrio a lungo termine, tantopiù in condizioni sismiche.

Le verifiche andranno eseguite in fase progettuale esecutiva quando saranno definiti i vari interventi di sostegno previsti per il consolidamento della sede stradale, inserendo quindi gli opportuni parametri tecnici delle singole opere.

8. CONCLUSIONI

In conclusione dell'indagine si possono ipotizzare delle previsioni di intervento che discendono direttamente dalla valutazione della pericolosità dei siti a seguito dei rilievi e delle indagini, nonché dal grado di vulnerabilità delle opere esistenti.

Si possono prevedere tre tipologie di interventi, alcuni specifici lungo la viabilità o nelle incisioni dei fossi, più interventi generici validi per tutte le zone esaminate, e precisamente :

- Interventi di consolidamento delle strade

Riferibili a cortine di micropali o altre strutture idonee a garantire un sostegno senza appesantimento del terreno, ovvero capaci di trasmettere il proprio peso al substrato roccioso resistente; saranno utilizzabili a protezione della Via comunale dei Canali nelle zone più soggette all'azione erosiva e di richiamo da parte dei tre fossi presenti in loco (Zona 1).

- Interventi di sostegno

Riferibili a opere strutturali (briglie in muratura o in gabbioni), a reti paramassi, oltre ad eventuali interventi di ingegneria naturalistica (briglie in legname e pietre, scogliere, palizzate). Si rendono necessari nella Zona 2 dove sono evidenti condizioni di instabilità nell'incisione del Fosso della Mora tra Provinciale e Via dei Canali al fine di stabilizzare il fondo del rio e rallentare il corso, evitando che l'acqua percorra Via dei Canali. Saranno altresì realizzabili opere di contenimento della

ripida scarpata anche nella pendice soprastante la Provinciale in sinistra idraulica del fosso.

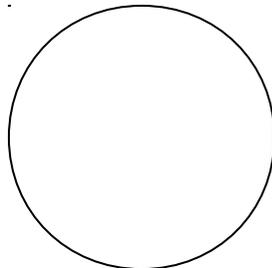
- Interventi di regimazione delle acque superficiali

Trattasi dei consueti interventi idonei ad intercettare e raccogliere le acque di superficie, indirizzandole nella rete di naturale deflusso.

Si rendono necessari per disciplinare l'andamento irregolare delle acque meteoriche, al fine di evitare l'infiltrazione nelle coltri detritiche.

Pescia, 6 settembre 2016

Il Relatore
Dr. Franco Menetti



ALLEGATI

In appendice

- **ELABORATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE**
- **ELABORATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE**

fuori testo

- **TAVOLA 3 – CARTA GEOMORFOLOGICA**
- **TAVOLA 4 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI**
- **TAVOLA 5 – SEZIONI GEOLOGICHE E LITOTECNICHE**

**ELABORATI DELLE PROVE
PENETROMETRICHE**

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EML.C

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,20 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
 e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
 P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Dott.Menetti
- cantiere : Rifacimento strada
- località : Vellano, Via dei Canali - Pescia
- note :

- data : 24/09/2014
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	8	84,1	----	1	1,40 - 1,60	8	71,3	----	3
0,20 - 0,40	2	19,3	----	2	1,60 - 1,80	10	89,1	----	3
0,40 - 0,60	3	28,9	----	2	1,80 - 2,00	22	196,0	----	3
0,60 - 0,80	3	28,9	----	2	2,00 - 2,20	15	133,7	----	3
0,80 - 1,00	3	28,9	----	2	2,20 - 2,40	7	58,0	----	4
1,00 - 1,20	10	96,4	----	2	2,40 - 2,60	50	414,1	----	4
1,20 - 1,40	5	44,6	----	3					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Dott.Menetti
- cantiere : Rifacimento strada
- località : Vellano, Via dei Canali - Pescia
- note :

- data : 24/09/2014
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	14	147,1	----	1	0,80 - 1,00	1	9,6	----	2
0,20 - 0,40	3	28,9	----	2	1,00 - 1,20	21	202,5	----	2
0,40 - 0,60	3	28,9	----	2	1,20 - 1,40	50	445,5	----	3
0,60 - 0,80	2	19,3	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Dott.Menetti
- cantiere : Rifacimento strada
- località : Vellano, Via dei Canali - Pescia
- note :

- data : 24/09/2014
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	2	21,0	----	1	0,60 - 0,80	11	106,1	----	2
0,20 - 0,40	3	28,9	----	2	0,80 - 1,00	3	28,9	----	2
0,40 - 0,60	6	57,9	----	2	1,00 - 1,20	50	482,2	----	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

- indagine : Dott.Menetti
 - cantiere : Rifacimento strada
 - località : Vellano, Via dei Canali - Pescia
 - note :

- data : 24/09/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	5	52,5	----	1	2,20 - 2,40	14	115,9	----	4
0,20 - 0,40	2	19,3	----	2	2,40 - 2,60	8	66,3	----	4
0,40 - 0,60	1	9,6	----	2	2,60 - 2,80	14	115,9	----	4
0,60 - 0,80	1	9,6	----	2	2,80 - 3,00	25	207,0	----	4
0,80 - 1,00	1	9,6	----	2	3,00 - 3,20	12	99,4	----	4
1,00 - 1,20	2	19,3	----	2	3,20 - 3,40	10	77,4	----	5
1,20 - 1,40	2	17,8	----	3	3,40 - 3,60	13	100,6	----	5
1,40 - 1,60	3	26,7	----	3	3,60 - 3,80	15	116,0	----	5
1,60 - 1,80	20	178,2	----	3	3,80 - 4,00	15	116,0	----	5
1,80 - 2,00	7	62,4	----	3	4,00 - 4,20	50	386,8	----	5
2,00 - 2,20	10	89,1	----	3					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

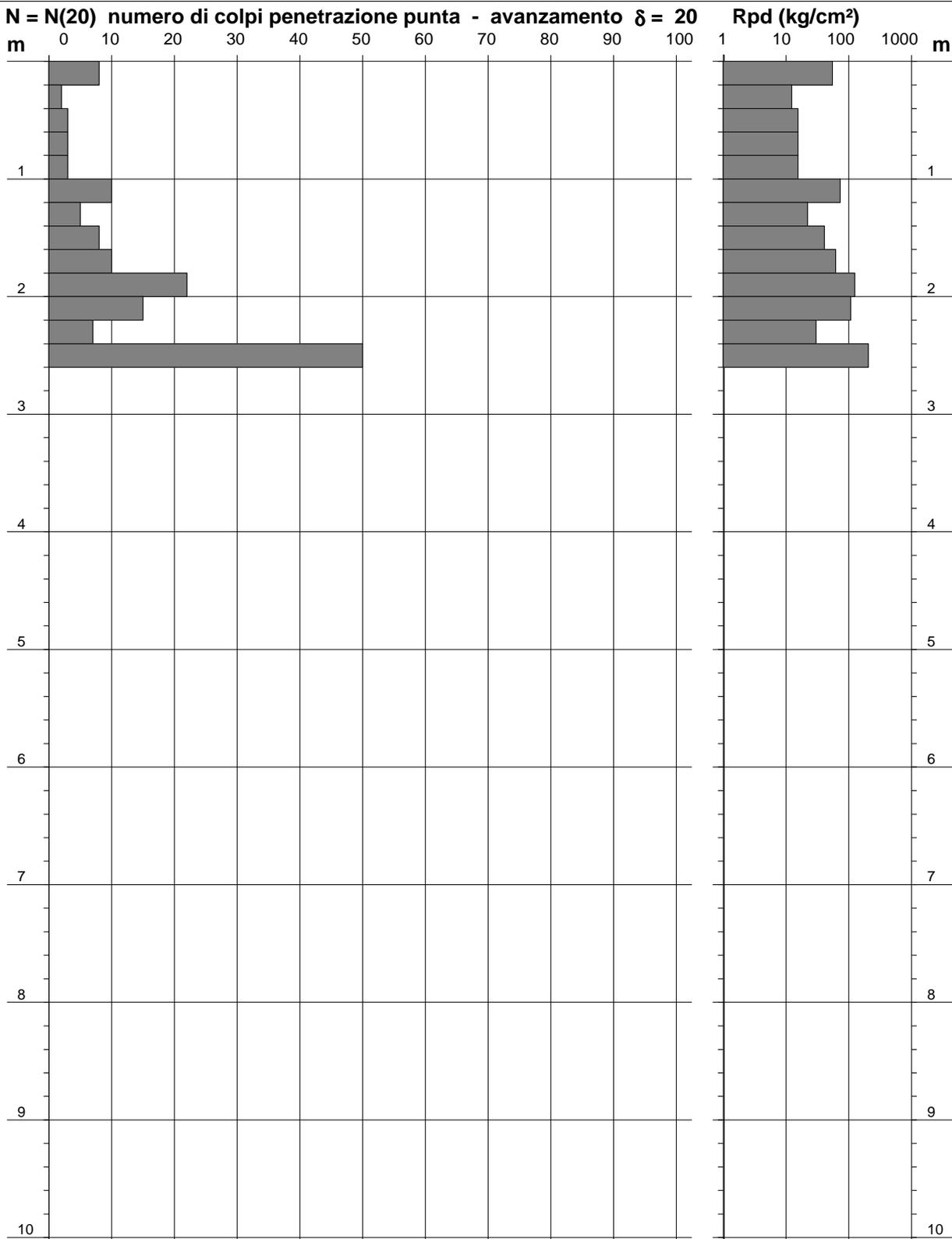
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Dott.Menetti
 - cantiere : Rifacimento strada
 - località : Vellano, Via dei Canali - Pescia

- data : 24/09/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

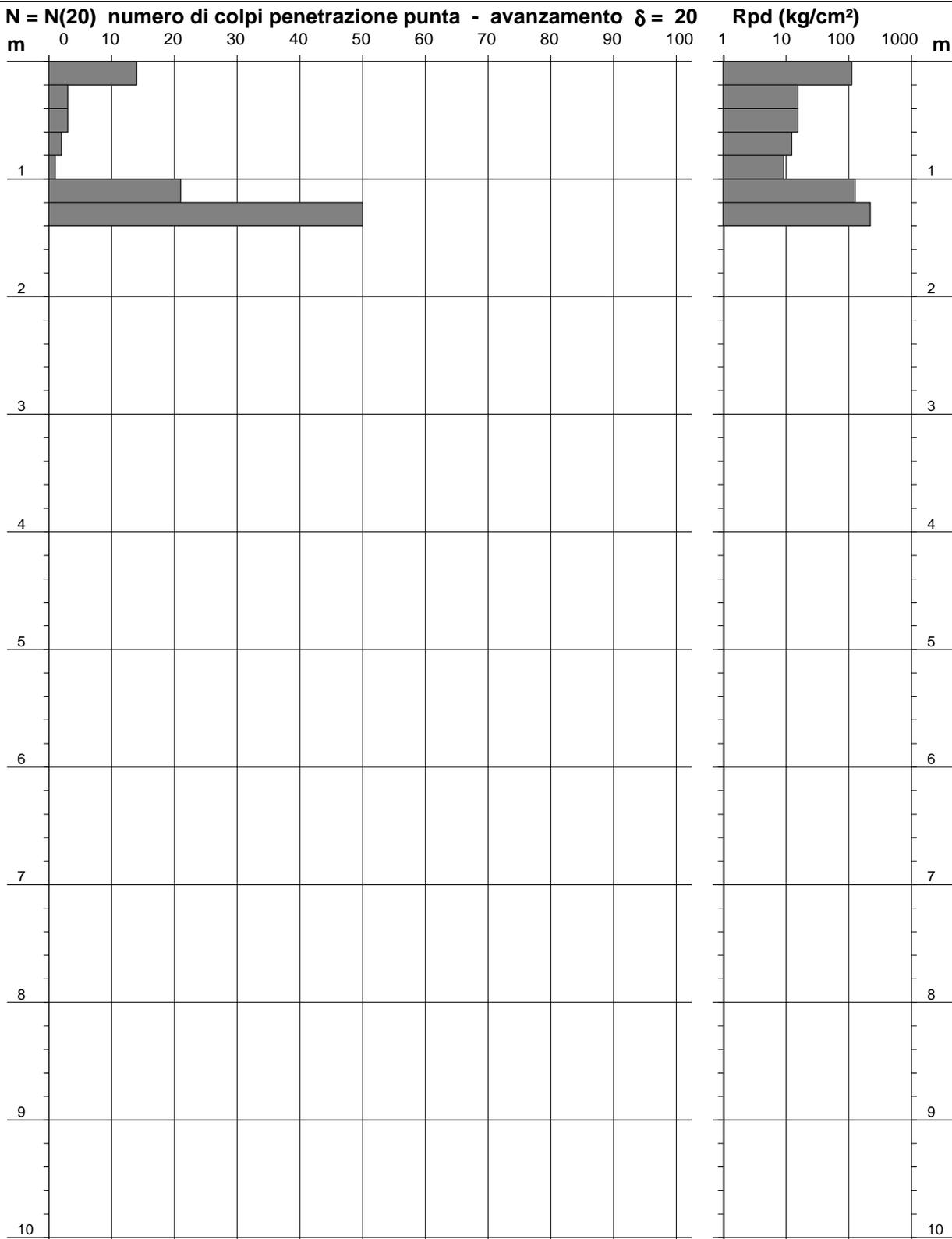
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Dott.Menetti
 - cantiere : Rifacimento strada
 - località : Vellano, Via dei Canali - Pescia

- data : 24/09/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

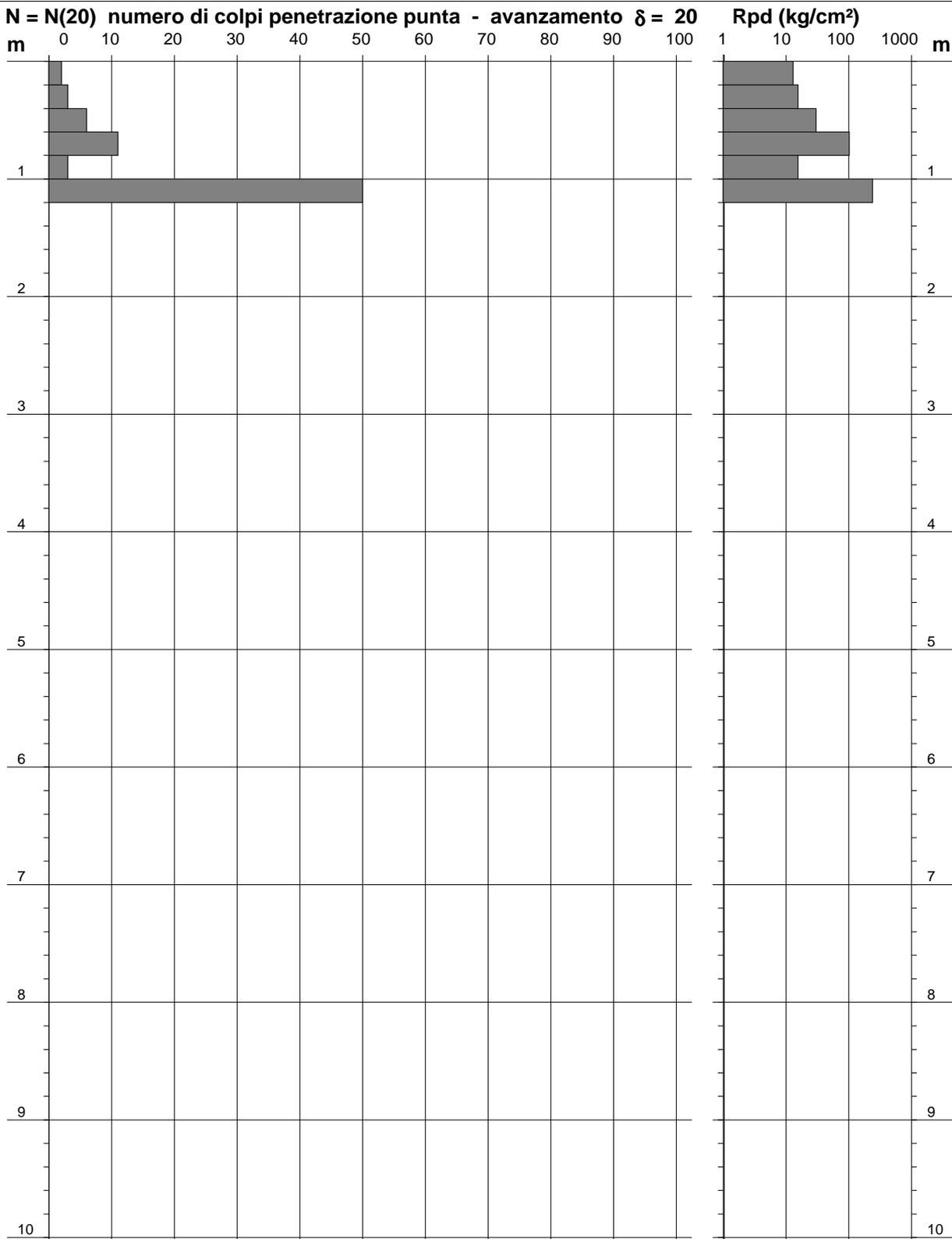
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 3

Scala 1: 50

- indagine : Dott.Menetti
 - cantiere : Rifacimento strada
 - località : Vellano, Via dei Canali - Pescia

- data : 24/09/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

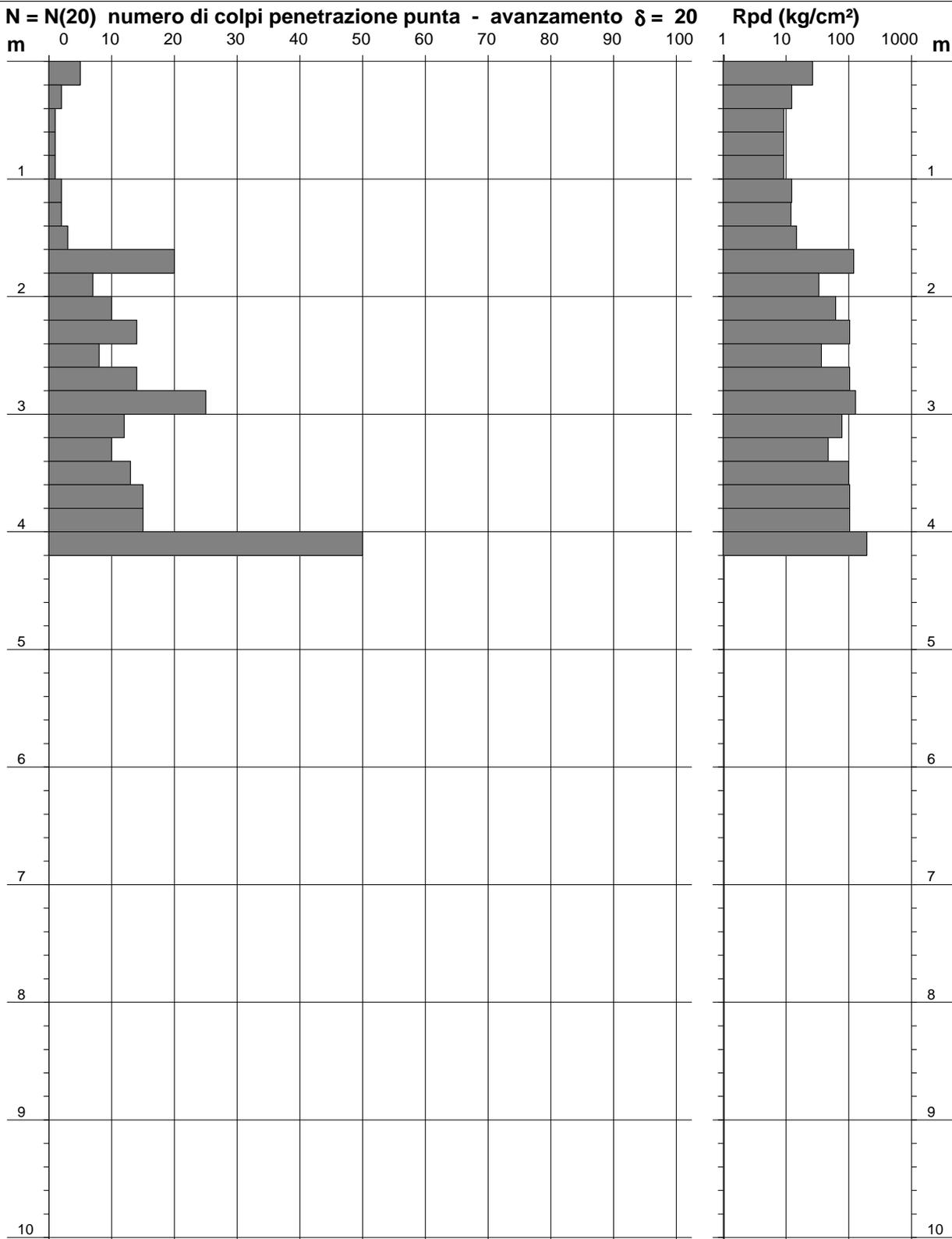
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 4

Scala 1: 50

- indagine : Dott.Menetti
 - cantiere : Rifacimento strada
 - località : Vellano, Via dei Canali - Pescia

- data : 24/09/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**ELABORATI DELLE INDAGINI
GEOFISICHE**



COMUNE DI PESCIA
PROVINCIA DI PISTOIA

Località: Vellano

PROSPEZIONE SISMICA CON ONDE P ED SH
TOMOGRAFIA SISMICA
ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)

Committente: Studio Sigma

RELAZIONE TECNICA

Ottobre 2014

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

I N D I C E

PREMESSA.....	3
1. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P ED SH.....	4
1.1. Possibilità e limiti del metodo sismico a rifrazione	4
1.2. Ulteriori possibilità offerte dal metodo della tomografia sismica	6
1.3. Sistema di acquisizione	6
1.3.1 Sismografo	7
1.3.2. Sistema energizzante	7
1.3.3. Trigger.....	8
1.3.4. Apparecchiatura di ricezione	8
1.4. Elaborazione dati	8
1.5. Commento ai risultati delle prospezioni sismiche.....	10
2. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI	12
2.1. Il metodo MASW	12
2.2. Sistema di acquisizione	13
2.2.1. Sismografo	13
2.2.2. Sistema energizzante	14
2.2.3. Trigger.....	14
2.2.4. Apparecchiatura di ricezione	14
2.3. Elaborazione dati	14
2.4. Commento ai risultati delle prospezioni sismiche.....	16

ALLEGATI

Immagine Google con ubicazione delle prospezioni sismiche
Documentazione Fotografica
Tabulati, dromocrone e sezioni sismostratigrafiche onde P e SH
Sezioni tomografiche a onde P e SH

COMUNE DI PESCIA

PROVINCIA DI PISTOIA

Località: Vellano

PREMESSA

Per incarico dello *Studio di Geologia Sigma* sono state effettuate indagini sismiche nella frazione di Vellano del Comune di Pescia (PT).

Le indagini, finalizzate alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo ed alle analisi di risposta sismica locale ai sensi del vigente D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*, sono state condotte mediante le seguenti tecniche:

- 1) Prospezione sismica a rifrazione con onde P ed SH
- 2) Analisi multicanale delle onde superficiali (MASW)

L'ubicazione delle indagini è riportata nella planimetria allegata.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati è stata effettuata in collaborazione con il Dottor Donato Merola.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

1. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P ED SH

1.1. Possibilità e limiti del metodo sismico a rifrazione

Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità V_p dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);

- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;

- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");

- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;

- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico, come il *Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980)*, consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente "accidentati" e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologie di superficie non piane: la buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospezione sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica.

1.2. Ulteriori possibilità offerte dal metodo della tomografia sismica

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

Il processing dei dati, qui eseguito con il programma RAYFRACT (distribuito dalla Intelligent Resources Inc.), prosegue con la fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

Successivamente, con la fase di imaging, si otterrà con un software dedicato (SURFER 8) l'immagine della sezione tomografica.

1.3. Sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

1.3.1 Sismografo

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico EG&G GEOMETRICS *STRATAVISOR NZXP* a 48 canali avente le seguenti caratteristiche:

- Impedenza di ingresso diff. 20 Kohm
- Impedenza di ingresso common mode: 20 Kohm
- Range dinamico: 144 dB
- Larghezza di banda 1.75÷20.000 Hz
- Digitalizzatore a 24 bit
- Filtri in acquisizione ed in uscita:
- Sommatoria dei segnali fino ad un massimo di 8.000 stacks
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 20.0, 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 μ s
- Durata della registrazione: 16384 campioni
- Possibilità di registrazione continua per controllo vibrazioni
- Possibilità di registrazione Autostack e Preview
- Possibilità di inversione della polarità (Stack polarity)
- CDP Roll Along
- Visore grafico a cristalli liquidi colore
- Stampante a plotter su carta termica
- Memoria su HD interno 40 Mb o su floppy 3.5" 1.44 Mb
- Sistema Windows XP
- Porta USB

1.3.2. Sistema energizzante

Sono stati utilizzati diversi sistemi di energizzazione per le onde P e per le onde SH.

Come sorgente energizzante per le onde P è stata utilizzata la classica mazza da 10 kg.

Le onde SH sono state ottenute con un dispositivo di energizzazione costituito da un parallelepipedo (traversina di legno) percosso sulle estremità opposte da una mazza da 10 kg sovraccaricato dal peso di due operatori, in grado di generare onde SH di buon contenuto energetico, uniformi sia nella direzione di propagazione sia nella polarizzazione (+ e -) e, di contro, con una generazione di onde P trascurabile.

Tutte le registrazioni delle SH sono state effettuate con metodo cross-over utilizzando la funzione inversione di polarità offerta dal Geometrics Stratavisor NPXZ, ovverosia facendo la differenza tra un ugual numero di battute a destra ed a sinistra con polarità invertita: in tal modo viene esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH, mentre vengono abbattute le eventuali onde P spurie.

È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della traversina con il terreno: tale metodologia ha consentito di ottenere ovunque registrazioni di buona qualità.

1.3.3. Trigger

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

1.3.4. Apparecchiatura di ricezione

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali Mark Products con frequenza propria di 14 Hz.

Per la ricezione delle onde SH sono stati utilizzati 24 geofoni orizzontali Mark Products con frequenza propria di 10 Hz.

1.4. Elaborazione dati

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SEGY.

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione, la successiva elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei primi arrivi attraverso il software RAYFRACT, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione;

2. inserimento dei dati ed interpretazione con programma GRM (Generalized Reciprocal Method – Palmer 1980) del Dr. Bruno Vassallo (distribuito da P.A.S.I. s.r.l.) integrato dal metodo dei “tempi intercetti”;
3. output dei tabulati:
 - dati di scoppio (ascissa e quota dei geofoni, ascissa e quota dei punti di energizzazione, tempi di primo arrivo)
 - velocità calcolate per ciascun strato individuato
 - profondità calcolate per ciascun strato individuato
4. output delle dromocrone sismiche e della sezione sismostratigrafica interpretativa in formato Coreldraw.

Per la tomografia sismica, l’elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei tempi di primo arrivo attraverso il software RAYFRACT, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, con particolare attenzione alle fasi d’onda ed alla loro evoluzione.
2. formazione di un database contenente la geometria della linea sismica (posizione altimetrica e planimetrica dei geofoni e degli scoppi) ed i tempi di primo arrivo per ciascun scoppio.
3. Conversione dei dati in formato ASCII.
4. Inversione Delta t-V che permette di ottenere profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità.
5. Ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d’onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell’equazione che esprime le modalità di propagazione di un’onda in un mezzo isotropo.
6. Controllo del “fitting” tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
7. Output grafico della sezione tomografica in formato Sfr.

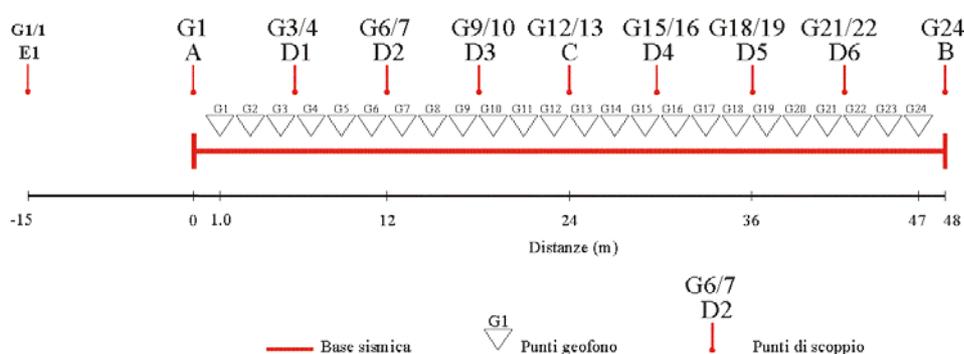
1.5. Commento ai risultati delle prospezioni sismiche

E' stata effettuata la seguente prospezione sismica a rifrazione a 24 geofoni, con onde P e con onde SH:

ST1: interasse $i = 2$ m - lunghezza ml 48

Lo schema di acquisizione della linea (lunghezza, posizione dei punti di energizzazione etc.) è il seguente:

ST1



La qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona per le onde P. Per le onde SH, invece, la qualità delle registrazioni dei geofoni G1-G10 è stata medio-bassa soprattutto per i punti di energizzazione A e D1-D3 a causa di disturbi dovuti alla presenza di una struttura in cemento armato (micropali con cordolo di collegamento delle testate) sottostante la porzione nord-occidentale della linea sismica; l'individuazione (approssimata) dei primi arrivi sulle tracce dei sismogrammi è stata comunque possibile grazie sia alla buona qualità dei primi arrivi su tutti i geofoni per gli altri punti di energizzazione sia ad un adeguato filtraggio del segnale sismico.

In allegato si riportano i diagrammi tempi di arrivo - distanze e le sezioni sismostratigrafiche derivanti dall'interpretazione effettuata al computer con il metodo reciproco generalizzato GRM (*Palmer 1986*) integrato dal metodo dei tempi intercetti che ha consentito la visualizzazione anche degli strati per i quali non si hanno "ricoperture". Si allegano inoltre le sezioni tomografiche elaborate con il programma RAYFRACT. Queste ultime offrono ovviamente una maggiore discretizzazione delle velocità rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale, individuando in genere, per la caratteristica intrinseca dell'algoritmo di calcolo (basato sui gradienti di velocità) spessori diversi da quelli valutati utilizzando la sismica a rifrazione classica. In questo caso si osserva comunque una buona corrispondenza tra i due metodi.

L'attribuzione delle litologie ai vari sismostrati individuati dalle prospezioni è stata effettuata sulla base delle informazioni contenute nella Carta Geologica della Regione Toscana (sezione 262010) alla scala 1:10000, tenuto conto delle prove penetrometriche DPM e delle informazioni, fornite dalla Committenza, sulla stratigrafia di due sondaggi, eseguiti nello stesso contesto di indagini.

In dettaglio si ha, con riferimento alle sezioni sismostratigrafiche interpretative allegate:

SEZIONE ST1

Linea 1409291 (onde P) ÷ 1409292 (onde SH)

- dalla superficie fino alla profondità di 0.3÷2 m (onde P)/0.8÷1.7 m (onde SH) si incontra un primo strato con $V_p = 280\div425$ m/sec e $V_s = 150\div170$ m/sec, correlabile con la massicciata stradale e con una copertura detritica e di alterazione sciolta;
- segue un secondo strato caratterizzato da $V_p = 570\div700$ m/sec e da $V_s = 260\div300$ m/sec, riferibili a depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati. La base dello strato si incontra a profondità di circa 5÷6 m secondo le onde P e a profondità di 3.5÷7 m secondo le onde SH;
- segue un terzo strato caratterizzato da $V_p = 1660\div1810$ m/sec e da $V_s = 505\div590$ m/sec, riferibili a depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi molto addensati o ad un bedrock arenaceo molto/completamente fratturato. La base dello strato si incontra a profondità di circa 10÷12 m secondo le onde P e a profondità di 11.5÷13.5 m secondo le onde SH;
- segue un quarto ed ultimo strato caratterizzato da $V_p = 2250$ m/sec e da $V_s = 1047$ m/sec, riferibili ad arenarie quarzoso-feldspatiche con intercalazioni di siltiti e argilliti (*Macigno - MAC*) mediamente fratturate.

2. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

2.1. Il metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine sismica di recente introduzione (Parker, Miller e Xia - 1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da 12 o più sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili V_{sv} - Z (velocità delle onde di taglio verticali – profondità) mono o bidimensionali. Questo metodo di indagine può essere sia attivo che passivo. La metodologia qui usata è di tipo attivo, ossia la perturbazione sismica viene generata da una massa battente, costituita da una mazza o da un grave in caduta libera, e misurata da uno stendimento lineare di sensori.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase: la velocità di fase dipende dalla frequenza e tale dipendenza è esprimibile attraverso una *curva di dispersione*. La natura dispersiva di questo tipo di onde è correlabile con il fatto che onde ad alta frequenza (lunghezza d'onda corta) si propagano negli strati più superficiali di terreno mentre onde a bassa frequenza (lunghezza d'onda lunga) si propagano negli strati più profondi. Generalmente il range di frequenze di interesse è compreso tra 2 e 100 Hz. L'analisi di frequenze più elevate può essere utile nel caso di pavimentazioni o strati molto rigidi in superficie sovrastanti strati più soffici.

Le profondità di esplorazione del sottosuolo massima (Z) e minima (z) che si possono raggiungere con questo tipo di indagine dipendono dal range di lunghezze d'onda (e quindi di frequenze) misurato. In prima approssimazione $Z \approx \frac{1}{2} \lambda_{\max}$ e $z \approx \frac{1}{2} \lambda_{\min}$ dove λ_{\max} è la lunghezza d'onda massima misurata (corrispondente alla minima frequenza) e λ_{\min} è la lunghezza d'onda minima (massima frequenza). E buona norma, inoltre, utilizzare una geometria di acquisizione che preveda uno stendimento di lunghezza D prossima al doppio della profondità che si vuole indagare ed una interdistanza geofonica dx pari allo spessore più piccolo su cui si vogliono raccogliere informazioni.

Nella prospezione MASW attiva è particolarmente importante l'uso di una sorgente di energia idonea a generare onde a bassa frequenza con λ circa doppie della profondità di indagine massima che si vuole raggiungere. E' importante, inoltre, adottare una distanza intergeofonica piccola (preferibilmente non superiore ai 2 metri) in modo da avere informazioni anche sulle porzioni di terreno più superficiali ed evitare fenomeni di aliasing che un'eccessiva distanza tra i geofoni potrebbe generare.

Il processing dei dati, qui eseguito con il programma SURFSEIS, permette di ottenere un'immagine (*spettro di velocità*) dove sono rappresentati, nel campo velocità di fase - frequenza, diversi modi delle onde di Rayleigh. L'analisi e l'interpretazione degli spettri di velocità consente l'estrazione delle curve di dispersione dalla cui inversione si ottengono i profili di velocità delle onde Sv.

2.2. Sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

2.2.1. Sismografo

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico EG&G GEOMETRICS *STRATAVISOR NZXP* a 48 canali avente le seguenti caratteristiche:

- Impedenza di ingresso diff. 20 Kohm
- Impedenza di ingresso common mode: 20 Kohm
- Range dinamico: 144 dB
- Larghezza di banda 1.75÷20.000 Hz
- Digitalizzatore a 24 bit
- Filtri in acquisizione ed in uscita:
- Sommatoria dei segnali fino ad un massimo di 8.000 stacks
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 20.0, 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 μ s
- Durata della registrazione: 16384 campioni
- Possibilità di registrazione continua per controllo vibrazioni
- Possibilità di registrazione Autostack e Preview
- Possibilità di inversione della polarità (Stack polarity)
- CDP Roll Along
- Visore grafico a cristalli liquidi colore
- Stampante a plotter su carta termica
- Memoria su HD interno 40 Mb o su floppy 3.5" 1.44 Mb
- Sistema Windows XP
- Porta USB

2.2.2. Sistema energizzante

Come sorgente energizzante per le onde di Rayleigh è stata utilizzata la massa battente (63.5 Kg) di un penetrometro dinamico superpesante tipo “Emilia” (Pagani, modello Tg63-200).

2.2.3. Trigger

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza, etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

2.2.4. Apparecchiatura di ricezione

Per la registrazione delle onde superficiali sono stati adottati 48 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz.

2.3. Elaborazione dati

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SEG 2.

L'elaborazione MASW si effettua attraverso le seguenti fasi principali:

1. Importazione e formattazione dei dati.
2. Generazione, per ogni registrazione, di un'immagine di dispersione (chiamata *overtone*) che rappresenta, con una scala colorimetrica, le ampiezze delle onde registrate in funzione della velocità di fase e della frequenza.
3. analisi delle immagini *overtone* con individuazione del modo fondamentale e dei modi superiori delle onde di Rayleigh; eventuale combinazione delle immagini di dispersione ottenute con metodologia attiva e con metodologia passiva; estrazione delle curve di dispersione.

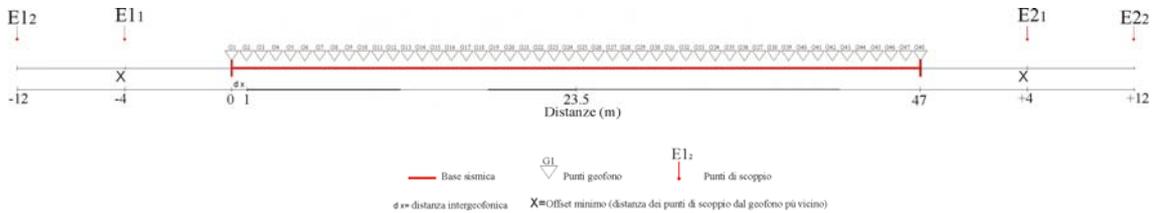
4. Inversione delle curve di dispersione a partire da un modello basato sulle informazioni stratigrafiche, geotecniche e sismiche disponibili. Si tratta essenzialmente di un metodo iterativo con il quale il programma compara le curve di dispersione estratte (sperimentali) con le curve teoriche (modelli) per la ricerca della curva di dispersione ottimale, usando l'RMSE (*root-mean-square error*) come guida e *constrain*. In pratica le iterazioni continuano automaticamente fino a che non viene raggiunto il minimo RMSE (ovvero il "*best fitting*" tra curva sperimentale e curva teorica) o, in alternativa, un numero massimo di iterazioni scelto dall'utente. Il risultato finale del processo di elaborazione è un profilo V_{sv} -Z monodimensionale (corrispondente all'incirca alla verticale al disotto del centro dello stendimento), nel caso di una sola registrazione, o bidimensionale, nel caso di più registrazioni.

Allo stato attuale delle conoscenze il metodo MASW appare una metodologia che, pur presentando innegabili vantaggi rispetto alla sismica a rifrazione (possibilità di operare anche in contesti con elevato rumore ambientale ed in spazi limitati, possibilità di individuare inversioni di velocità etc.), è tuttavia soggetta a limitazioni di carattere teorico (strati pian paralleli, etc.) e pratico (necessità di fonti energetiche a bassa frequenza per poter scendere in profondità, geofoni a bassa frequenza, etc.) che, unitamente alle difficoltà interpretative in assenza di un attendibile modello stratigrafico e sismico di riferimento, impongono la massima attenzione e cautela per il suo utilizzo come unico metodo di analisi.

Nella fattispecie tuttavia, avendo a disposizione dati stratigrafici desunti da due sondaggi e da prove penetrometriche dinamiche DPM e dati sismici (sismica a rifrazione) acquisiti nell'ambito dello stesso contesto di indagini, è stato possibile ricostruire un modello sismostratigrafico di riferimento attendibile.

2.4. Commento ai risultati delle prospezioni sismiche

E' stata eseguita una prospezione con il metodo MASW utilizzando un sistema di acquisizione a 48 geofoni con la seguente configurazione sorgente-ricevitori:



Sono state eseguite 8 energizzazioni, 4 ad ogni estremo della linea, con offset di 4 e 12 metri sia dal geofono 1 sia dal geofono 48, in modo da poter valutare, nella fase di elaborazione dati, diversi spettri di velocità derivanti da diverse configurazioni sorgente-ricevitori ed ottenere dal loro confronto un quadro più completo che agevoli il riconoscimento dei modi delle onde di Rayleigh effettivamente presenti, non essendo possibile stabilire a priori, in campagna, quale sia la migliore configurazione.

Un esempio delle registrazioni effettuate è riportato nella figura 1 seguente.

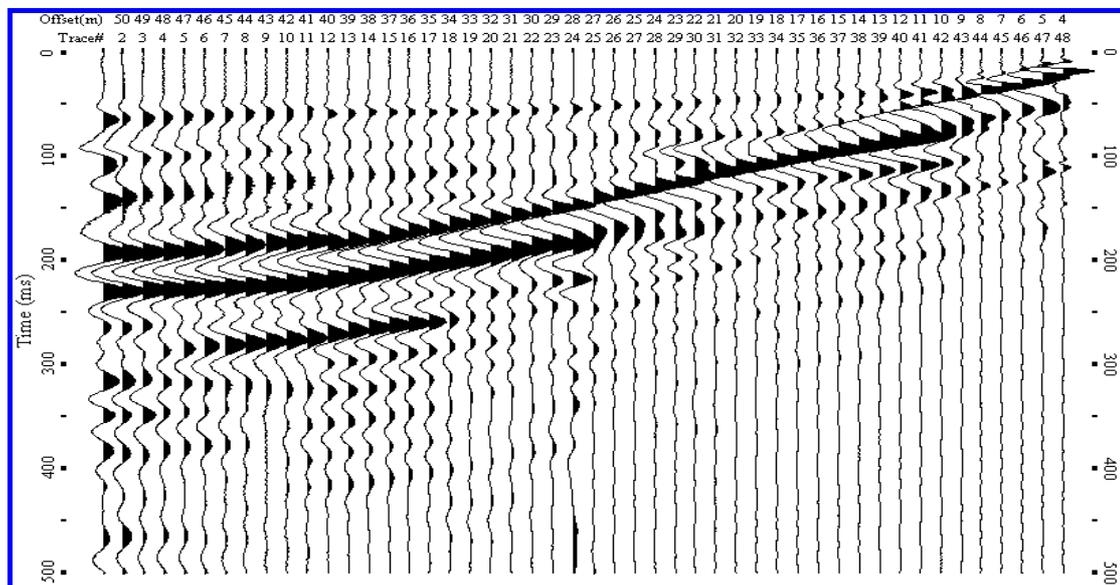


Fig. 1 -Registrazione di campagna delle onde superficiali: risultato dell'energizzazione a 4 metri dal geofono 48.

I dati stratigrafici e sismici disponibili sono stati molto utili per l'elaborazione delle onde superficiali (MASW). Essi, infatti, hanno consentito l'impostazione di un modello di base (tabella 1) per la generazione di una curva di dispersione teorica attendibile e ragionevolmente compatibile con la curva sperimentale, riportata in figura 2.

MOD2(9str).LYR					
Layer	Bottom	Thickness	S-Vel [Vs]	P-Vel [Vp]	POS Ratio
1	1.300	1.300	286	556	0.320
2	2.800	1.500	287	675	0.390
3	4.700	1.900	310	835	0.420
4	7.100	2.400	374	1240	0.450
5	10.200	3.100	433	1436	0.450
6	13.900	3.700	546	1809	0.450
7	18.600	4.700	671	1915	0.430
8	24.500	5.900	751	2023	0.420
9	Half Space	Infinity	1148	2456	0.360

Tab. 1 – Modello utilizzato per la generazione della curva di dispersione teorica.

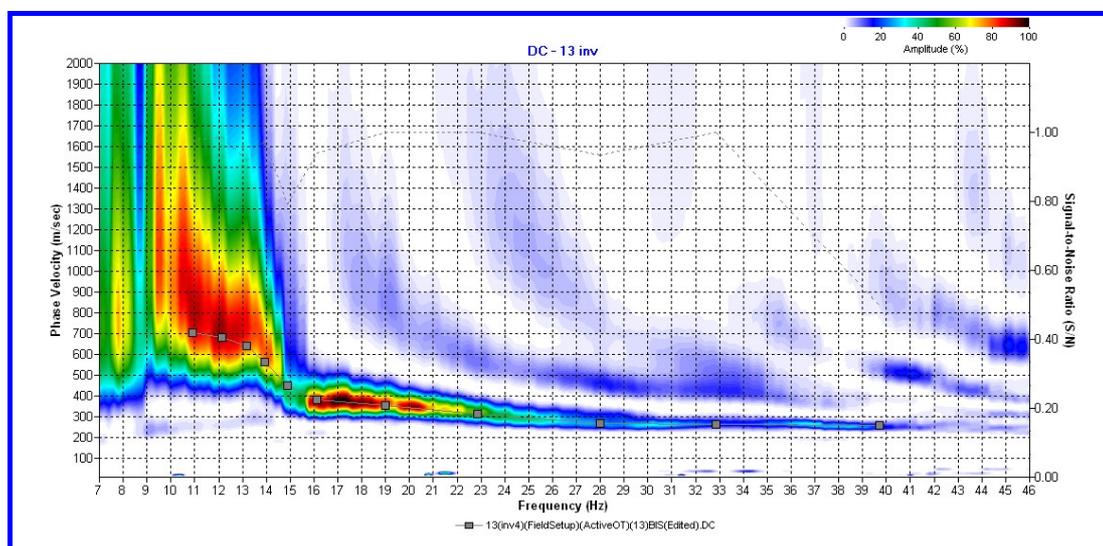


Fig. 2 – Spettro di velocità con sovrapposta la curva di dispersione utilizzata per l'elaborazione.

Il profilo di velocità Vs di Fig. 3 e la Tabella 2 sono i risultati finali dei processi iterativi operati dal programma SURFSEIS alla ricerca del *best fitting* tra curva di dispersione sperimentale e teorica.

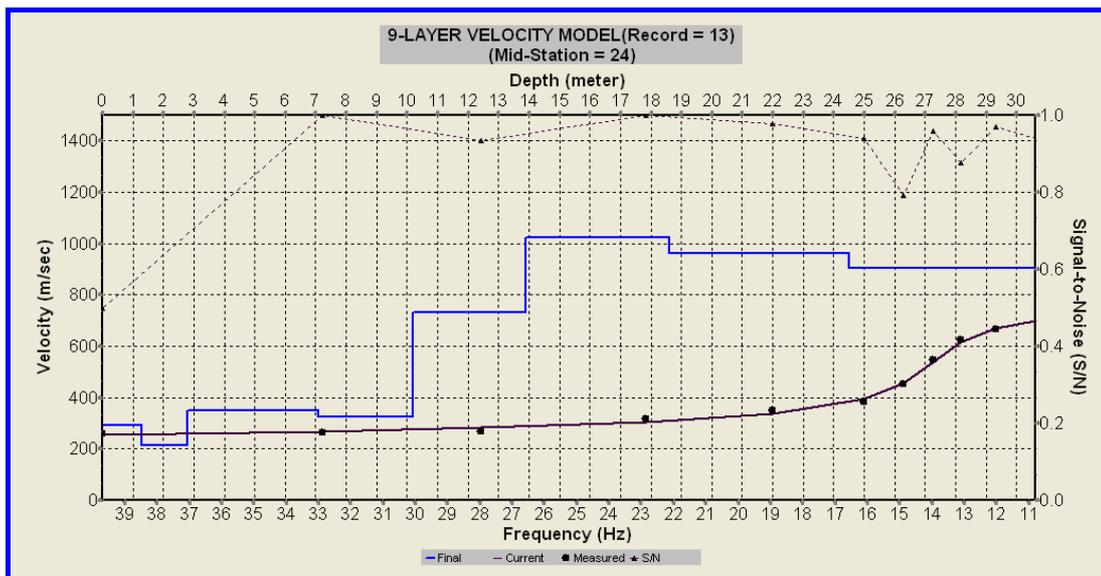


Fig. 3 – Profilo di velocità Vs.

Spessore strati (m)	Profondità (m)	Velocità Vs (m/sec)
1.3	-1.3	290.7
1.5	-2.8	213.9
1.9	-4.7	349.8
2.4	-7.1	347.3
3.1	-10.2	326.4
3.7	-13.9	732.4
4.7	-18.6	1023.6
5.9	-24.5	963.4
6.1	-30.6	905.9

Tab. 2 – Spessore, Profondità della base e velocità delle onde S degli strati individuati nel profilo di figura 3

Per quanto concerne infine la determinazione della “*Categoria di suolo di fondazione*” così come richiesto dal D.M 14 Gennaio 2008 - *Norme tecniche per le costruzioni* nei riguardi della misura della velocità media delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri sotto la superficie del terreno (V_{s30}) e della determinazione dei fattori amplificativi dell’azione sismica, nel caso in esame, considerando come punto di riferimento per il calcolo il piano campagna attuale, si ottiene un valore di V_{s30} **di 544 m/sec**, con V_{s30} velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Nel caso in esame si rileva la presenza di una “copertura” con velocità media di circa 360 m/sec soprastante il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/sec), individuato ad una profondità di 14 metri circa. Si iscrive pertanto il terreno di fondazione nella categoria di suolo di fondazione E:

- E) **Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m**, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/sec).

Lucca, 02/10/14

Collaboratore:
Dr. Donato Merola



GEOPROVE S.A.S.
Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Pietro Barsanti

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)



NORD
↑

GEOPROVE SAS
 DI PIETRO BARSANTI, ALESSANDRO PETRONI & C.
GEOGNOSTICA - GEOFISICA
PROVE PENETROMETRICHE
 via Buiamonti, 29 LUCCA - Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090
<http://www.geoprove.com> e-mail info@geoprove.com P.I. 0106601046

COMUNE DI PESCIA
 PROVINCIA DI PISTOIA

Località: Vellano

Committente: Studio Sigma

UBICAZIONE LINEA
 non in scala

LEGENDA

- G1 ————— G24 Linea sismica a rifrazione
- G1 ————— G48 Prospezione MASW



**COMUNE DI PESCIA
PROVINCIA DI PISTOIA**

Località: Vellano

**PROSPEZIONE SISMICA CON ONDE P ED SH
TOMOGRFIA SISIMICA
ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)**

Committente: Studio Sigma

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

GEOPROVE S.p.A.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Comune di Pescia (PT)

Località: Vellano

Prospezioni sismiche a rifrazione con onde P ed Sh e tomografia sismica



Profilo ST1 – Stralcio dello stendimento geofonico con geofoni da 14 Hz a spaziatura 2m.



Profilo ST1 – Stralcio dello stendimento geofonico e sito indagato.



**COMUNE DI PESCIA
PROVINCIA DI PISTOIA**

Località: Vellano

**PROSPEZIONE SISMICA CON ONDE P ED SH
TOMOGRFIA SISIMICA
ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)**

Committente: Studio Sigma

**TABULATI, DROMOCRONE E SEZIONI
SISMOSTRATIGRAFICHE**

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)



PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P
INTERPRETAZIONE CON METODO RECIPROCO GENERALIZZATO (GRM)

Committente : Studio sigma
Data : 29/09/14
Località : Vellano
Prospettore : GEOMETRICS STRATAVISOR NZXP
Sorgente : mazza da 10 kg
Linea : 1409291 – ST1
Lunghezza : 48 ml
Orientamento : NW - SE

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

DATI DI SCOPPIO 1409291_P – ST1

SCOPPIO 1 - X (m) -15.00 QUOTA 500.00 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	19.600000	500.000000
3.000000	21.300000	500.000000
5.000000	23.400000	499.900000
7.000000	24.500000	499.900000
9.000000	26.800000	499.800000
11.000000	28.300000	499.800000
13.000000	30.500000	499.700000
15.000000	31.600000	499.700000
17.000000	33.300000	499.700000
19.000000	33.800000	499.700000
21.000000	35.400000	499.800000
23.000000	36.400000	499.800000
25.000000	38.100000	499.800000
27.000000	39.100000	499.400000
29.000000	40.300000	499.200000
31.000000	40.800000	499.100000
33.000000	41.300000	499.200000
35.000000	41.900000	499.300000
37.000000	42.800000	499.400000
39.000000	44.600000	499.400000
41.000000	45.600000	499.400000
43.000000	47.300000	499.400000
45.000000	47.800000	499.500000
47.000000	48.400000	499.600000

15.000000	15.400000	499.700000
17.000000	19.400000	499.700000
19.000000	21.900000	499.700000
21.000000	24.000000	499.800000
23.000000	25.100000	499.800000
25.000000	26.400000	499.800000
27.000000	26.800000	499.400000
29.000000	29.600000	499.200000
31.000000	30.300000	499.100000
33.000000	30.800000	499.200000
35.000000	32.900000	499.300000
37.000000	33.300000	499.400000
39.000000	33.300000	499.400000
41.000000	35.100000	499.400000
43.000000	36.800000	499.400000
45.000000	36.400000	499.500000
47.000000	37.500000	499.600000

33.000000	25.900000	499.200000
35.000000	28.300000	499.300000
37.000000	29.600000	499.400000
39.000000	29.400000	499.400000
41.000000	31.900000	499.400000
43.000000	33.300000	499.400000
45.000000	33.400000	499.500000
47.000000	35.100000	499.600000

SCOPPIO 6 - X (m) 24.00 QUOTA 499.80 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	31.900000	500.000000
3.000000	31.600000	500.000000
5.000000	29.100000	499.900000
7.000000	28.300000	499.900000
9.000000	27.800000	499.800000
11.000000	24.800000	499.800000
13.000000	23.800000	499.700000
15.000000	21.000000	499.700000
17.000000	18.300000	499.700000
19.000000	14.500000	499.700000
21.000000	9.600000	499.800000
23.000000	3.800000	499.800000
25.000000	4.000000	499.800000
27.000000	10.500000	499.400000
29.000000	14.800000	499.200000
31.000000	19.400000	499.100000
33.000000	22.600000	499.200000
35.000000	24.800000	499.300000
37.000000	27.300000	499.400000
39.000000	27.500000	499.400000
41.000000	29.900000	499.400000
43.000000	30.800000	499.400000
45.000000	31.600000	499.500000
47.000000	33.800000	499.600000

SCOPPIO 4 - X (m) 12.00 QUOTA 499.80 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	13.800000	500.000000
3.000000	12.400000	500.000000
5.000000	10.300000	499.900000
7.000000	8.000000	499.900000
9.000000	5.100000	499.800000
11.000000	1.800000	499.800000
13.000000	2.100000	499.700000
15.000000	7.300000	499.700000
17.000000	12.400000	499.700000
19.000000	16.100000	499.700000
21.000000	19.400000	499.800000
23.000000	21.000000	499.800000
25.000000	22.100000	499.800000
27.000000	23.100000	499.400000
29.000000	25.100000	499.200000
31.000000	27.300000	499.100000
33.000000	27.800000	499.200000
35.000000	29.900000	499.300000
37.000000	30.500000	499.400000
39.000000	30.300000	499.400000
41.000000	32.400000	499.400000
43.000000	34.000000	499.400000
45.000000	34.300000	499.500000
47.000000	36.100000	499.600000

SCOPPIO 2 - X (m) .10 QUOTA 500.00 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	5.100000	500.000000
3.000000	7.300000	500.000000
5.000000	8.900000	499.900000
7.000000	10.500000	499.900000
9.000000	12.600000	499.800000
11.000000	13.400000	499.800000
13.000000	15.400000	499.700000
15.000000	18.300000	499.700000
17.000000	22.100000	499.700000
19.000000	25.100000	499.700000
21.000000	27.000000	499.800000
23.000000	28.600000	499.800000
25.000000	29.900000	499.800000
27.000000	31.600000	499.400000
29.000000	32.900000	499.200000
31.000000	34.000000	499.100000
33.000000	35.100000	499.200000
35.000000	36.400000	499.300000
37.000000	38.100000	499.400000
39.000000	38.900000	499.400000
41.000000	39.900000	499.400000
43.000000	41.000000	499.400000
45.000000	41.000000	499.500000
47.000000	42.600000	499.600000

SCOPPIO 5 - X (m) 18.00 QUOTA 199.70 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	22.400000	500.000000
3.000000	21.000000	500.000000
5.000000	19.600000	499.900000
7.000000	18.000000	499.900000
9.000000	15.900000	499.800000
11.000000	13.800000	499.800000
13.000000	11.300000	499.700000
15.000000	8.300000	499.700000
17.000000	3.400000	499.700000
19.000000	3.100000	499.700000
21.000000	8.900000	499.800000
23.000000	14.000000	499.800000
25.000000	17.300000	499.800000
27.000000	20.300000	499.400000
29.000000	22.900000	499.200000
31.000000	25.400000	499.100000

SCOPPIO 3 - X (m) 6.00 QUOTA 499.90 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	9.100000	500.000000
3.000000	7.500000	500.000000
5.000000	2.900000	499.900000
7.000000	2.900000	499.900000
9.000000	7.500000	499.800000
11.000000	9.400000	499.800000
13.000000	12.600000	499.700000

SCOPPIO 7 - X (m) 30.00 QUOTA 499.20 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	37.500000	500.000000
3.000000	37.000000	500.000000
5.000000	35.600000	499.900000
7.000000	34.500000	499.900000
9.000000	34.800000	499.800000
11.000000	32.400000	499.800000
13.000000	31.900000	499.700000
15.000000	31.600000	499.700000
17.000000	30.300000	499.700000
19.000000	28.100000	499.700000
21.000000	25.400000	499.800000
23.000000	21.300000	499.800000
25.000000	15.600000	499.800000
27.000000	11.000000	499.400000
29.000000	4.000000	499.200000
31.000000	3.400000	499.100000
33.000000	10.400000	499.200000
35.000000	16.400000	499.300000
37.000000	21.300000	499.400000
39.000000	24.300000	499.400000
41.000000	26.400000	499.400000
43.000000	29.100000	499.400000
45.000000	29.900000	499.500000
47.000000	32.100000	499.600000

DATI DI SCOPPIO 1409291_P – ST1

SCOPPIO 8 - X (m) 36.00 QUOTA 499.40 PROF:				15.000000	42.900000	499.700000
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA		17.000000	42.400000	499.700000
	1.000000	41.300000	500.000000	19.000000	41.000000	499.700000
	3.000000	41.300000	500.000000	21.000000	41.000000	499.800000
	5.000000	38.600000	499.900000	23.000000	40.500000	499.800000
	7.000000	37.800000	499.900000	25.000000	38.600000	499.800000
	9.000000	37.800000	499.800000	27.000000	37.800000	499.400000
	11.000000	37.000000	499.800000	29.000000	37.000000	499.200000
	13.000000	36.100000	499.700000	31.000000	34.500000	499.100000
	15.000000	36.100000	499.700000	33.000000	33.800000	499.200000
	17.000000	35.400000	499.700000	35.000000	33.400000	499.300000
	19.000000	33.800000	499.700000	37.000000	29.400000	499.400000
	21.000000	33.300000	499.800000	39.000000	26.400000	499.400000
	23.000000	30.800000	499.800000	41.000000	21.900000	499.400000
	25.000000	28.300000	499.800000	43.000000	16.100000	499.400000
	27.000000	35.400000	499.400000	45.000000	16.900000	499.500000
	29.000000	31.600000	499.200000	47.000000	4.000000	499.600000
	31.000000	16.600000	499.100000			
	33.000000	10.300000	499.200000			
	35.000000	3.400000	499.300000			
	37.000000	3.100000	499.400000			
	39.000000	9.400000	499.400000			
	41.000000	14.600000	499.400000			
	43.000000	20.500000	499.400000			
	45.000000	24.800000	499.500000			
	47.000000	28.100000	499.600000			

SCOPPIO 9 - X (m) 42.00 QUOTA 499.40 PROF:			
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA	
	1.000000	43.500000	500.000000
	3.000000	43.300000	500.000000
	5.000000	41.000000	499.900000
	7.000000	41.000000	499.900000
	9.000000	40.800000	499.800000
	11.000000	38.600000	499.800000
	13.000000	38.900000	499.700000
	15.000000	39.600000	499.700000
	17.000000	38.400000	499.700000
	19.000000	36.800000	499.700000
	21.000000	36.400000	499.800000
	23.000000	34.800000	499.800000
	25.000000	32.400000	499.800000
	27.000000	31.600000	499.400000
	29.000000	30.300000	499.200000
	31.000000	27.300000	499.100000
	33.000000	24.000000	499.200000
	35.000000	19.900000	499.300000
	37.000000	14.500000	499.400000
	39.000000	9.400000	499.400000
	41.000000	3.100000	499.400000
	43.000000	3.400000	499.400000
	45.000000	9.400000	499.500000
	47.000000	15.400000	499.600000

SCOPPIO 10 - X (m) 48.00 QUOTA 499.60 PROF:			
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA	
	1.000000	46.800000	500.000000
	3.000000	46.100000	500.000000
	5.000000	45.400000	499.900000
	7.000000	45.100000	499.900000
	9.000000	44.600000	499.800000
	11.000000	42.400000	499.800000
	13.000000	42.400000	499.700000

VELOCITÀ 1409291_P – ST1

Ascissa	Velocità		
STRATO # 1			
2.100000	285.687300	8.100000	1789.968000
4.100000	394.903900	10.100000	1814.051000
6.100000	423.512700	12.100000	1809.835000
8.100000	452.121500	14.100000	1809.835000
10.100000	480.730200	16.100000	1820.976000
12.100000	438.225600	18.100000	1809.835000
14.100000	395.720900	20.100000	1823.429000
16.100000	353.216200	22.100000	1652.583000
18.100000	333.861100	24.100000	1647.096000
20.100000	314.506100	26.100000	1653.311000
22.100000	295.151100	28.100000	1653.717000
24.100000	291.985600	30.100000	1679.567000
26.100000	288.820200	32.100000	1679.567000
28.100000	285.654700	34.100000	1675.253000
30.100000	296.818500	36.100000	1669.474000
32.100000	307.982100	38.100000	1663.694000
34.100000	319.145900	40.100000	1657.915000
36.100000	322.889400	42.100000	1657.586000
38.100000	326.632800	44.100000	1657.257000
40.100000	330.376300	46.100000	1678.201000
STRATO # 2			
2.100000	706.609600		
4.100000	717.886700		
6.100000	702.358900		
8.100000	729.377600		
10.100000	735.123100		
12.100000	716.952100		
14.100000	634.961200		
16.100000	637.335700		
18.100000	634.961200		
20.100000	590.167400		
22.100000	587.920100		
24.100000	587.680800		
26.100000	587.441500		
28.100000	608.475600		
30.100000	590.842400		
32.100000	590.842400		
34.100000	576.714200		
36.100000	574.479500		
38.100000	572.244800		
40.100000	595.666600		
42.100000	572.244800		
44.100000	562.989300		
46.100000	553.733800		
STRATO # 3			
2.100000	1781.161000		
4.100000	1784.349000		
6.100000	1787.159000		

PROFONDITÀ 1409291_P – ST1

Ascissa	Profondità
STRATO # 2	
1.000000E-01	2.808365E-01
2.100000	3.506672E-01
4.100000	3.480673E-01
6.100000	5.200602E-01
8.100000	6.041318E-01
10.100000	7.381088E-01
12.100000	8.411163E-01
14.100000	9.406181E-01
16.100000	1.018367
18.100000	1.150352
20.100000	1.544391
22.100000	1.932794
24.100000	2.114259
26.100000	2.159575
28.100000	1.932577
30.100000	1.972516
32.100000	1.912740
34.100000	1.786394
36.100000	1.800643
38.100000	1.698895
40.100000	1.483932
42.100000	1.144088
44.100000	9.200513E-01
46.100000	8.967259E-01
STRATO # 3	
1.000000E-01	3.565324
2.100000	4.144165
4.100000	4.444403
6.100000	4.631569
8.100000	4.766317
10.100000	4.878177
12.100000	5.166029
14.100000	5.426953
16.100000	5.612104
18.100000	5.583075
20.100000	5.602834
22.100000	5.694612
24.100000	5.603230
26.100000	5.360244
28.100000	5.066643
30.100000	4.968365
32.100000	5.155159
34.100000	5.236957
36.100000	5.518673
38.100000	5.784633
40.100000	5.964316
42.100000	5.845916
44.100000	6.064579
46.100000	6.233897

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE SH
INTERPRETAZIONE CON METODO RECIPROCO GENERALIZZATO (GRM)

Committente : Studio Sigma
Data : 29/09/14
Località : Vellano
Prospettore : GEOMETRICS STRATAVISOR NZXP
Sorgente : mazza da 10 kg
Linea : 1409292 – ST1
Lunghezza : 48 ml
Orientamento : NW - SE

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

DATI DI SCOPPIO 1409292_SH - ST1

SCOPPIO 1 - X (m) -15.00 QUOTA 500.00 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	67.300000	500.000000
3.000000	72.800000	500.000000
5.000000	79.100000	499.900000
7.000000	83.500000	499.900000
9.000000	86.800000	499.800000
11.000000	90.000000	499.800000
13.000000	92.100000	499.700000
15.000000	93.300000	499.700000
17.000000	94.400000	499.700000
19.000000	94.400000	499.700000
21.000000	96.500000	499.800000
23.000000	96.500000	499.800000
25.000000	97.600000	499.800000
27.000000	99.800000	499.400000
29.000000	100.900000	499.200000
31.000000	100.900000	499.100000
33.000000	103.000000	499.200000
35.000000	103.000000	499.300000
37.000000	106.300000	499.400000
39.000000	108.400000	499.400000
41.000000	109.500000	499.400000
43.000000	112.800000	499.400000
45.000000	113.800000	499.500000
47.000000	116.000000	499.600000

SCOPPIO 2 - X (m) .10 QUOTA 500.00 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	13.100000	500.000000
3.000000	25.600000	500.000000
5.000000	33.800000	499.900000
7.000000	40.300000	499.900000
9.000000	47.800000	499.800000
11.000000	52.100000	499.800000
13.000000	54.300000	499.700000
15.000000	60.800000	499.700000
17.000000	61.900000	499.700000
19.000000	68.400000	499.700000
21.000000	71.600000	499.800000
23.000000	77.000000	499.800000
25.000000	81.400000	499.800000
27.000000	85.600000	499.400000
29.000000	86.800000	499.200000
31.000000	91.100000	499.100000
33.000000	93.800000	499.200000
35.000000	95.400000	499.300000
37.000000	98.600000	499.400000
39.000000	101.900000	499.400000
41.000000	103.000000	499.400000
43.000000	107.300000	499.400000
45.000000	109.500000	499.500000
47.000000	112.800000	499.600000

SCOPPIO 3 - X (m) 6.00 QUOTA 499.90 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	27.800000	500.000000
3.000000	20.800000	500.000000
5.000000	7.800000	499.900000
7.000000	7.300000	499.900000
9.000000	19.600000	499.800000
11.000000	28.900000	499.800000
13.000000	37.500000	499.700000

15.000000	45.600000	499.700000
17.000000	48.900000	499.700000
19.000000	54.300000	499.700000
21.000000	58.600000	499.800000
23.000000	65.100000	499.800000
25.000000	69.400000	499.800000
27.000000	74.900000	499.400000
29.000000	77.000000	499.200000
31.000000	79.100000	499.100000
33.000000	85.600000	499.200000
35.000000	86.800000	499.300000
37.000000	93.300000	499.400000
39.000000	93.300000	499.400000
41.000000	96.500000	499.400000
43.000000	97.600000	499.400000
45.000000	99.800000	499.500000
47.000000	104.100000	499.600000

SCOPPIO 4 - X (m) 12.00 QUOTA 499.80 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	40.300000	500.000000
3.000000	34.800000	500.000000
5.000000	31.600000	499.900000
7.000000	22.900000	499.900000
9.000000	17.500000	499.800000
11.000000	5.600000	499.800000
13.000000	5.600000	499.700000
15.000000	14.800000	499.700000
17.000000	24.000000	499.700000
19.000000	30.500000	499.700000
21.000000	37.000000	499.800000
23.000000	44.600000	499.800000
25.000000	50.000000	499.800000
27.000000	56.400000	499.400000
29.000000	60.800000	499.200000
31.000000	66.300000	499.100000
33.000000	72.800000	499.200000
35.000000	77.000000	499.300000
37.000000	81.400000	499.400000
39.000000	83.500000	499.400000
41.000000	87.900000	499.400000
43.000000	88.900000	499.400000
45.000000	90.000000	499.500000
47.000000	93.300000	499.600000

SCOPPIO 5 - X (m) 18.00 QUOTA 199.70 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	53.300000	500.000000
3.000000	48.900000	500.000000
5.000000	44.600000	499.900000
7.000000	41.300000	499.900000
9.000000	35.900000	499.800000
11.000000	29.900000	499.800000
13.000000	23.400000	499.700000
15.000000	15.900000	499.700000
17.000000	5.100000	499.700000
19.000000	4.500000	499.700000
21.000000	16.400000	499.800000
23.000000	25.100000	499.800000
25.000000	33.800000	499.800000
27.000000	41.300000	499.400000
29.000000	47.300000	499.200000
31.000000	53.800000	499.100000

SCOPPIO 6 - X (m) 24.00 QUOTA 499.80 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	68.400000	500.000000
3.000000	65.100000	500.000000
5.000000	60.300000	499.900000
7.000000	57.000000	499.900000
9.000000	52.600000	499.800000
11.000000	48.900000	499.800000
13.000000	45.600000	499.700000
15.000000	40.800000	499.700000
17.000000	36.400000	499.700000
19.000000	27.300000	499.700000
21.000000	22.900000	499.800000
23.000000	7.800000	499.800000
25.000000	7.800000	499.800000
27.000000	19.100000	499.400000
29.000000	27.800000	499.200000
31.000000	37.500000	499.100000
33.000000	44.600000	499.200000
35.000000	50.500000	499.300000
37.000000	56.400000	499.400000
39.000000	62.400000	499.400000
41.000000	68.400000	499.400000
43.000000	73.800000	499.400000
45.000000	78.100000	499.500000
47.000000	82.400000	499.600000

SCOPPIO 7 - X (m) 30.00 QUOTA 499.20 PROF:

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
1.000000	74.900000	500.000000
3.000000	73.800000	500.000000
5.000000	71.600000	499.900000
7.000000	68.400000	499.900000
9.000000	62.900000	499.800000
11.000000	58.600000	499.800000
13.000000	53.300000	499.700000
15.000000	52.100000	499.700000
17.000000	46.800000	499.700000
19.000000	42.900000	499.700000
21.000000	39.100000	499.800000
23.000000	32.100000	499.800000
25.000000	25.600000	499.800000
27.000000	16.900000	499.400000
29.000000	5.600000	499.200000
31.000000	6.100000	499.100000
33.000000	18.100000	499.200000
35.000000	26.100000	499.300000
37.000000	32.600000	499.400000
39.000000	38.600000	499.400000
41.000000	46.800000	499.400000
43.000000	55.400000	499.400000
45.000000	62.900000	499.500000
47.000000	69.400000	499.600000

DATI DI SCOPPIO 1409292_SH – ST1

SCOPPIO 8 - X (m) 36.00 QUOTA 499.40 PROF:				15.000000	101.900000	499.700000
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA		17.000000	101.900000	499.700000
	1.000000	86.800000	500.000000	19.000000	98.600000	499.700000
	3.000000	84.600000	500.000000	21.000000	95.400000	499.800000
	5.000000	83.500000	499.900000	23.000000	92.100000	499.800000
	7.000000	82.400000	499.900000	25.000000	87.900000	499.800000
	9.000000	79.100000	499.800000	27.000000	84.600000	499.400000
	11.000000	74.900000	499.800000	29.000000	81.400000	499.200000
	13.000000	70.500000	499.700000	31.000000	79.100000	499.100000
	15.000000	67.300000	499.700000	33.000000	74.600000	499.200000
	17.000000	64.000000	499.700000	35.000000	67.500000	499.300000
	19.000000	59.800000	499.700000	37.000000	59.800000	499.400000
	21.000000	56.400000	499.800000	39.000000	52.100000	499.400000
	23.000000	52.100000	499.800000	41.000000	43.500000	499.400000
	25.000000	47.800000	499.800000	43.000000	34.900000	499.400000
	27.000000	43.500000	499.400000	45.000000	22.900000	499.500000
	29.000000	37.000000	499.200000	47.000000	10.400000	499.600000
	31.000000	29.900000	499.100000			
	33.000000	20.300000	499.200000			
	35.000000	6.600000	499.300000			
	37.000000	6.100000	499.400000			
	39.000000	16.900000	499.400000			
	41.000000	25.100000	499.400000			
	43.000000	34.800000	499.400000			
	45.000000	39.100000	499.500000			
	47.000000	47.800000	499.600000			

SCOPPIO 9 - X (m) 42.00 QUOTA 499.40 PROF:			
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA	
	1.000000	97.600000	500.000000
	3.000000	95.400000	500.000000
	5.000000	94.400000	499.900000
	7.000000	93.300000	499.900000
	9.000000	93.300000	499.800000
	11.000000	88.900000	499.800000
	13.000000	85.600000	499.700000
	15.000000	83.500000	499.700000
	17.000000	79.100000	499.700000
	19.000000	77.000000	499.700000
	21.000000	74.900000	499.800000
	23.000000	69.400000	499.800000
	25.000000	67.300000	499.800000
	27.000000	62.900000	499.400000
	29.000000	58.600000	499.200000
	31.000000	51.000000	499.100000
	33.000000	45.100000	499.200000
	35.000000	36.400000	499.300000
	37.000000	27.800000	499.400000
	39.000000	16.400000	499.400000
	41.000000	6.600000	499.400000
	43.000000	6.600000	499.400000
	45.000000	19.600000	499.500000
	47.000000	29.900000	499.600000

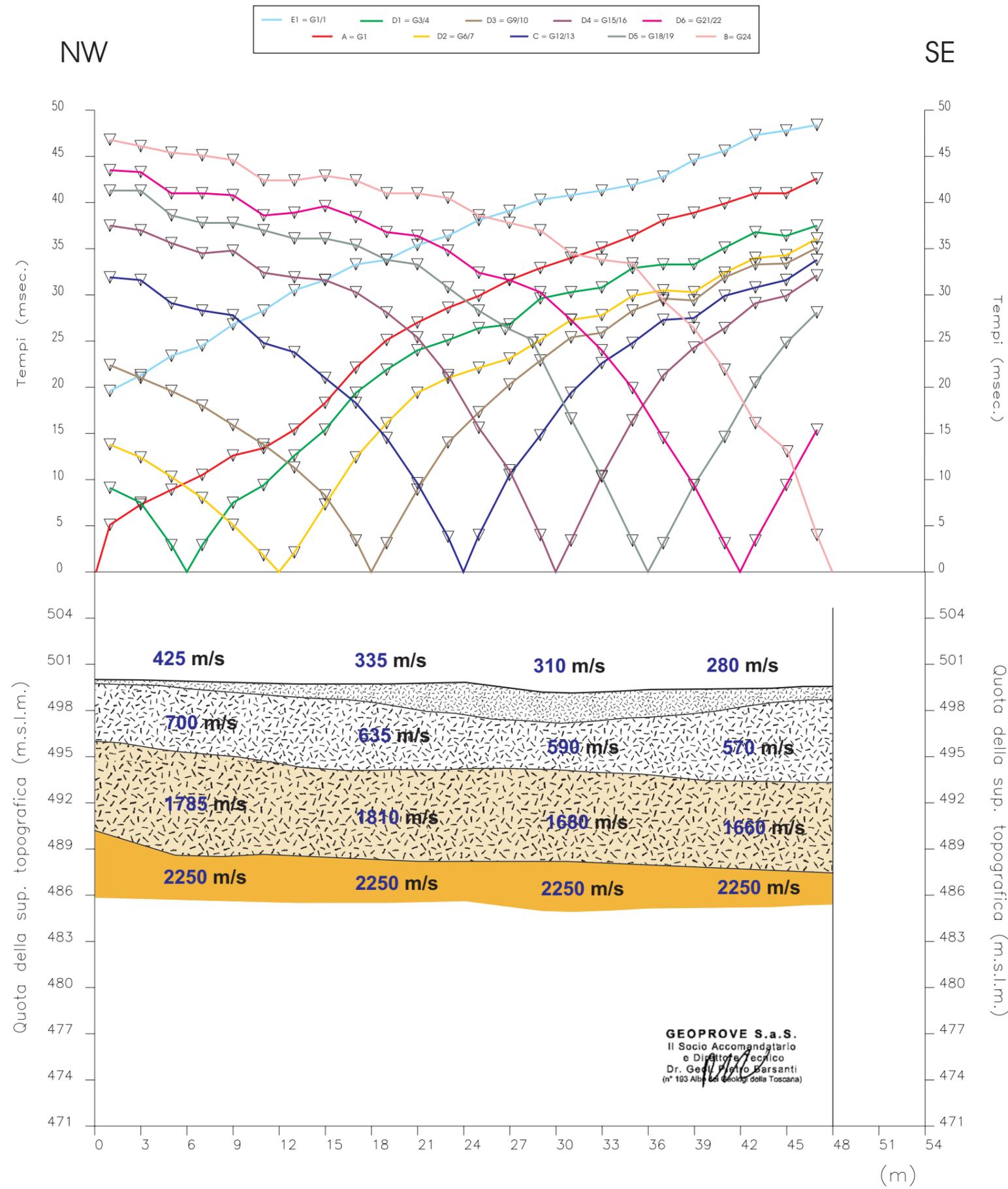
SCOPPIO 10 - X (m) 48.00 QUOTA 499.60 PROF:			
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA	
	1.000000	117.100000	500.000000
	3.000000	116.000000	500.000000
	5.000000	116.000000	499.900000
	7.000000	113.800000	499.900000
	9.000000	111.600000	499.800000
	11.000000	108.400000	499.800000
	13.000000	106.300000	499.700000

VELOCITÀ 1409292_SH – ST1

Ascissa	Velocita	8.100000	522.778400
STRATO # 1		10.100000	525.414200
2.100000	100.649400	12.100000	527.113600
4.100000	132.596600	14.100000	517.294200
6.100000	151.578100	16.100000	507.818400
8.100000	170.559600	18.100000	507.098000
10.100000	189.541200	20.100000	507.098000
12.100000	188.832300	22.100000	507.293900
14.100000	188.123400	24.100000	506.371900
16.100000	187.414500	26.100000	500.548500
18.100000	172.021600	28.100000	506.863600
20.100000	156.628700	30.100000	511.202600
22.100000	141.235800	32.100000	533.497000
24.100000	151.357500	34.100000	555.791400
26.100000	161.479200	36.100000	571.715900
28.100000	171.600900	38.100000	587.640400
30.100000	168.469000	40.100000	603.564900
32.100000	165.337000	42.100000	592.171100
34.100000	162.205100	44.100000	580.777300
36.100000	163.609100	46.100000	569.383600
38.100000	165.013100	STRATO # 4	
40.100000	166.417100	2.100000	1047.359000
42.100000	153.369900	4.100000	1047.359000
44.100000	140.322700	6.100000	1047.359000
46.100000	127.275500	8.100000	1047.359000
STRATO # 2		10.100000	1047.359000
2.100000	281.072000	12.100000	1047.359000
4.100000	270.987500	14.100000	1047.359000
6.100000	282.476800	16.100000	1047.359000
8.100000	293.966000	18.100000	1047.359000
10.100000	305.455200	20.100000	1047.359000
12.100000	302.837600	22.100000	1047.359000
14.100000	300.220100	24.100000	1047.359000
16.100000	297.602600	26.100000	1047.359000
18.100000	302.156300	28.100000	1047.359000
20.100000	306.710000	30.100000	1047.359000
22.100000	311.263700	32.100000	1047.359000
24.100000	314.110300	34.100000	1047.359000
26.100000	316.957000	36.100000	1047.359000
28.100000	302.065300	38.100000	1047.359000
30.100000	284.863600	40.100000	1047.359000
32.100000	274.636700	42.100000	1047.359000
34.100000	283.231600	44.100000	1047.359000
36.100000	270.861600	46.100000	1047.359000
38.100000	275.494300		
40.100000	270.042100		
42.100000	259.233600		
44.100000	261.660300		
46.100000	264.086900		
STRATO # 3			
2.100000	520.934000		
4.100000	517.506700		
6.100000	520.142500		

PROFONDITÀ 1409292_SH – ST1

Ascissa	Profondità		
		4.100000	11.771950
STRATO # 2		6.100000	11.901480
1.000000E-01	7.690051E-01	8.100000	11.798450
2.100000	8.646789E-01	10.100000	11.801800
4.100000	8.614370E-01	12.100000	11.566850
6.100000	1.199373	14.100000	11.623300
8.100000	1.313202	16.100000	11.639490
10.100000	1.203943	18.100000	11.450100
12.100000	9.697633E-01	20.100000	11.438530
14.100000	9.664428E-01	22.100000	11.716460
16.100000	9.632009E-01	24.100000	11.740610
18.100000	1.021453	26.100000	11.741060
20.100000	1.051345	28.100000	11.569880
22.100000	1.055628	30.100000	11.535600
24.100000	1.210066	32.100000	11.529610
26.100000	1.384101	34.100000	11.718030
28.100000	1.315363	36.100000	12.122900
30.100000	1.253263	38.100000	12.613650
32.100000	1.196365	40.100000	12.968160
34.100000	1.348004	42.100000	13.372180
36.100000	1.251433	44.100000	13.527570
38.100000	1.142410	46.100000	13.690630
40.100000	1.218560		
42.100000	1.004562		
44.100000	1.190557		
46.100000	1.598739		
STRATO # 3			
1.000000E-01	3.579726		
2.100000	3.683806		
4.100000	3.655062		
6.100000	3.906271		
8.100000	4.137154		
10.100000	4.021794		
12.100000	4.067723		
14.100000	4.014527		
16.100000	4.092470		
18.100000	4.163568		
20.100000	4.221112		
22.100000	4.218823		
24.100000	4.302507		
26.100000	4.135227		
28.100000	4.190917		
30.100000	4.228514		
32.100000	4.612693		
34.100000	5.038458		
36.100000	5.402191		
38.100000	5.748231		
40.100000	6.161583		
42.100000	6.340061		
44.100000	6.602247		
46.100000	6.860798		
STRATO # 4			
1.000000E-01	11.572660		
2.100000	11.736940		



**PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE
 CON ONDE P**

LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 655 m/s** Velocità sismica dello strato in metri al secondo
- Massicciata stradale, copertura detritica e di alterazione sciolta
- Depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati
- Depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi molto addensati o bedrock arenaceo molto/completamente fratturato
- Arenarie quarzoso-feldspatiche con intercalazioni di silti e argilliti (*Macigno - MAC*) mediamente fratturate

NOTA: il terzo rifrattore (quarto strato) è stato individuato sulla base della corrispondente sezione tomografica tenendo conto di due sondaggi, perforati in prossimità della linea sismica, che raggiungono il bedrock fratturato ad una profondità di 10-11 m.

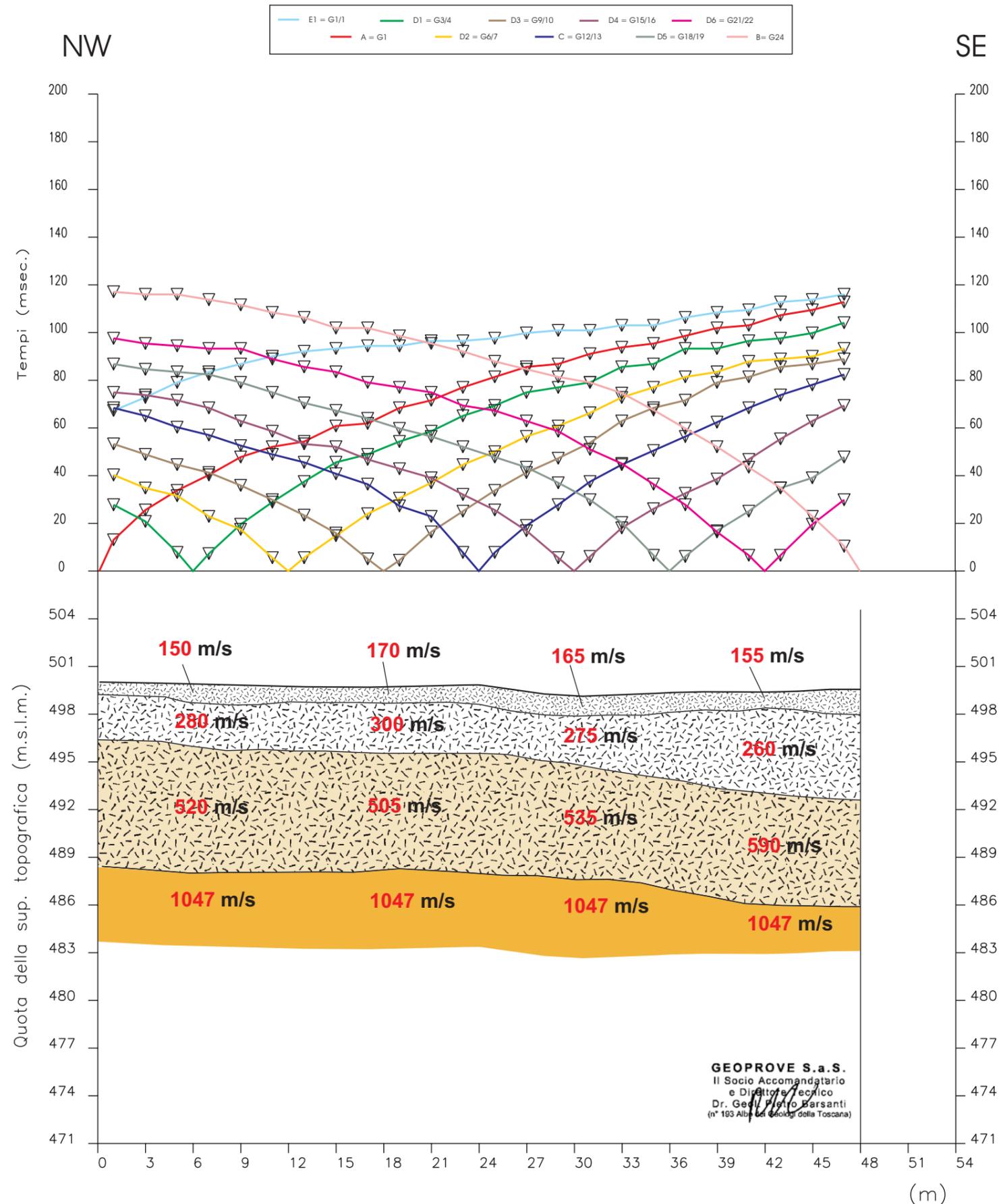
Committente: **Studio Sigma**

Località: **Vellano -Pescia (PT)**

Profilo: **ST 1** Scala **1:300**

File: **1409291** Data: **29/09/14**

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)



PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE
CON ONDE SH

LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 535 m/s** Velocità sismica dello strato in metri al secondo
- Massicciata stradale, copertura detritica e di alterazione sciolta
- Depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati
- Depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi molto addensati o bedrock arenaceo molto/completamente fratturato
- Arenarie quarzoso-feldspatiche con intercalazioni di siltiti e argilliti (*Macigno - MAC*) mediamente fratturate

Committente: *Studio Sigma*

Località: Vellano -Pescia (PT)

Profilo: ST 1	Scala 1:300
File: 1409292	Data: 29/09/14

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Amministratore
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 163 Albo dei Geologi della Toscana)



COMUNE DI PESCIA
PROVINCIA DI PISTOIA

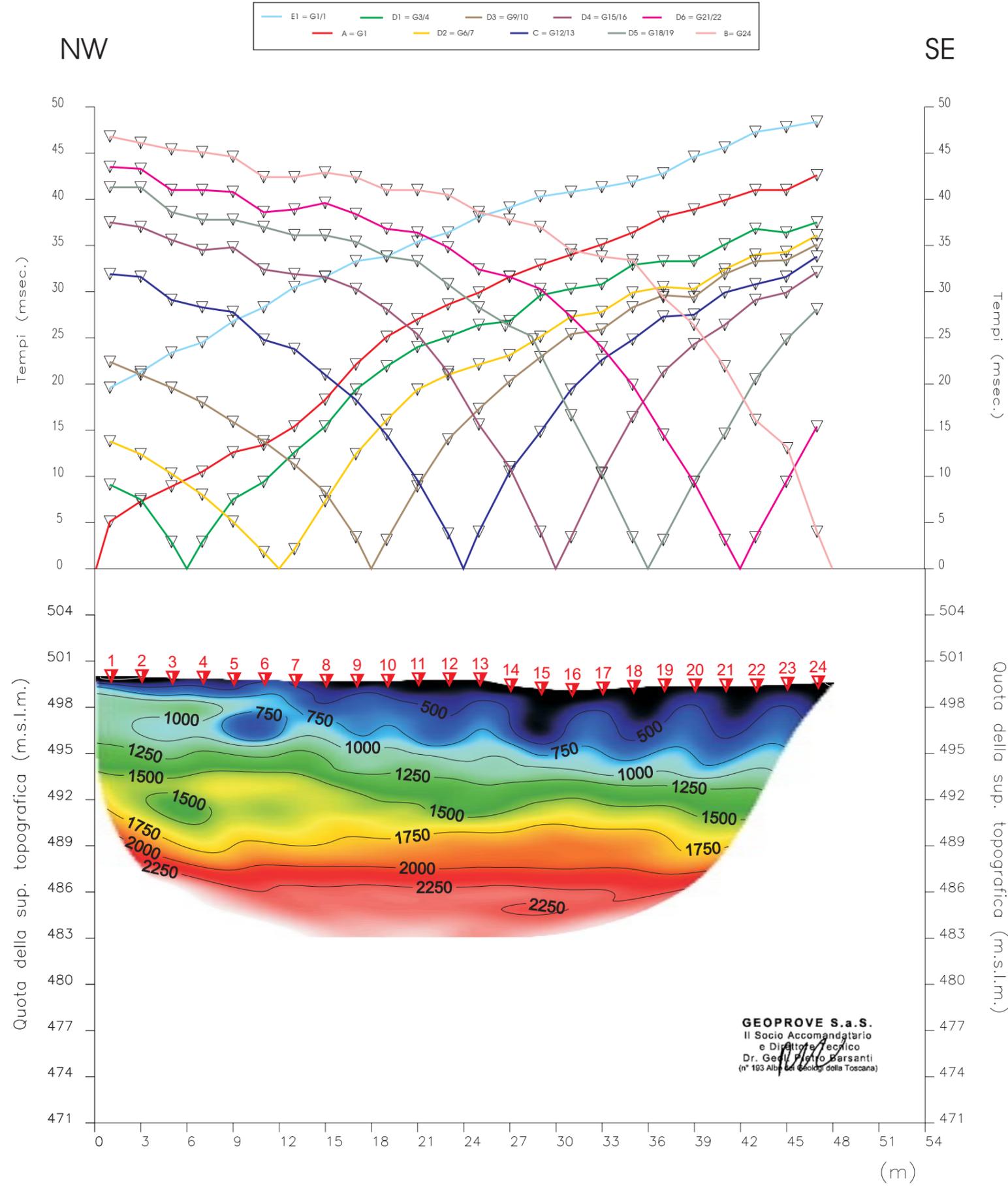
Località: Vellano

PROSPEZIONE SISMICA CON ONDE P ED SH
TOMOGRAFIA SISIMICA
ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)

Committente: Studio Sigma

SEZIONI TOMOGRAFICHE

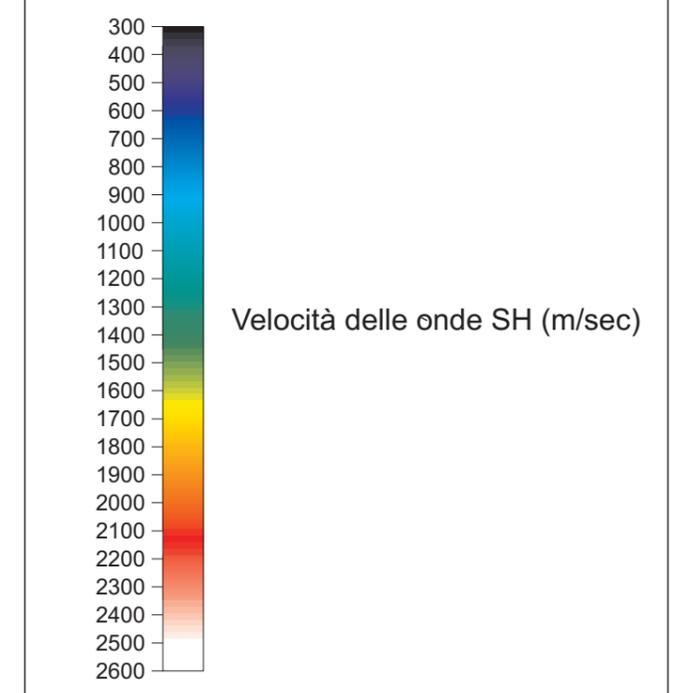
GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)



PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P

LEGENDA

- △ Temp. dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato



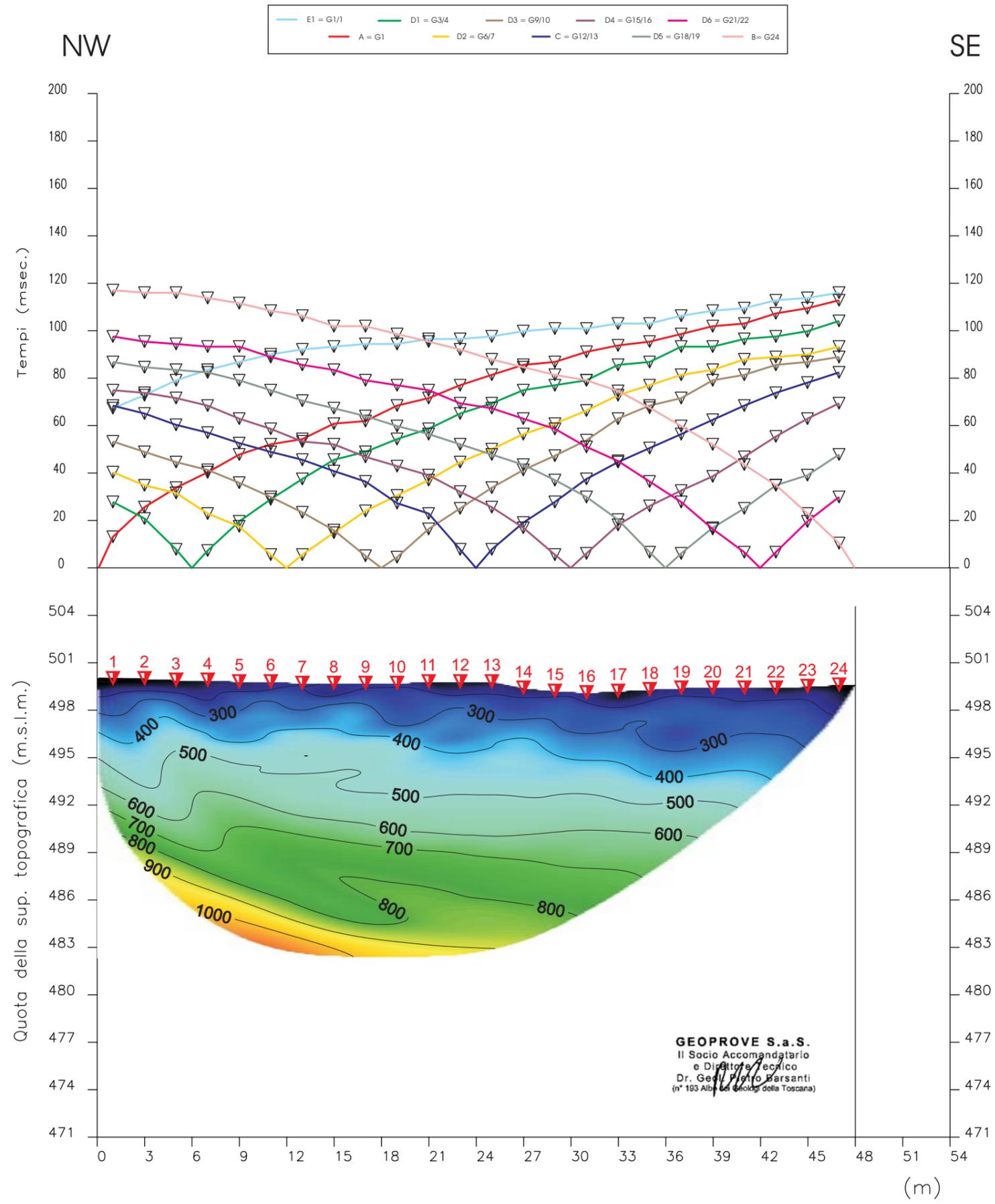
Committente: *Studio Sigma*

Località: Vellano -Pescia (PT)

Profilo: ST 1 Scala 1:300

File: 1409291 Data: 29/09/14

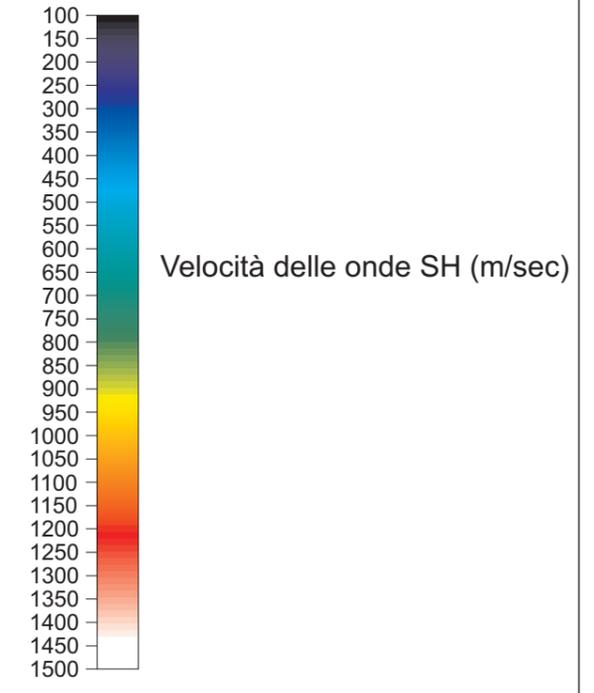
GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)



**TOMOGRAFIA SISMICA
 CON ONDE SH**

LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Posizione dei geofoni



Committente: *Studio Sigma*

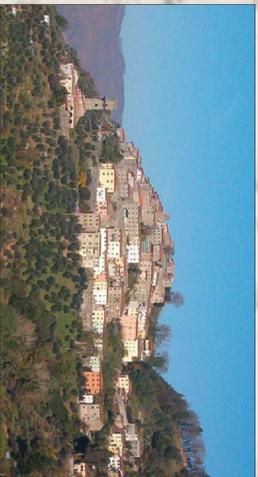
Località: Vellano -Pescia (PT)

Profilo: ST 1 Scala 1:300

File: 1409292 Data: 29/09/14

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

COMUNE DI PESCIA

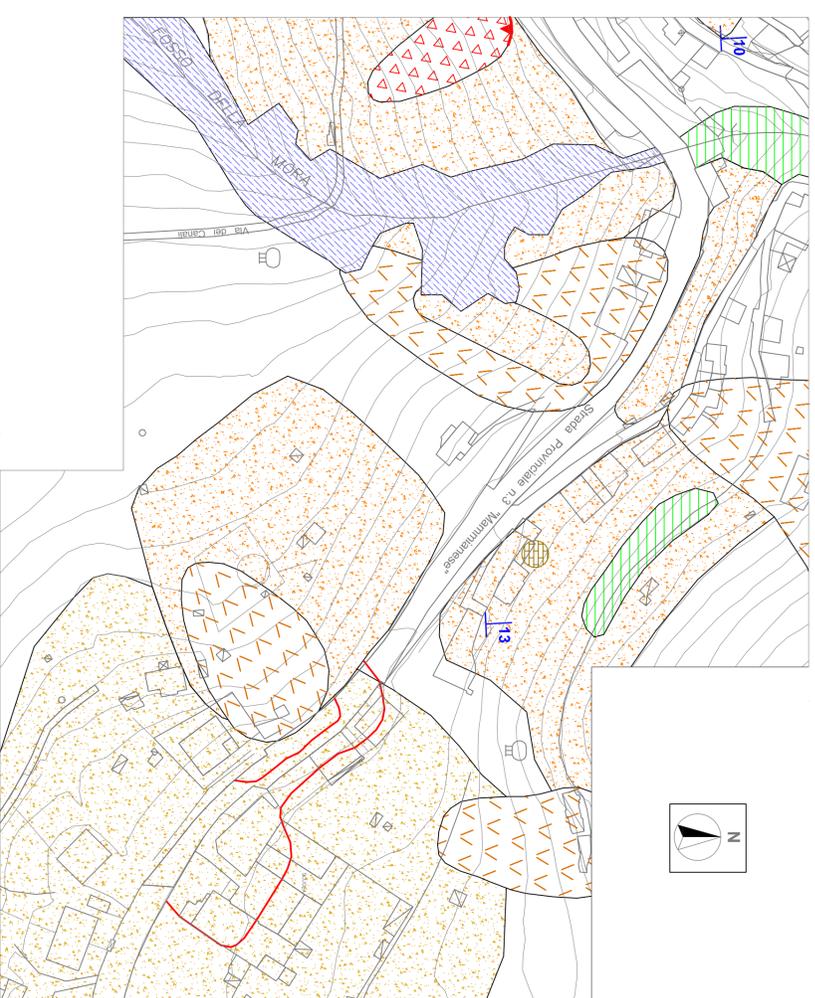
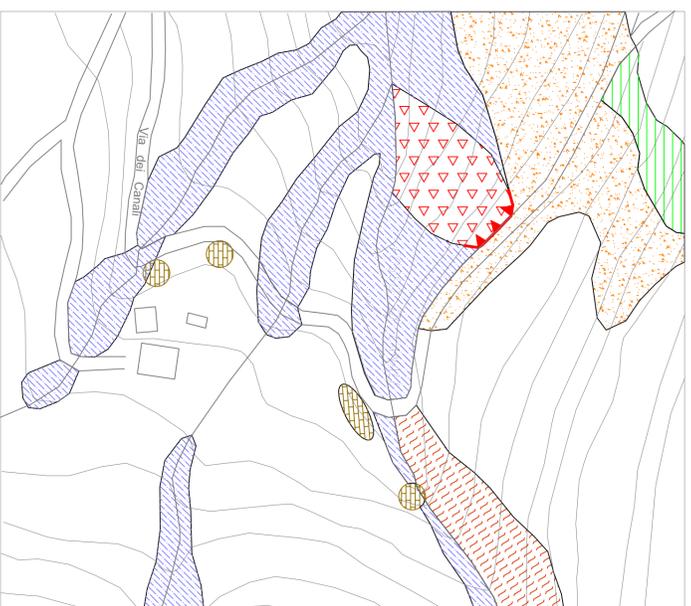


INDAGINI GEOLOGICHE INERENTI GLI INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI VELLANO FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DEL 3° LOTTO DI COMPLETAMENTO

TAV. 3 CARTA GEOMORFOLOGICA

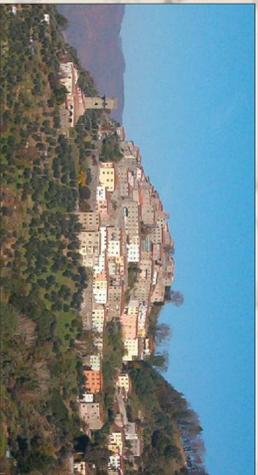


Relatore : Dr. Franco Menetti
Via Salvo D'Acquisto 45, Castellare di Pescia - Tel. 0572445530 - Fax 0572453032



LEGENDA Scala 1:1000

	Copertura detritica
	Copertura detritica potenzialmente instabile
	Area soggetta a siltulussu
	Area fortemente incisa dai corsi d'acqua con terreni potenzialmente instabili
	Frana attiva
	Frana quiescente senza indizi di attivita
	Frana consolidata
	Nicchia di frana attiva
	Lesioni relative alla frana degli anni 70
	Affioramento roccioso
	Giacitura substrato roccioso



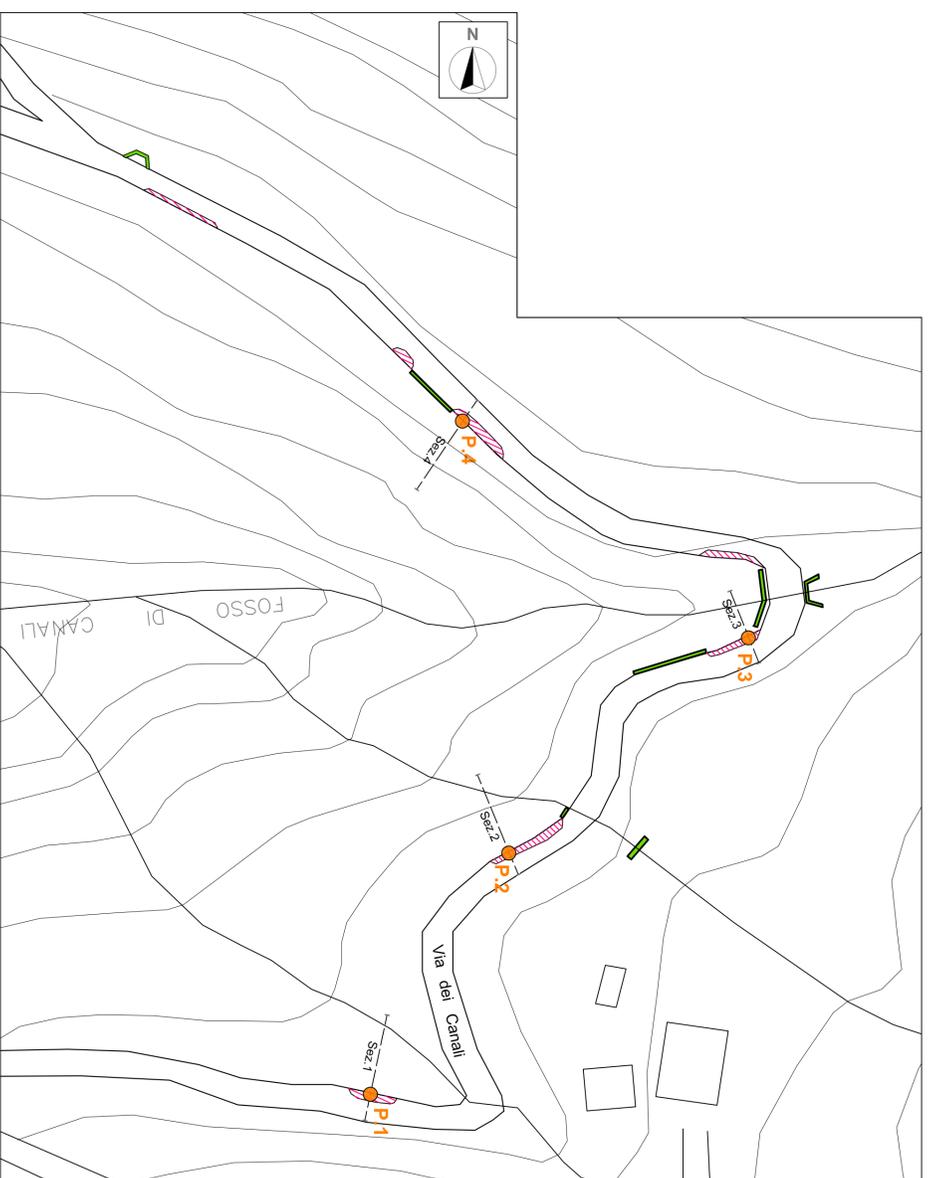
COMUNE DI PESCIA

INDAGINI GEOLOGICHE INERENTI GLI INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI VELLANO FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DEL 3° LOTTO DI COMPLETAMENTO

TAV. 4 UBICAZIONE DELLE INDAGINI



Relatore : Dr. Franco Menetti
Via Salvo D'Acquisto 45, Castellare di Pesca - Tel. 0572445530 - Fax 0572453032



LEGENDA

Scala 1:500

- P.3 Prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH)
- Opera di sostegno esistente lungo la Via del Canali
- Tratto di strada lesionato
- Traccia di sezione geologica

ZONA 1

COMUNE DI PESCIA

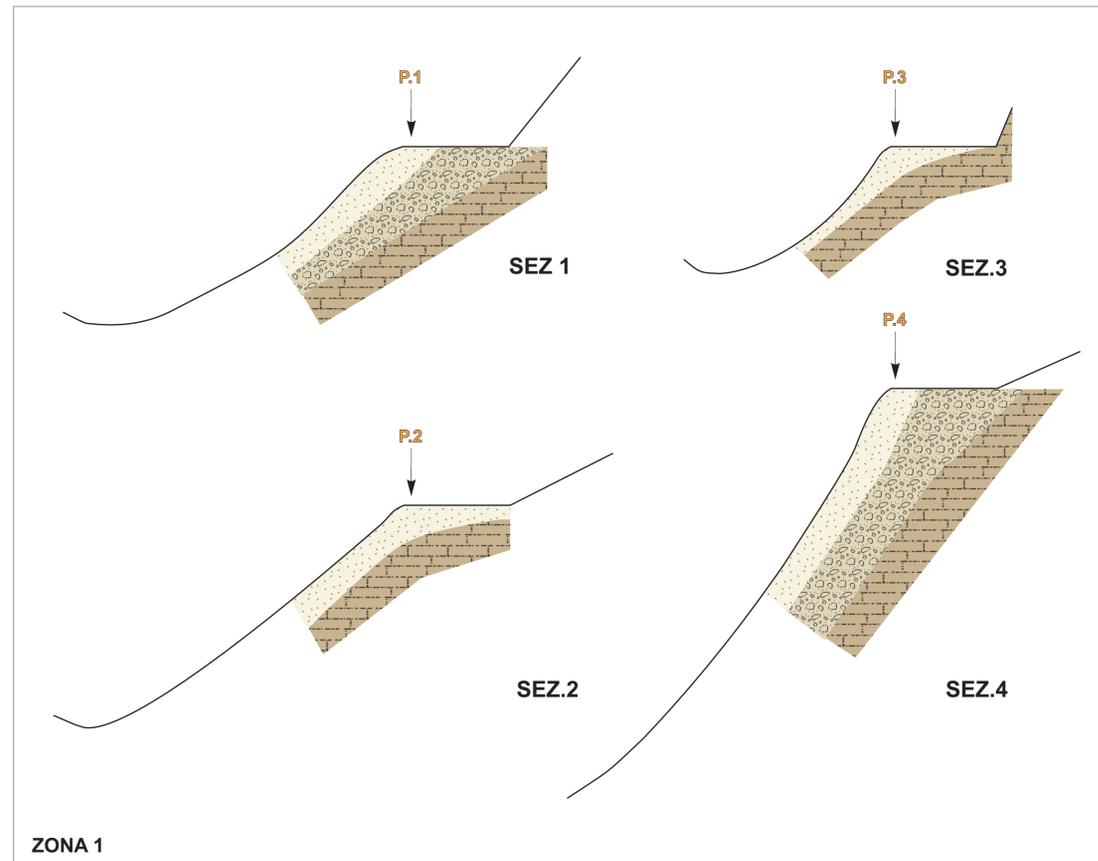


INDAGINI GEOLOGICHE INERENTI GLI INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI VELLANO FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DEL 3° LOTTO DI COMPLETAMENTO

TAV. 5 SEZIONI GEOLOGICHE E LITOTECNICHE - ZONA 1



Rrelatore : Dr. Franco Menetti



ZONA 1

LEGENDA

Scala 1:100

-  Terreno agrario, detrito minuto molto soffice (Litotipo A --- N_{spt} = 2-5)
-  Detrito a granulometria mista (Litotipo B --- N_{spt} = 10-25)
-  Strati rocciosi da mediamente a scarsamente alterati e fratturati (Litotipo C)