



Regione
PUGLIA



COMUNE DI DELICETO
Provincia di Foggia

Oggetto:

"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle"

Località:

Comune di Deliceto

Committente:

LP ENGINEERING s.r.l. - Corso Matteotti, 11 - Orta Nova (FG)



Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw Rapporto Interpretativo

Marzo 2015

Il Tecnico:



geologia - geofisica - ambiente



Domenico Del Conte

Geol. Domenico Del Conte

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)



Via Dell'Arcangelo Michele, 94 - Foggia

Tel. 329.7160866 Fax 0881.631495

Web Site: <http://www.geoapulia.it>

Mail: domenico.delconte@geoapulia.it

NOTA: Il presente documento è stato redatto dallo **STUDIO GEOAPULIA**. Il contenuto del presente documento è visionabile esclusivamente previa autorizzazione scritta da parte del Geol. Domenico DEL CONTE. La riproduzione, anche parziale, del presente documento è vietata.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p>LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p>Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i></p> <p>RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 1 di 15 

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA DI SISMICA A RIFRAZIONE E MASW

RAPPORTO INTERPRETATIVO



COMUNE DI DELICETO

Committente:

LP ENGINEERING S.R.L.

Corso Matteotti, 11

Orta Nova (FG) - Italy



 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 2 di 15 

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI**
 - 2.1. Metodologie impiegate**
 - 2.1.1 Prospezione sismica di tipo Masw**
 - 2.1.2 Prospezione sismica a rifrazione**
- 3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**
- 4. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITA' DI CAMPO**
- 5. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA**
 - 5.1 Elaborazione indagine sismica di tipo MASW**
 - 5.2 Elaborazione indagine sismica a rifrazione**
- 6. CONCLUSIONI**

ALLEGATI:

- Ubicazione prospezioni geofisiche;
- Dromocrone onde longitudinali (P);
- Sezione sismostratigrafica;
- Prospezione sismica di tipo Masw;
- Documentazione fotografica.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 3 di 15 

1. PREMESSA

Il presente rapporto è stato redatto a supporto de: ***"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG).***

A tal proposito è stata eseguita un'indagine geofisica, volta alla determinazione di alcune proprietà fisiche del sottosuolo consistente in:

- esecuzione di n. 1 prospezione sismica superficiale con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- esecuzione di n. 1 prospezione sismica a rifrazione.

La prospezione Masw è stata eseguita in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del D. M. 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).



Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s); inoltre, mediante l'indagine sismica a rifrazione è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (V_p), velocità delle onde trasversali S (V_s) ed i relativi parametri elastici (E , G , K e ν).

Di seguito si riportano i dati derivati dalla campagna specifica, dopo aver esplicitato metodologia e strumentazione adottate per lo studio geofisico.

2. PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI

2.1 Metodologie impiegate

Nell'area oggetto di studio è stata applicata una specifica metodologia d'indagine geofisica, di cui vengono evidenziati brevemente i fondamenti teorici.

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di:</p> <p align="center"><i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 4 di 15 

2.1.1 Prospezione sismica di tipo Masw

Il parametro V_{s30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità ed è calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove h_i è lo spessore dello strato i -esimo



V_i è la velocità dello strato i -esimo

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (S_v) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	LP ENGINEERING S.R.L. Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i> RELAZIONE GEOFISICA	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 5 di 15 

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla Vp e dalla densità, è funzione anzitutto della Vs, che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia Masw risulta particolarmente indicata in ambienti con spazature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati “lenti” al di sotto del bedrock roccioso.



Tuttavia, un limite di tale metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

2.1.2 Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	LP ENGINEERING S.R.L. Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i> RELAZIONE GEOFISICA	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 6 di 15 



sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo per la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.




Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie). Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.



 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 7 di 15 

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le prospezioni sismiche di tipo MASW e di tipo sismica a rifrazione sono state eseguite con l’ausilio della seguente strumentazione: *Combinata PASI mod. 16SG24 (sismica 24 canali + tomografia elettrica 32 elettrodi).*

Strumentazione combinata 16SG12 (sismica 12 canali + tomografia elettrica 32 el.)				  
Codice	Q.tà	Descrizione	Prezzo x q.tà	IVA esclusa - EURO
SIS-200-000	01	MOD.16SG12 (24 bit, 12 canali + tomografia elettrica) completo di batteria ricaricabile, caricabatteria e manuale d'utilizzo		
		ACCESSORI PER SISMICA (12 canali)		
SIS-999-050	01	CAVO SISMICO, 12 TRACCE, 130 m, intervallo 10m, con connettori NK2721C e attacchi singoli oppure		
SIS-003-017		CAVO SISMICO, 12 TRACCE, 130 m, intervallo 10m, con connettori NK2721C e attacchi doppi		
SIS-901-050	12	GEOFONO 10 Hz, verticale con clip singola oppure		
SIS-060-017		GEOFONO 14 Hz, verticale con clip doppia		
SIS-020-000	01	MAZZA DI BATTUTA kg 8-9 CON STARTER		
SIS-040-000	01	CAVO SCHERMATO (su nullo) – lunghezza totale 200 m per prolunga mazza		
SIS-021-000	01	PIATTELLO DI BATTUTA IN ALLUMINIO (dimensioni 20x20x5 cm)		
		ACCESSORI PER TOMOGRAFIA ELETTRICA (32 elettrodi)		
GEO-320-000	02	CAVO CON CONNETTORI PER 16 ELETTRODI A-B-M-N (dist.elettrodoica 5m, lungh.tot.85m), con connettore per Link Box		
GEO-331-000	01	Cavo adattatore per configurazione 32 el.a "Y"		
GEO-312-000	02	LINK-BOX per 16 elettrodi, completo di cavi di connessione		
GEO-013-000	32	PIOCHETTI IN ACCIAIO INOX per tomografia		
GEO-102-000	01	ENERGIZZATORE PER GEOELETRICA P-300T COMPLETO DI ACCESSORI		
			TOTALE IVA 20%ESCL. Euro	



 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 8 di 15 

4. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITA' DI CAMPO

Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per il profilo Masw eseguito è stata adottata la seguente configurazione:



- lunghezza stendimento = 16.50 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 1.50 m;
- offset di scoppio = 3.00 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" di peso pari a 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde sismiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico.

Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	LP ENGINEERING S.R.L. Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i> RELAZIONE GEOFISICA	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 9 di 15 

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 01 profilo con acquisizione di onde longitudinali (P), avente la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento = 16.50 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 1.50 m;
- End shot A = 0.0 metri;
- End shot B = 19.50 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 µsec;
- Frequenza geofoni = 10.00 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

5. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA



La topografia della superficie del sito investigato risulta essere subpianeggiante; il rumore ambientale è risultato essere poco rilevante.

Per le due stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'end shot esterno al 1° geofono.

5.1 Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

La fase di elaborazione si sviluppa in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 10 di 15 

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.0 della Eliosoft.

La curva di dispersione ed il sismogramma sperimentale, nonché la relativa sezione elaborata sono mostrati negli allegati, dove viene indicato con MA – MB, rispettivamente la progressiva iniziale e finale della stesa.

Di seguito si riportano le velocità delle onde S relative alla base sismica investigata:



INDAGINE SISMICA IN ARRAY MASW:

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	159	1.90	0.00 – 1.90
SISMOSTRATO II	189	2.50	1.90 – 4.40
SISMOSTRATO III	310	7.00	4.40 – 11.40
SISMOSTRATO IV	500	Semispazio	Semispazio
<i>V_{s30} = 353 m/sec</i>			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Pavimentazione stradale; alla base terreno di riporto;	0.00 – 1.90
SISMOSTRATO II	Sabbia con trovanti lapidei sparsi;	1.90 – 4.40
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa con ghiaia;	4.40 – 11.40
SISMOSTRATO IV	Sabbia limosa con ghiaia con migliori proprietà tecniche;	Semispazio



Per quanto attiene l'attribuzione della categoria del suolo di fondazione, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 11 di 15 

CATEGORIE SUOLI DI FONDAZIONE	
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Pur evidenziando che l'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro Vs30 più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, è stato possibile evidenziare una congruenza fra il modello ricavato dalle indagini Masw con quello determinato dall'indagine sismica a rifrazione.

Sulla base di valutazioni incrociate sull'attendibilità dei risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche è possibile scegliere il modello ritenuto più conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area e di cui è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette di tipo geologico, geotecnico e/o

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	LP ENGINEERING S.R.L. Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i> RELAZIONE GEOFISICA	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 12 di 15 

idrogeologico.

5.2 Elaborazione indagine sismica a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei “first-break” attraverso l’utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.



Sempre in allegato è riportata la sezione sismostratigrafica interpretativa, ottenuta, scegliendo un modello a 3 strati, dove viene indicato con SA – SB, rispettivamente la progressiva iniziale e finale della stesa.

INDAGINE SISMICA IN ARRAY SISMICA A RIFRAZIONE:

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	316	159	0.00	1.70 – 2.30
SISMOSTRATO II	621	189	1.70 – 2.30	4.20 – 5.20
SISMOSTRATO III	1035	310	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Pavimentazione stradale; alla base terreno di riporto;
SISMOSTRATO II	Sabbia con trovanti lapidei sparsi;
SISMOSTRATO III	Sabbia limosa con ghiaia;

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	LP ENGINEERING S.R.L. Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i> RELAZIONE GEOFISICA	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 13 di 15 

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², mentre il modulo di Poisson (**V**) rappresenta un numero adimensionale.

Il peso di volume (g/cm³) è stato ricavato da una relazione empirica che lega tale parametro alla velocità di propagazione delle onde P longitudinali.

$$\gamma = 0.23V^{0.25}$$

dove γ è la densità espressa in g/cm³ e V è la velocità delle onde di tipo P (longitudinali o di pressione) espressa in ft/s.



Profilo Sismico a Rifrazione

Strato	Vp	Vs	v	Ed	Es	G	K	γ
1°	316	159	0.33	896	45	337	881	1.31
2°	621	189	0.45	1632	82	563	5329	1.55
3°	1035	310	0.45	4995	250	1722	16895	1.76

6. CONCLUSIONI

Il presente rapporto è stato redatto a supporto de: ***"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG).***

Allo scopo è stata eseguita un'indagine geofisica, volta alla determinazione di alcune proprietà fisiche del sottosuolo consistente in:

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495</p>	<p align="center">LP ENGINEERING S.R.L.</p> <p align="center">Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)”</i></p> <p align="center">RELAZIONE GEOFISICA</p>	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 14 di 15 

- esecuzione di n. 01 prospezione sismica superficiale con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- esecuzione di n. 01 prospezione sismica a rifrazione.

L'analisi della sezione sismostratigrafica mostra la presenza di una copertura, con spessori variabili da 1.70 a 2.30 m, caratterizzata da basse velocità: $V_p = 316$ m/sec e $V_s = 159$ m/sec.

Procedendo in profondità, si riscontra un sismostrato caratterizzato da $V_p = 621$ m/sec e $V_s = 189$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 4.20 a 5.20 m.

Segue un substrato rifrattore caratterizzato da velocità più alte $V_p = 1035$ m/sec e $V_s = 310$ m/sec.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

- il primo sismostrato è associabile a: pavimentazione stradale; alla base terreno di riporto;
- Il sismostrato con velocità di 621 m/sec (secondo sismostrato) potrebbe correlarsi a sabbia con trovanti lapidei sparsi;
- Il sismostrato con velocità pari a 1035 m/sec (terzo sismostrato) potrebbe correlarsi a sabbia limosa con ghiaia.

Inoltre l'indagine di sismica a rifrazione e MASW hanno permesso di definire le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno investigato e di fornire un modello geologico del sottosuolo.



Inoltre, come previsto dalla normativa vigente, è stato determinato il parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a:

$V_{s30} = 353$ m/s	Categoria “C”
---------------------------------------	----------------------

(considerando come riferimento il piano campagna).

L'area oggetto di studio è caratterizzata da:

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente

 Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 71010 - Cagnano Varano (FG) Tel./ Fax 0881.631495	LP ENGINEERING S.R.L. Indagine geofisica combinata di sismica a rifrazione e Masw a supporto di: <i>"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)"</i> RELAZIONE GEOFISICA	Rev. 0 del 31/03/2015
		cod. elaborato
		Pagina 15 di 15 

consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

Per quanto concerne l'andamento della velocità, essa aumenta con la profondità.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata, ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione adottata e di problematiche incontrate durante l'indagine e che solo l'operatore è in grado di quantificare in modo ottimale. Nel caso in esame la risoluzione del metodo non permette precisioni in termini di spessore inferiori al metro e i valori di velocità sono da intendersi come velocità medie all'interno di ciascuna unità geofisica individuata.

Inoltre, si consiglia alla committenza di integrare l'indagine Masw con un sondaggio meccanico a conservazione di nucleo spinto fino alla profondità di 30 m, per avere una chiave di lettura dei vari tipi di risposte geofisiche che si presentano e al contempo tarare e validare l'indagine stessa.

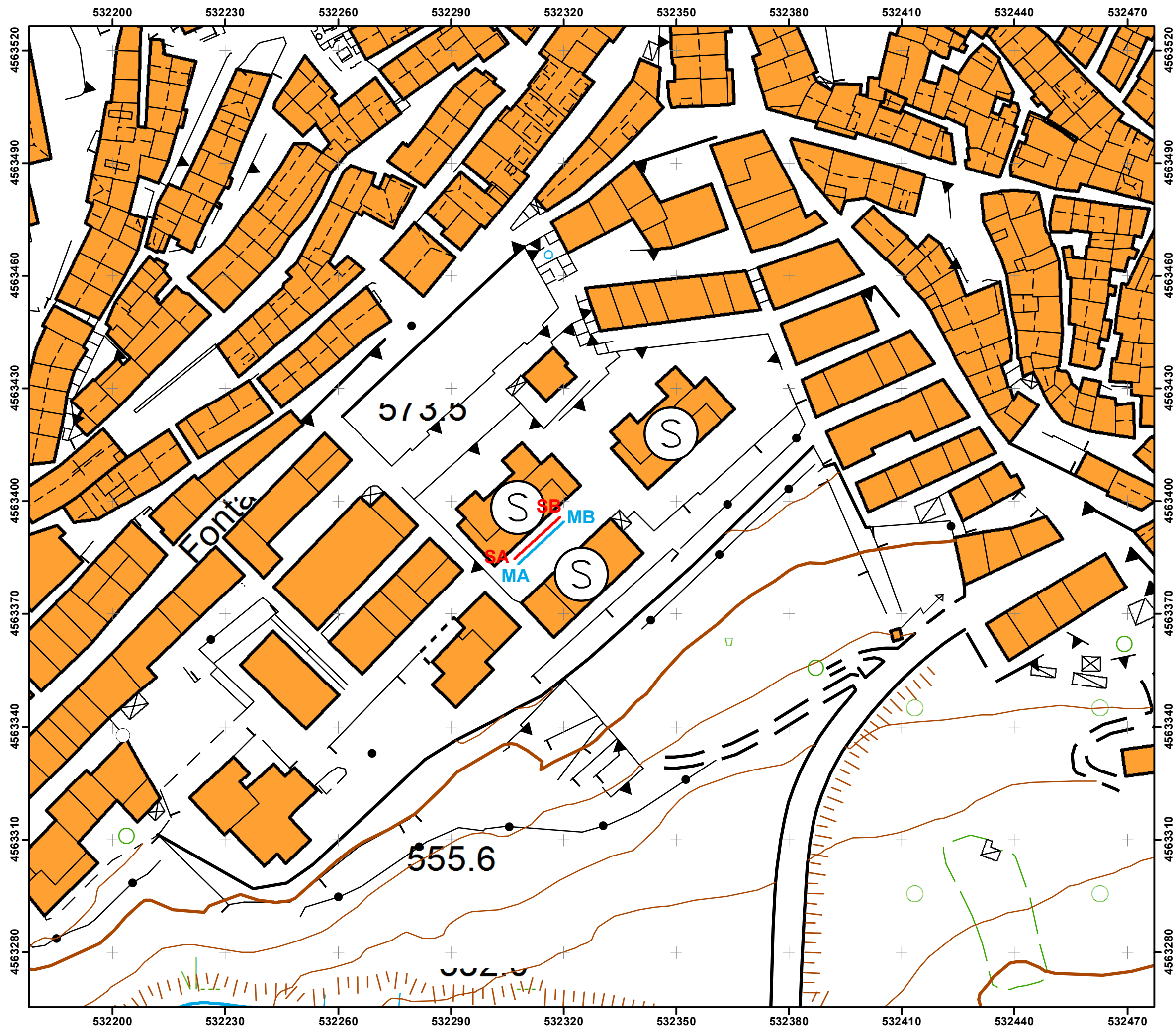
Foggia, Marzo 2015

Il geologo





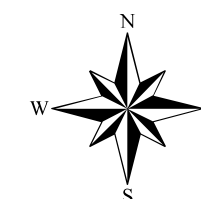
 dott. Domenico DEL CONTE

Allegati



Legenda:

-  Profilo Masw
-  Profilo Sismico a Rifrazione



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 33N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: 15.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

0 5 10 20
Metri

Tavola n° 1

Ubicazione prospezioni geofisiche



dott. Domenico Del Conte
geologo

Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
Via Dell'Arcangelo Michele, 94 - 71122 Foggia
Tel/Fax 0881.631495 - Cell. 329.7160866

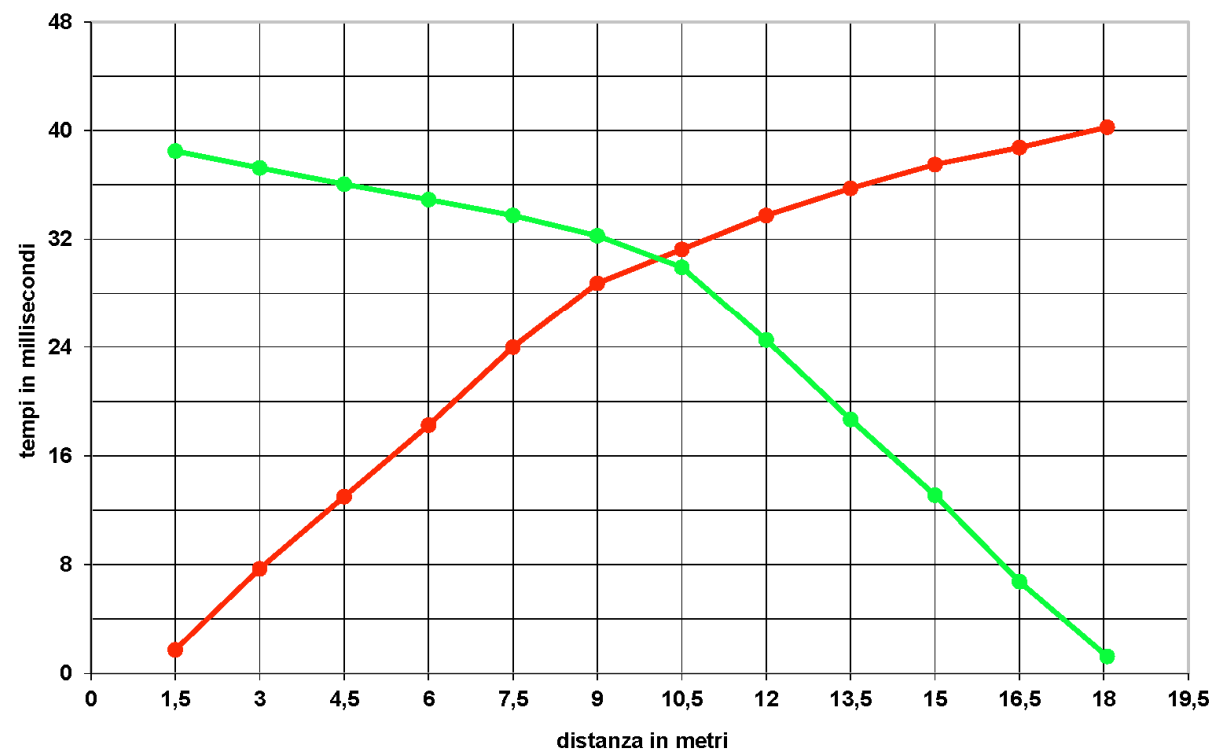
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

Dromocrone onde longitudinali (P)

ISTITUTO COMPRENSIVO "A. MAZZA" - Deliceto (FG)

End Shot A (00.00 m)

End Shot B (19.50 m)



“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico II Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)



Geol. Domenico Del Conte

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866

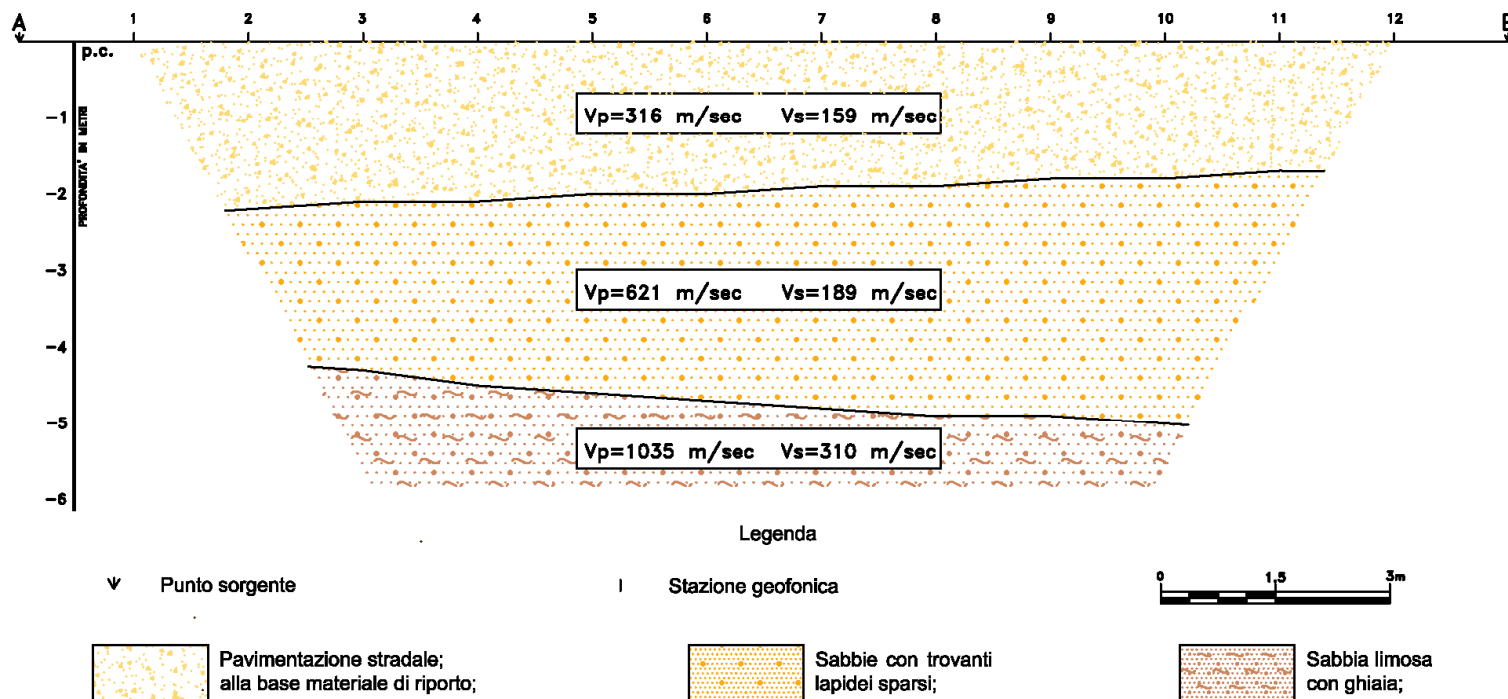
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DROMOCRONE ONDE LONGITUDINALI (P)

A 2

Marzo
2015

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA "EDIFICI SCOLASTICI SITI AL VICO II FONTANELLE" - Deliceto (FG)



"Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico II Fontanelle" – Comune di Deliceto (FG)



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

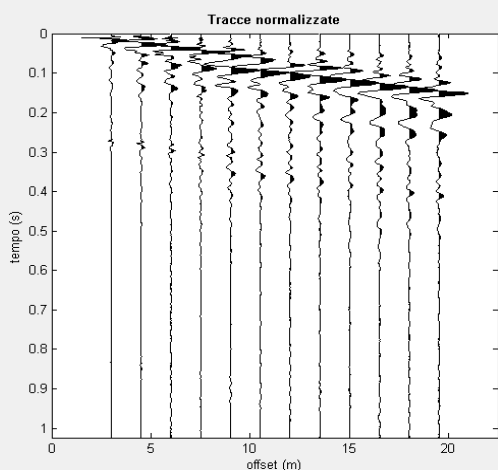
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

A 3

Marzo
2015

Primo: trattamento dati

dataset: ISTITUTO COMPRENSIVO MAZZA - DELICETO.DAT
offset minimo: 3 m
distanza intergeofonica: 1.5 m
campionamento: 1 ms



Utilità

ruota le tracce

movie ?

Selezione dati

Attiva

Selezione 20

Annulla Salva



Invia e-mail

ver. 4.0 Standard

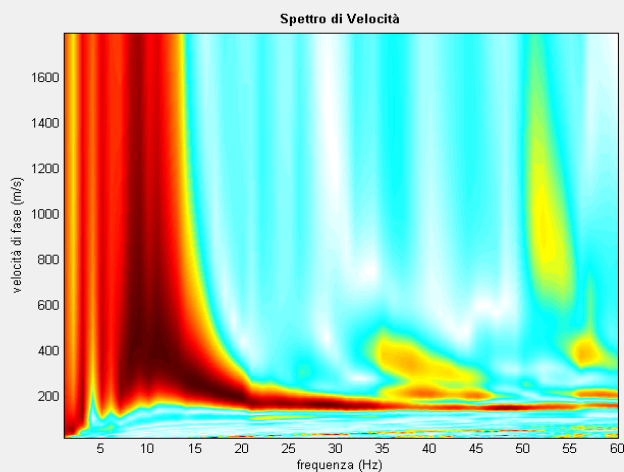
Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità

Tau - v

visualizza curve

input curva ?



Esplora spettro

modellazione diretta

parametri

salva modello

carica modello

3

?

refresh

picking

selezione modo

selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

salva picking

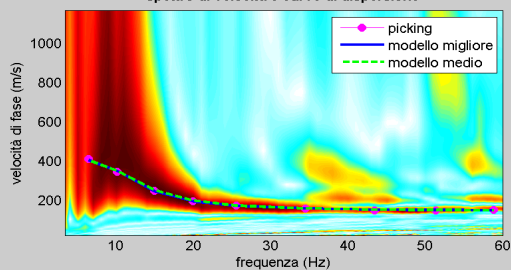
?

cancella picking

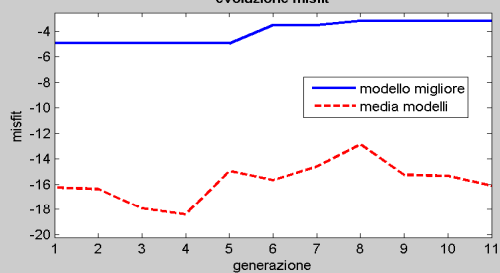
Inverti

Esci

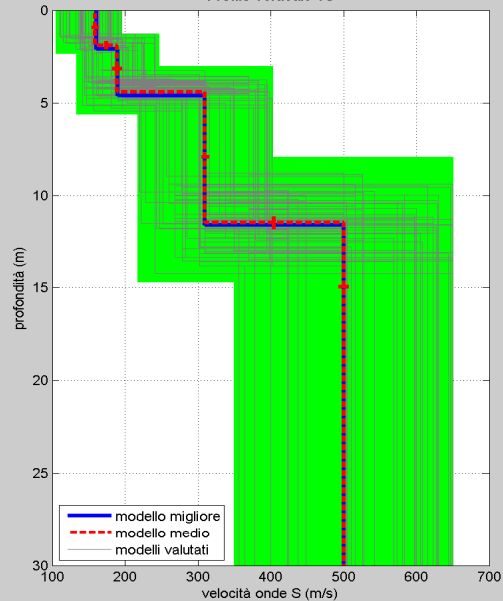
spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit



Profilo verticale Vs



dataset: ISTITUTO COMPRENSIVO MAZZA - DELICETO.DAT
curva di dispersione: ISTITUTO COMPRENSIVO MAZZA - DELICETO.cdp
modello migliore VS30: 350 m/s
modello medio VS30: 353 m/s



PROSPEZIONE SISMICA MASW

A 4

**Marzo
2015**



“Verifica vulnerabilità sismica edifici scolastici siti al Vico Il Fontanelle” – Comune di Deliceto (FG)



Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 5

**Marzo
2015**