

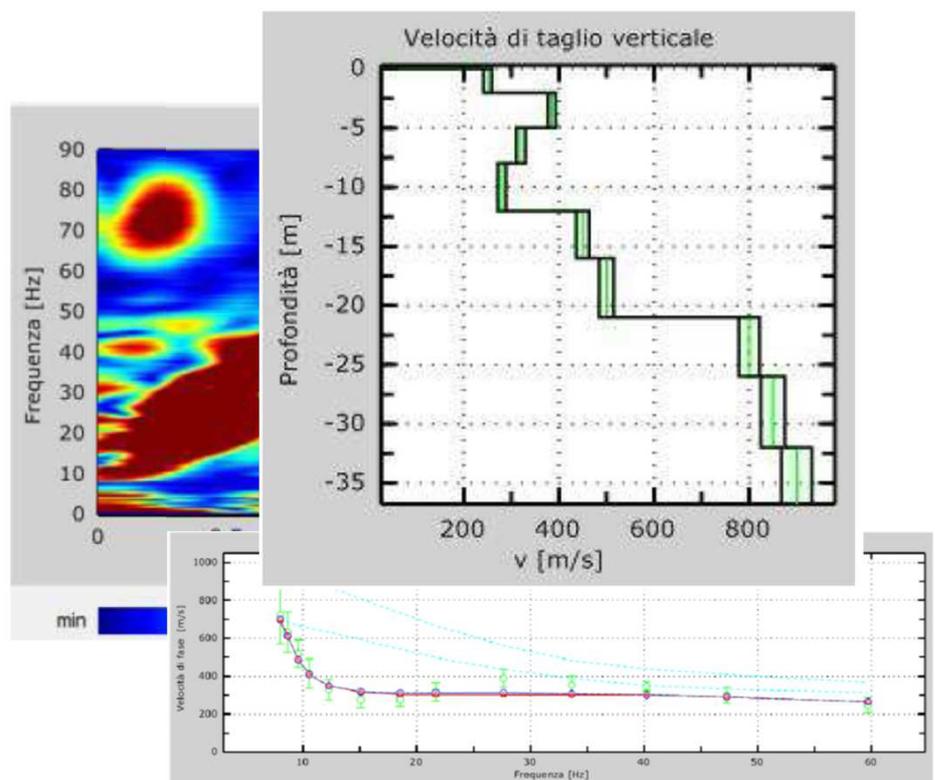
ALLEGATO 3

Indagini sismiche attive (metodologia MASW) a supporto della Microzonazione sismica del Comune di Frassinoro

Abitati di Fontanaluccia e di Piandelagotti

COMUNE DI FRASSINORO

PROVINCIA DI MODENA



Modena, 22/09/2017

Studio Tecnico Associato **FOR.GEO**

Via Cardarelli, 5 - 41124 Modena
C.Fisc & P.IVA 02296310366

Tel 059/359912
E-mail mail@forgeo.it

Indagini sismiche attive (metodologia MASW) a supporto della Microzonazione sismica del Comune di Frassinoro Abitati di Fontanaluccia e di Piandelagotti COMUNE DI FRASSINORO (PROVINCIA DI MODENA)

Introduzione

Su incarico del Dott. Geol. Fabio Parmeggiani e del Dott. Geol. Paolo Pallante, dello Studio For.Geo di Modena, sono state eseguite:

- il giorno 30.03.2017, cinque basi sismiche attive in onde di superficie, elaborate secondo la metodologia *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)*, nella Frazione di Fontanaluccia d Frassinoro;

- il giorno 21.04.2017, tre basi sismiche attive in onde di superficie, elaborate secondo la metodologia *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)*, nella frazione di Piandelagotti di Frassinoro;

I rilievi (ubicati come da figura 1) hanno come scopo la definizione dei modelli di profilo verticale di velocità da utilizzare a supporto degli studi per la Microzonazione sismica di primo, secondo e terzo livello della frazione di Fontanaluccia e di terzo livello della frazione di Piandelagotti.

Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione

È stato utilizzato un sismografo digitale Dolang modello DBS280, munito di 24 geofoni da 4.5 Hz e di sistema di energizzazione formato da piastra e mazza (con chiusura del circuito di attivazione, *trigger*, per contatto). L'elaborazione delle registrazioni è stata effettuata con l'ausilio del software MASW (di Roma e Associati) che utilizza per la modellazione due metodologie di raffronto fra modello e dati sperimentali:

I) confronto tra curva di dispersione sperimentale effettiva e curva di dispersione effettiva sintetica (Lay & Rix, 1999-*Inversion of multi-mode effective dispersion curves*. In *Pre-failure deformation characteristics of geomaterials*, Jamiolkowsky M., Lancellotta R. & lo Presti D. Eds., Balkema, Rotterdam, 411-418);

II) confronto tra curva di dispersione sperimentale effettiva e curva di dispersione apparente sintetica (Roma V., 2001-*Soil properties and site characterization by means of Rayleigh waves*. PhD thesis, Politecnico di Torino).

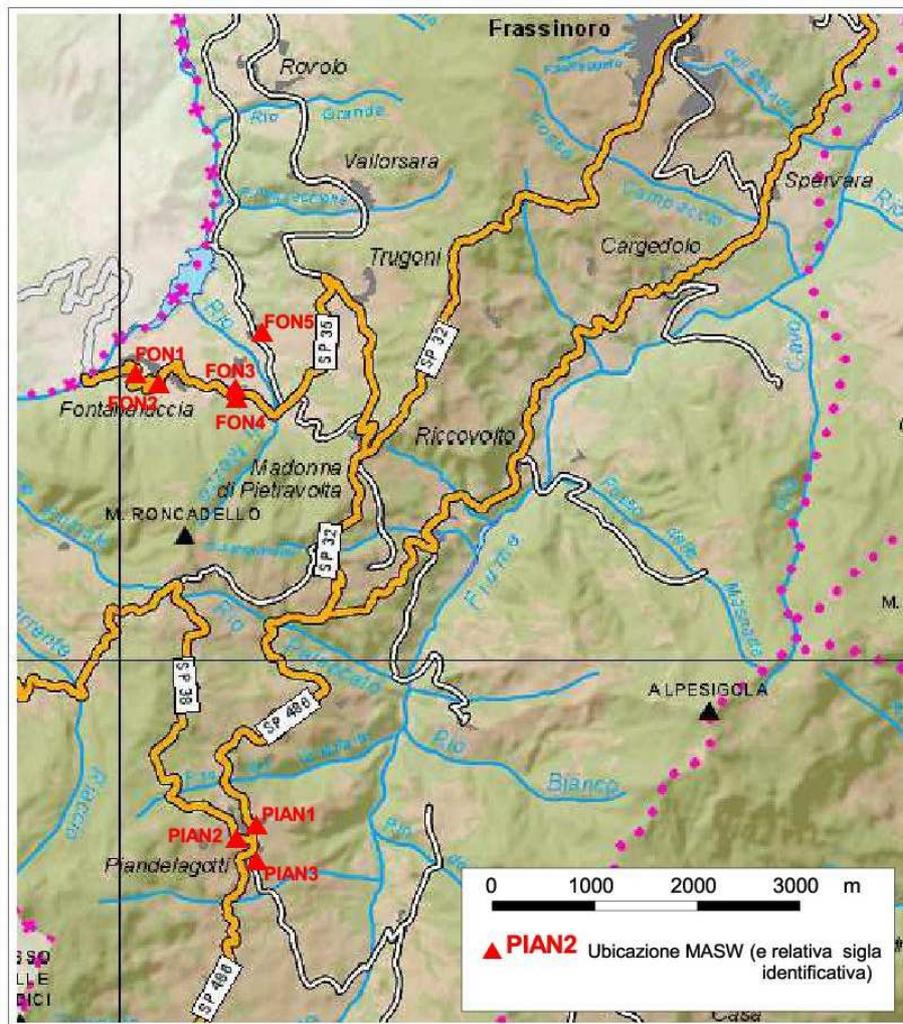


Figura 1 - Inquadramento territoriale con ubicazione delle indagini di sismica attiva (metodologia MASW). (Base topografica: estratto da Carta del territorio 1:100.000 realizzata a cura della Provincia di Modena).

Per tutte le acquisizioni, compatibilmente con le condizioni logistiche locali, sono stati allestiti stendimenti caratterizzati dalla medesima geometria, con lunghezza totale della stesa (tra primo e ultimo geofono, (escludendo l'offset minimo tra punto di energizzazione e primo geofono) di 34,5 m di lunghezza e distanza intergeofonica di 1,5 m. In alcuni casi, per mancanza di spazio, è stato necessario ridurre la lunghezza dello stendimento con conseguente riduzione del numero di canali di registrazione (a 20-21). Nel caso del rilievo FON4 (Figura 1) l'elaborazione dei dati è stata limitata a soli 18 geofoni per ragioni legate alla topografia locale.

Per ogni stendimento sono state eseguite più acquisizioni, variando l'offset minimo (distanza tra punto di energizzazione e primo geofono) a seconda dei casi e compatibilmente con le condizioni logistiche, per distanze pari a multipli (3 e 5 volte) della distanza intergeofonica

(1,5 m). Nelle situazioni logisticamente favorevoli si è anche proceduto all'acquisizione con battuta di ritorno (posizionando la sorgente di energizzazione all'estremità dello stendimento corrispondente al geofono 24) considerando un *offset* minimo pari a 3 volte la distanza intergeofonica.

Sono state eseguite registrazioni di circa 2,4 secondi di durata complessiva, con un passo di campionamento di 600 ms (4096 campioni totali).

Soprattutto a Fontanaluccia, ma anche a Piandelagotti, le registrazioni hanno messo in evidenza la forte rumorosità di fondo la cui origine non è ben chiara, ma che risulta molto evidente nelle registrazioni sismometriche (Figura 2).

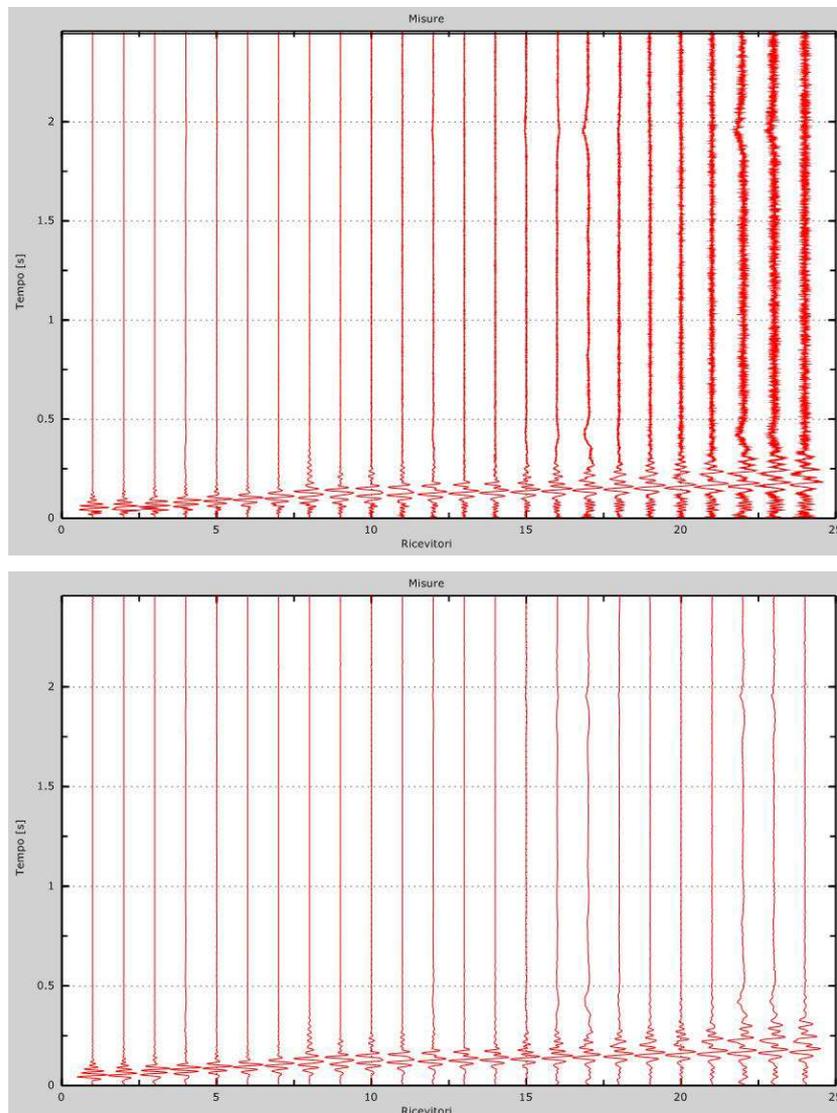


Figura 2 – In alto sismogrammi relativi al rilievo Fon1 con evidenti distorsioni dovute al rumore ambientale; in basso, gli stessi sismogrammi dopo filtraggio passabanda (2-65 Hz).

Come mostrato nelle Figura 3 il rumore ambientale ha un effetto più che altro estetico nei confronti dei sismogrammi (Figura 2), ma risulta poco influente sull'andamento della curva di dispersione delle onde di Rayleigh (per lo meno nell'intervallo di frequenze di interesse per l'interpretazione della curva di dispersione effettiva: Figura 3).

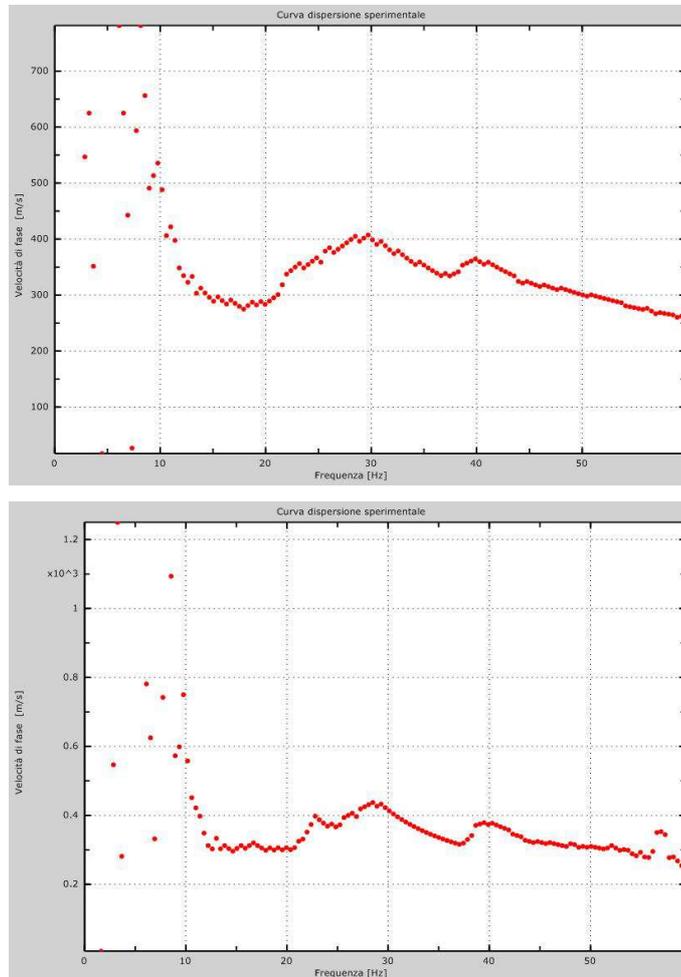


Figura 3 – In alto: curva di dispersione effettiva relativa alle registrazioni del rilievo Fon1; in basso: curva di dispersione effettiva relativa al medesimo rilievo sottoposto a filtraggio passabanda (2-65 Hz) (Figura 2). Le curve sono molto simili, pressoché equivalenti, a indicare che il rumore ambientale pur se presente ha un effetto limitato nella banda di frequenza utile per l'interpretazione del rilievo MASW.

Per ciascun sito di indagine vengono presentati (facendo uso principalmente di immagini, diagrammi e cartografie), l'ubicazione, i sismogrammi, lo spettro f-k, la curva di dispersione apparente (sperimentale), il *picking* interpretativo dell'andamento della curva di dispersione apparente, il modello di profilo verticale di velocità ricavato per modellazione diretta della curva selezionata (*picking*) (coadiuvata dalle conoscenze geologiche e stratigrafiche disponibili e provenienti principalmente da dati geognostici e cartografici) e il valore del VS30 o del VSh, qualora determinabili nei limiti delle condizioni di applicabilità del metodo e della definizione del parametro VSh/VS30. L'interpretazione litologica dei modelli di profilo verticale

di velocità sarà anch'essa basata sulle conoscenze derivanti dalla cartografia geologica, dalle osservazioni sul terreno e dai dati geognostici (principalmente diagrammi penetrometrici) disponibili in area).

Nelle carte (estratte dalla CTR regionale) che riportano l'ubicazione di ciascun stendimento sismico, i numeri 1 e 24 identificano gli estremi dello stendimento (1=primo geofono, con *offset* minimo e 24=ultimo geofono, con *offset* massimo, nell'ipotesi di acquisizione con colpo in andata, l'inverso qualora si faccia riferimento al colpo in ritorno). Le fotografie che mostrano la disposizione dello stendimento sono tutte riprese dal lato del geofono numero 1. Tutti i dati fino ad ora elencati, relativi a ciascun sito d'indagine, sono riportati nell'Allegato 1, alla presente relazione.

Conclusioni

Sono state descritte le modalità di esecuzione, la strumentazione di acquisizione e i risultati delle elaborazioni di 8 basi sismiche attive eseguite con metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) ubicate come da figura 1 e identificate con le sigle FON1, FON2, FON3, FON4 e FON 5, per le acquisizioni eseguite a Fontanaluccia, e con le sigle PIAN1, PIAN2 e PIAN3, per quelle eseguite a Piandelagotti.

I rilievi sono stati, realizzati su incarico del Dott. Geol. Paolo Pallante e del Dott. Geol. Fabio Parmeggiani, a supporto dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Frassinoro (Provincia di Modena).

Nell'allegato alla presente relazione sono descritti e riportati con appositi elaborati grafici, per ciascuna acquisizione, l'ubicazione, i dati e la loro relativa interpretazione, eseguita tenendo conto anche dei dati geologici disponibili (cartografici e geognostici), sia da bibliografia che rilevati in loco.

Vignola, maggio 2017

Dott. Geol. Marco Capitani

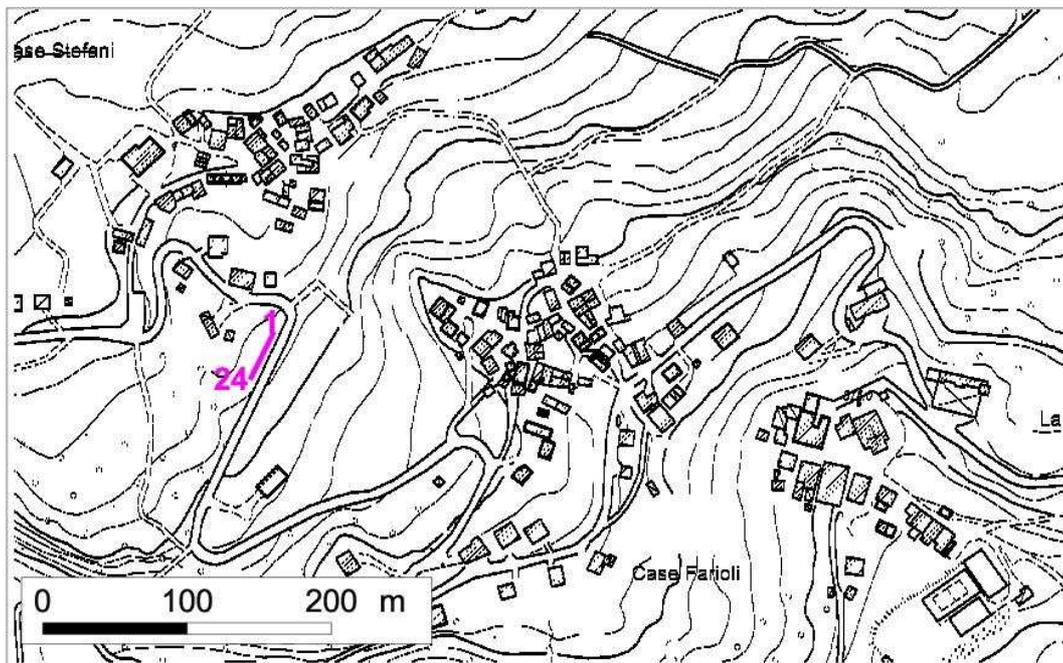
ALLEGATO N. 1

INDAGINI MASW A FONTANALUCCIA E A PIANDELAGOTTI

(ubicazioni, sismogrammi, spettri di velocità, curve di dispersione/picking, modelli verticali di velocità e relativa interpretazione).

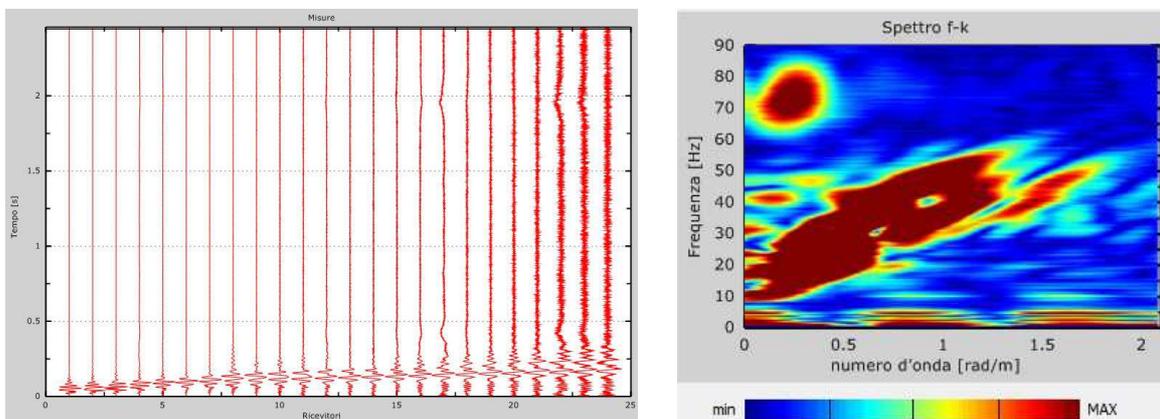
MASW FON1

Ubicazione

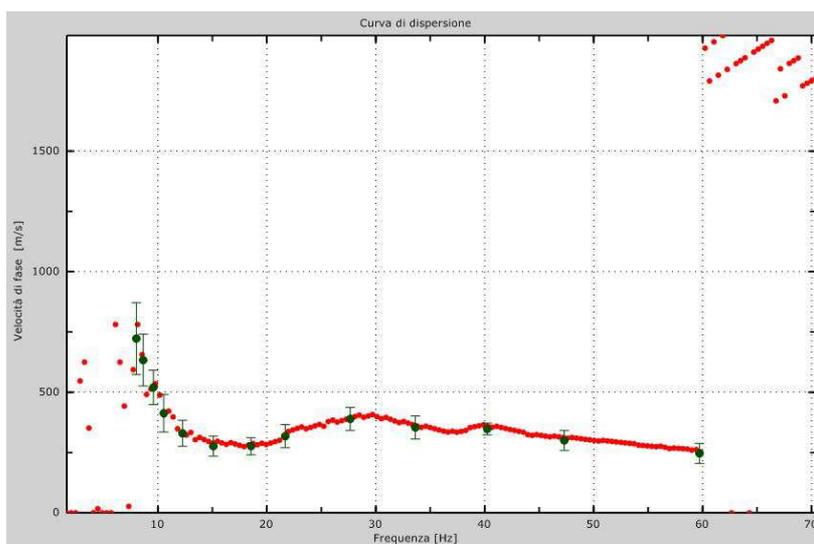


MASW FON1

Sismogrammi e spettro f-k

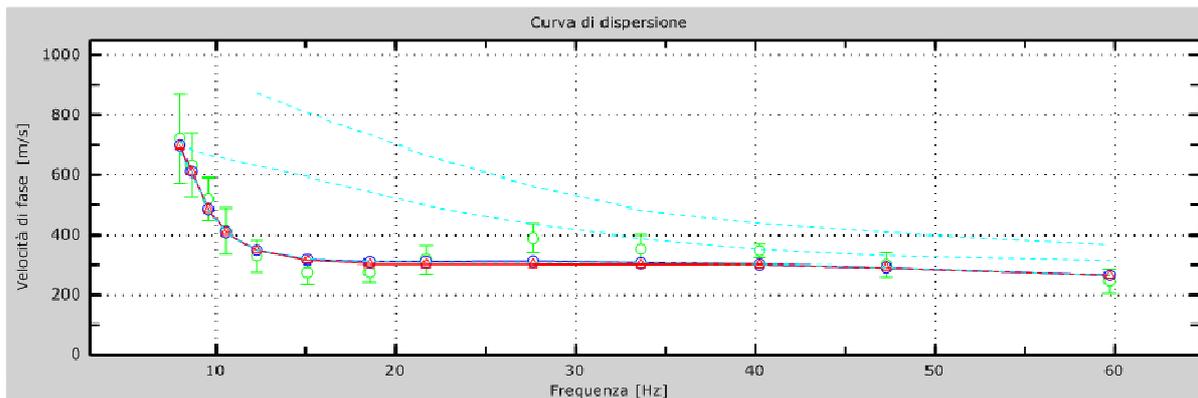


Curva sperimentale e *picking*

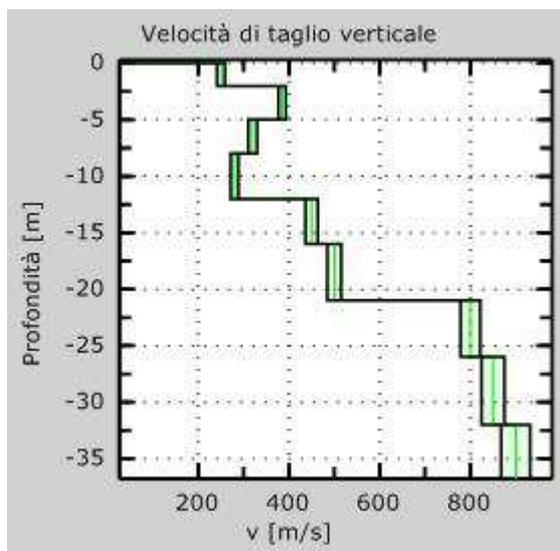


MASW FON1

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 9%, curva apparente in rosso-discrepanza 8%). In turchese, modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW FON1

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 250 e 385 m/s a partire dal p.c. fino a circa 12 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un esteso corpo franoso e pertanto l'aumento di velocità significativo che il modello di velocità indicherebbe alla profondità di circa 12 m potrebbe essere interpretato come il passaggio alla sottostante formazione in posto (Argille variegata con calcari) parzialmente alterata e/o decompressa (modello con valori di V_s di 450-500 m/s tra 12 e 21 m), passante poi alla formazione in posto pressoché inalterata, che rappresenterebbe il substrato rigido con valori di V_s superiori a 800 m/s.

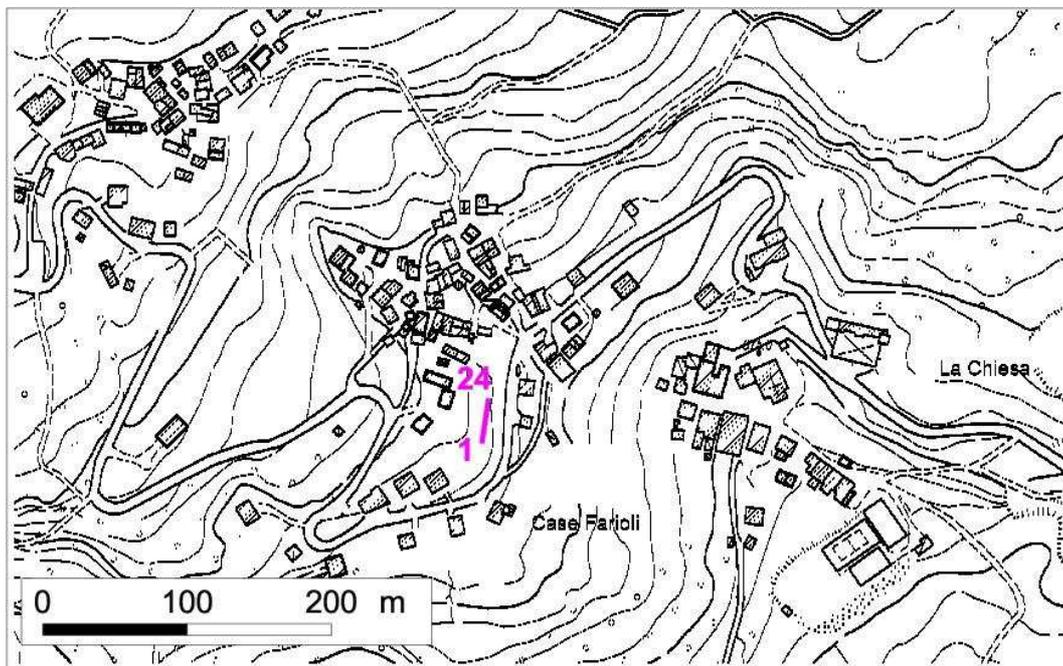
Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per FON1

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,35	250	520
	3	-5	1800	0,45	385	1963
	3	-8	1800	0,45	320	1632
	4	-12	1800	0,4	280	1428
Argille variegata con calcari (decompresse e alterate)	4	-16	2100	0,35	450	937
	5	-21	2100	0,35	500	1041
Argille variegata con calcari	5	-26	2400	0,35	800	1665
	6	-32	2400	0,35	850	1769

Come esemplificato dal grafico e dai dati in tabella, il modello di profilo verticale di velocità non mostra un andamento della velocità crescente in maniera regolare con la profondità, riconducibile probabilmente al contesto geologico locale che escluderebbe comunque l'approccio di analisi semplificata per la risposta sismica locale (deposito di frana quiescente). Si notano piuttosto tre orizzonti caratterizzati da incrementi di V_s evidenti. Si fornisce pertanto a titolo casistico il valore del $V_{S21}=359$ m/s, nelle ipotesi che tale profondità rappresenti il tetto del bedrock sismico, che l'orizzonte tra 12 e 21 m possa essere considerato come una copertura relativamente più rigida rispetto l'orizzonte superficiale e che l'inversione di velocità individuata alla base dell'orizzonte superficiale non sia significativa dal punto di vista della risposta sismica locale.

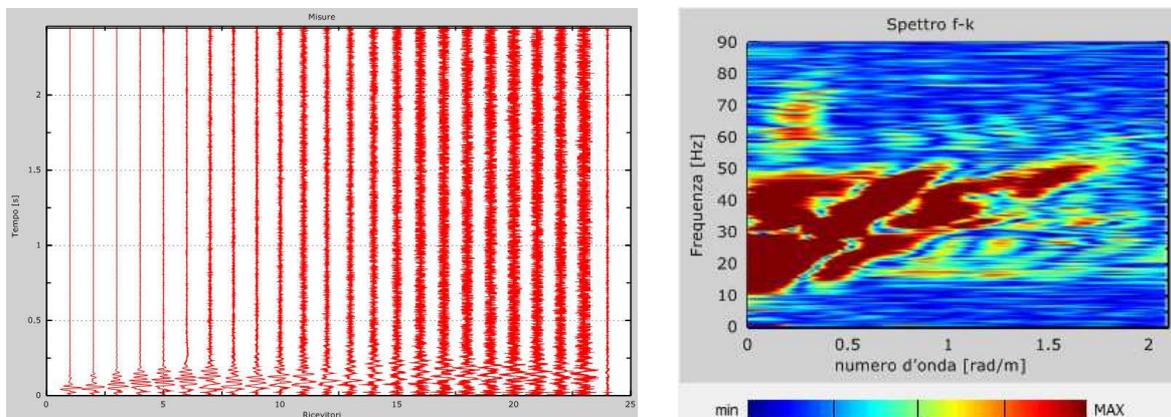
MASW FON2

Ubicazione

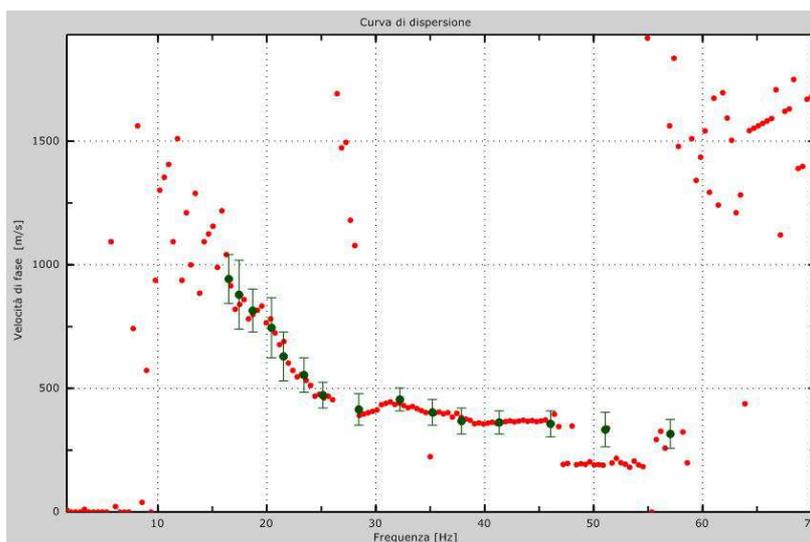


MASW FON2

Sismogrammi e spettro f-k

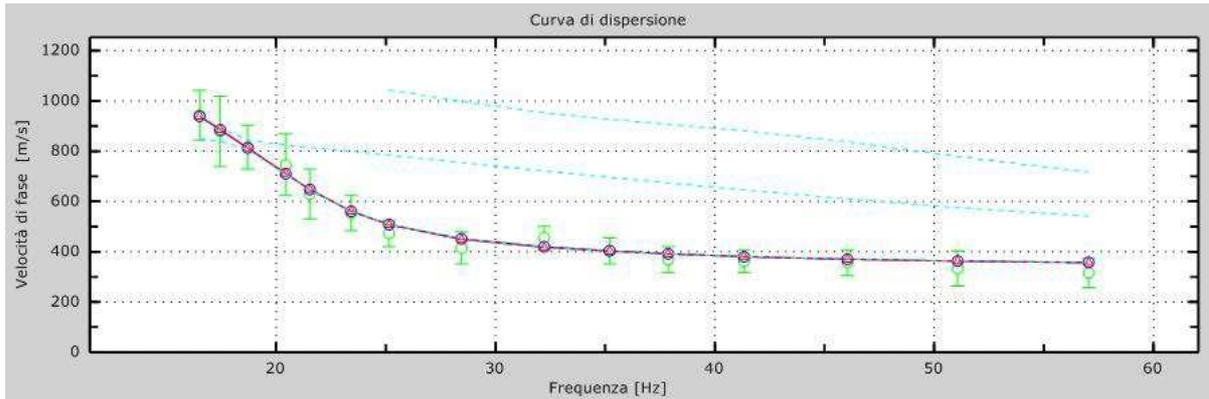


Curva sperimentale e picking

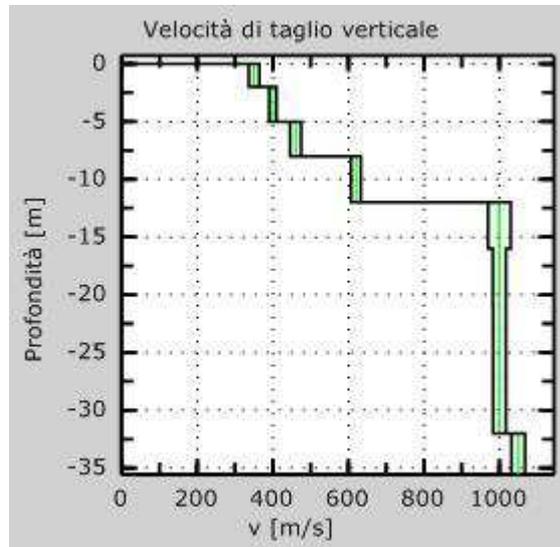


MASW FON2

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 4%, curva apparente in rosso-discrepanza 4%). In turchese, modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW FON2

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 350 e 450 m/s a partire dal p.c. fino a circa 8 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un esteso corpo franoso quiescente e pertanto, a titolo interpretativo, si è attribuito in tabella l'aumento di velocità che il modello indicherebbe alla profondità di circa 8 m come il passaggio alla sottostante formazione in posto (Argille variegata con calcari) parzialmente alterata e/o decompressa (modello con valori di V_s di 620 m/s tra 8 e 12 m), passante poi alla formazione in posto pressoché inalterata che rappresenterebbe il substrato rigido con valori di V_s superiori a 800 m/s (oltre i 12 m di profondità).

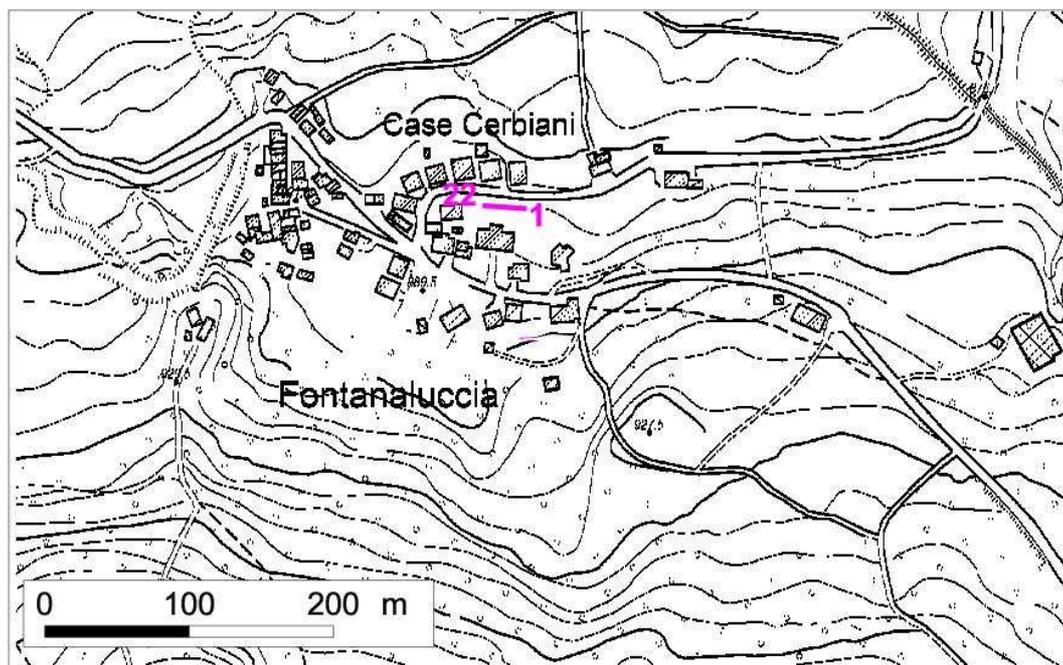
Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per FON2

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,35	350	729
	3	-5	1800	0,45	400	1327
	3	-8	2000	0,45	450	1492
Argille variegata con calcari (decompresse e alterate)	4	-12	2100	0,4	620	2056
Argille variegata con calcari	14	-26	2300	0,35	1000	2082
	6	-32	2400	0,35	1050	2186

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di V_{s12} (bedrock rigido posto a 12 m) pari a circa: $V_{s12}=455$ m/s; si ricorda comunque che i depositi superficiali sono ascrivibili ad un accumulo franoso quiescente.

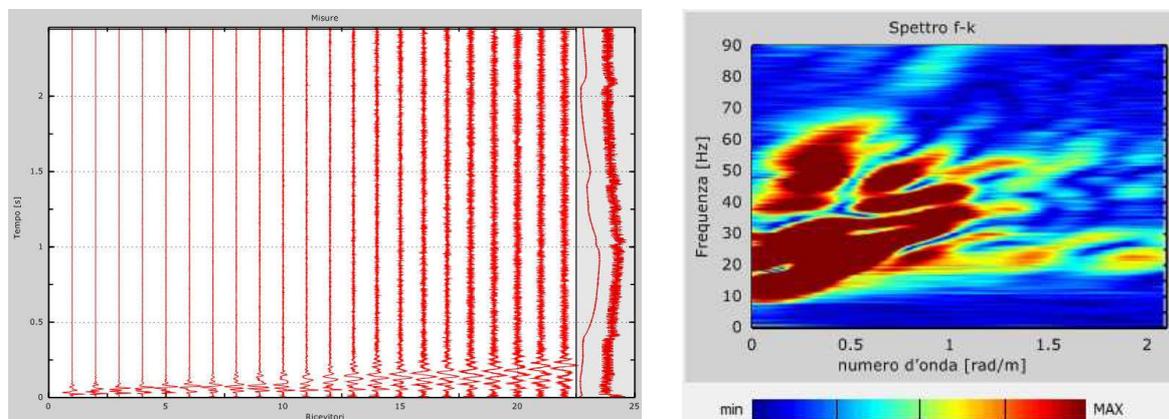
MASW FON3

Ubicazione

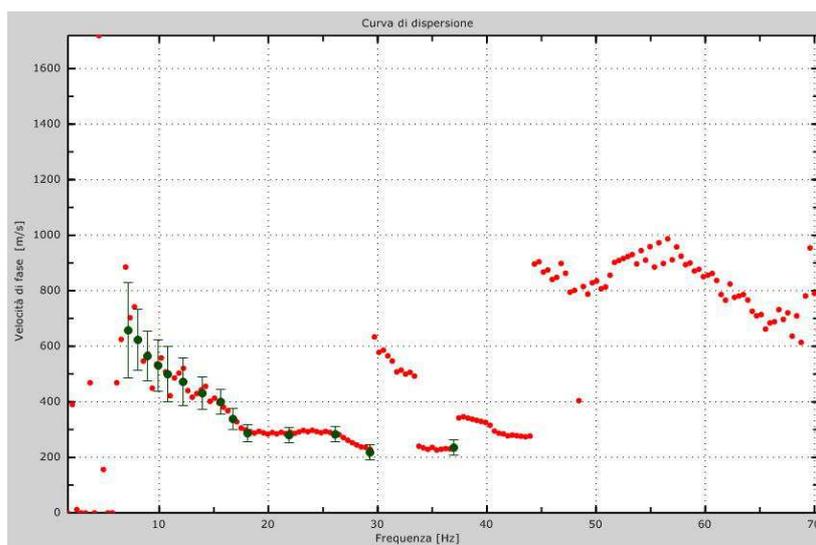


MASW FON3

Sismogrammi e spettro f-k

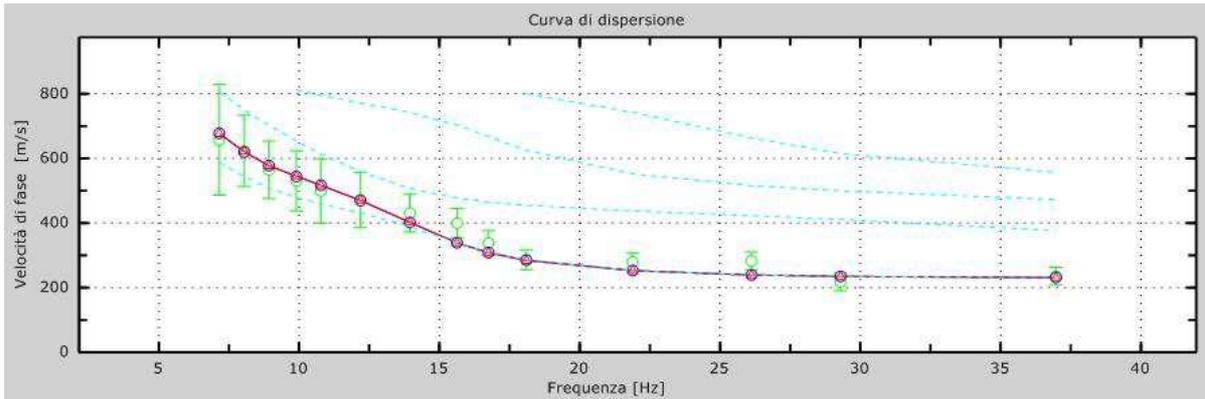


Curva sperimentale e picking

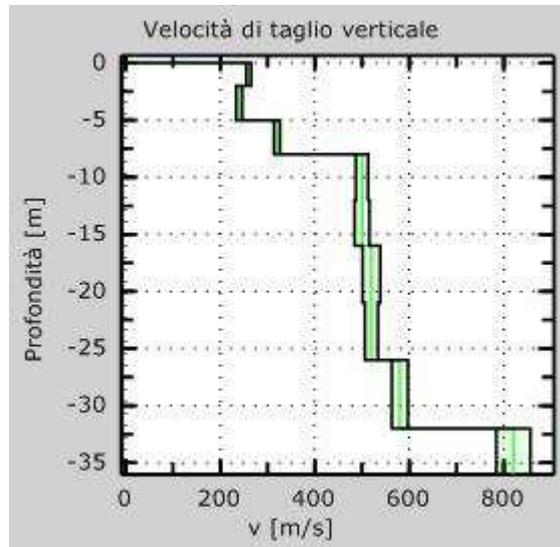


MASW FON3

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 6%, curva apparente in rosso-discrepanza 6%). In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW FON3

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 260 e 480 m/s a partire dal p.c. fino a circa 8 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un corpo franoso quiescente e pertanto a titolo interpretativo si è attribuito in tabella l'aumento di velocità, che il modello indica alla profondità di circa 8 m, come il passaggio alla sottostante formazione in posto (Argille variegata con calcari) parzialmente alterata e/o decompressa o comunque fratturata/tettonizzata (modello con valori di V_s di 500-580 m/s da 8 fino oltre 30 m dal p.c.).

Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per FON3

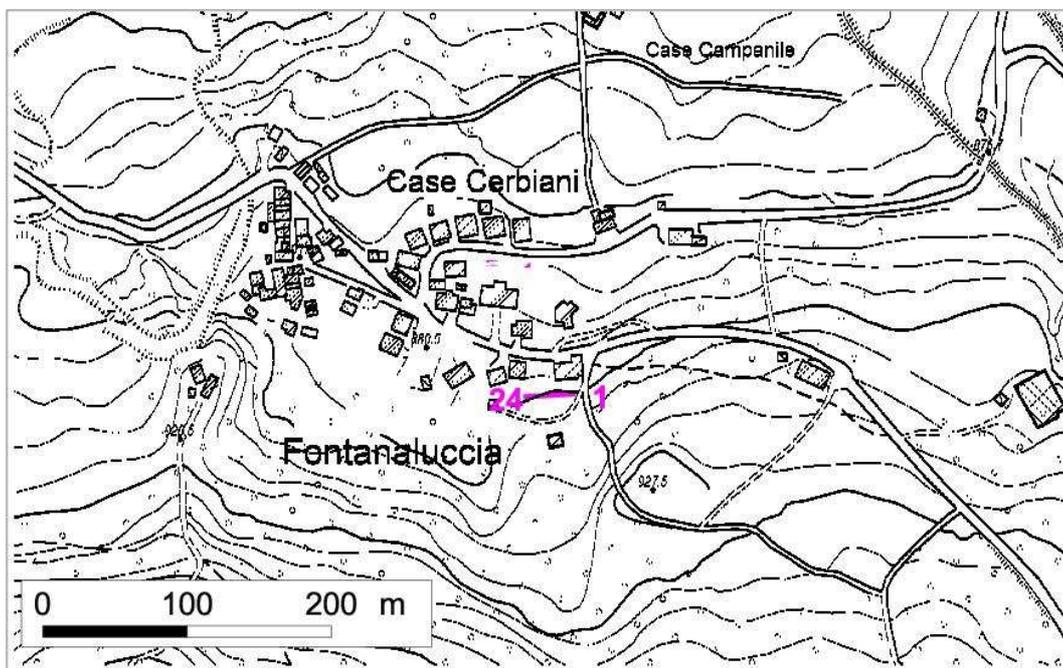
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,35	260	425
	3	-5	1800	0,35	480	500
	3	-8	1800	0,45	320	1061
Argille variegata con calcari (decompresse e alterate)	4	-12	2000	0,4	500	1658
	4	-16	2000	0,35	500	1225
	10	-26	2200	0,35	520	1082
Argille variegata con calcari (fratturate)	6	-32	2300	0,35	580	1207

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di V_{s30} pari a circa:

$V_{s30} = 418$ m/s.

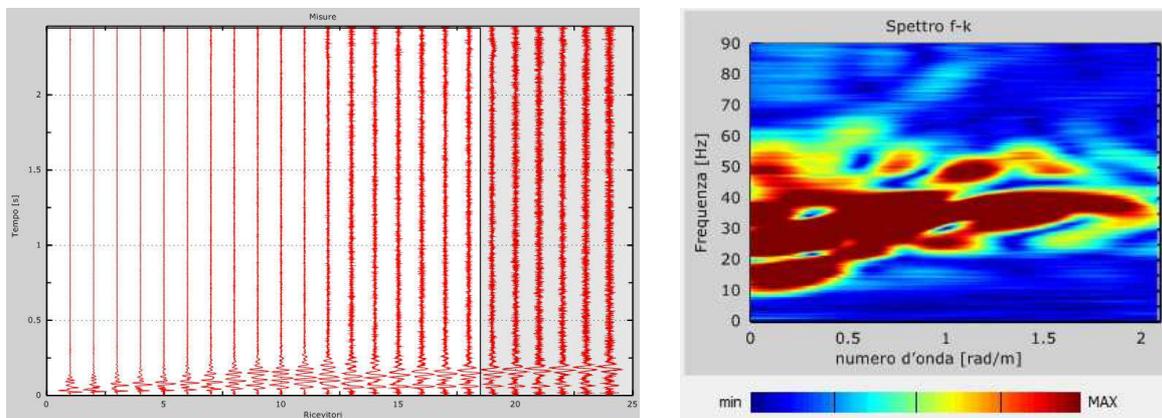
MASW FON4

Ubicazione

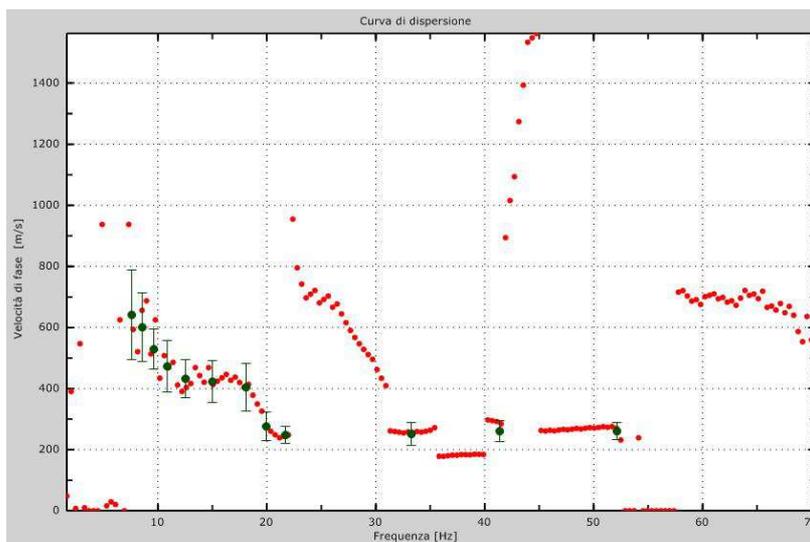


MASW FON4

Sismogrammi e spettro f-k

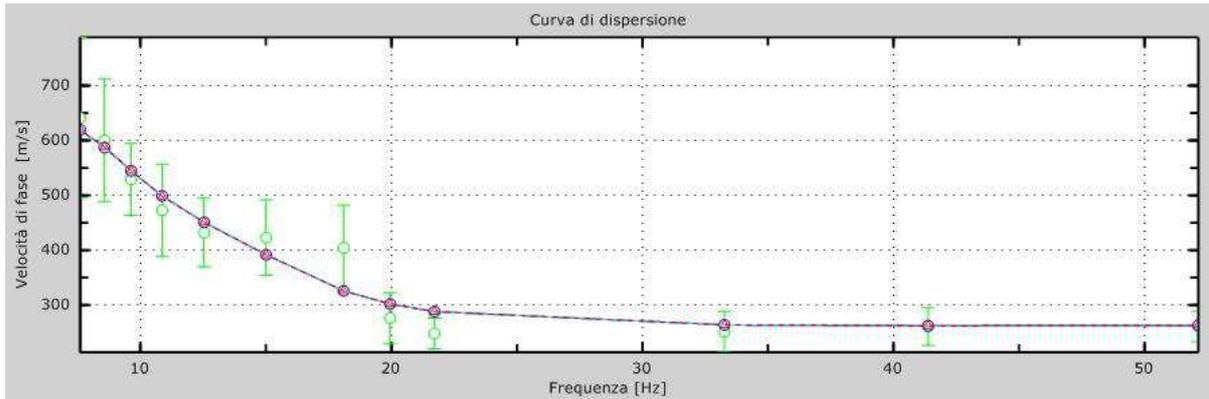


Curva sperimentale e picking

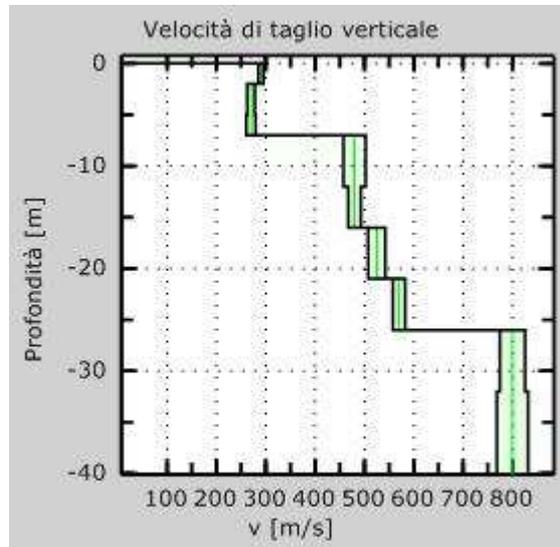


MASW FON4

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%). In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW FON4

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 270 e 290 m/s a partire dal p.c. fino a circa 7 m di profondità. I dati geologici indicano che sull'area in esame insiste un corpo franoso quiescente e pertanto a titolo interpretativo si è attribuito in tabella l'aumento di velocità che il modello indicherebbe alla profondità di circa 7 m come il passaggio alla sottostante formazione in posto (Argille variegata con calcari) parzialmente alterata e/o decompressa o comunque fratturata/tettonizzata (modello con valori di V_s di 480-570 m/s da 7 fino oltre 26 m dal p.c., profondità alla quale il modello indicherebbe presenza di rocce con velocità V_s alta (pari o superiore a 800 m/s).

Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per FON4

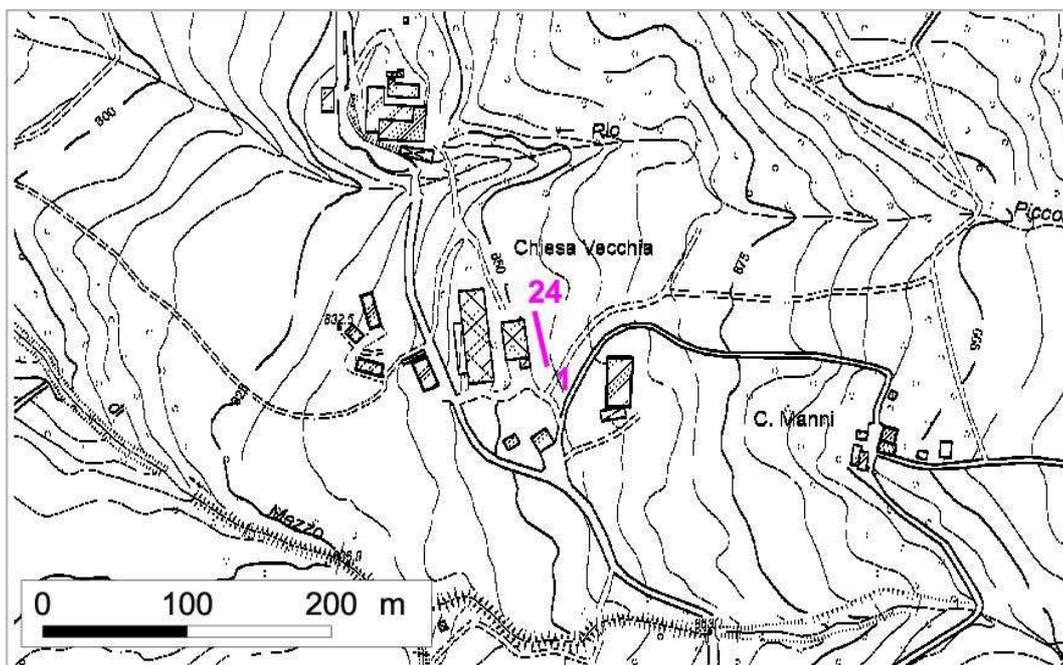
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,35	290	604
	5	-7	1800	0,45	270	895
Argille variegata con calcari (decompresse e alterate)	9	-16	2000	0,35	480	999
	5	-21	2200	0,35	525	1093
Argille variegata	5	-26	2300	0,35	570	1187
	6	-32	2400	0,35	800	1665

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di V_{s26} pari a circa:

$$V_{s26} = 416 \text{ m/s.}$$

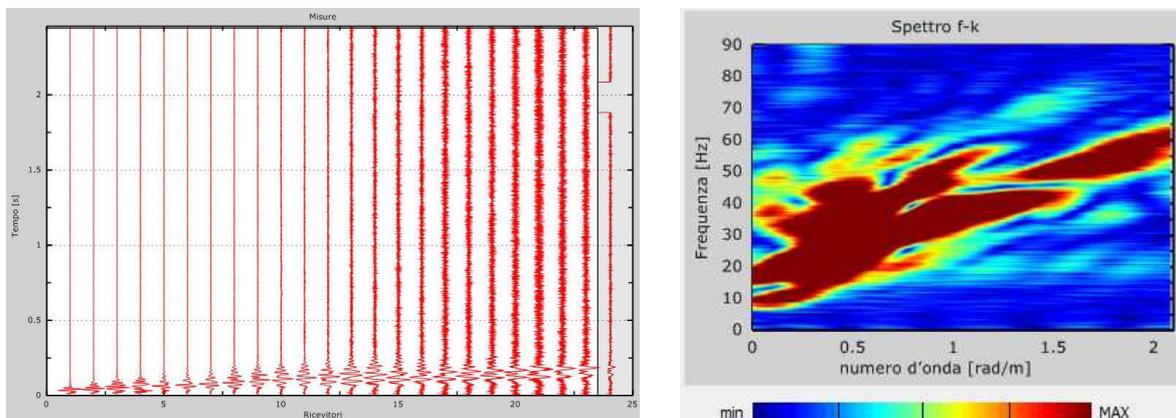
MASW FON5

Ubicazione

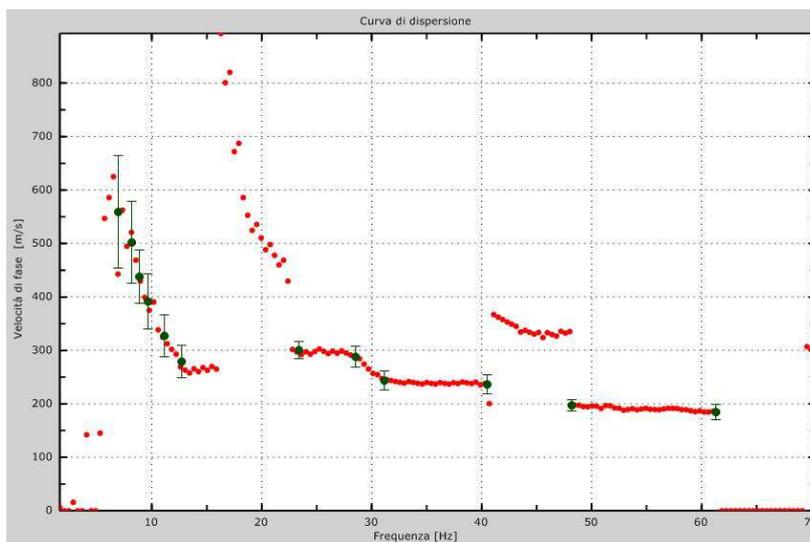


MASW FON5

Sismogrammi e spettro f-k

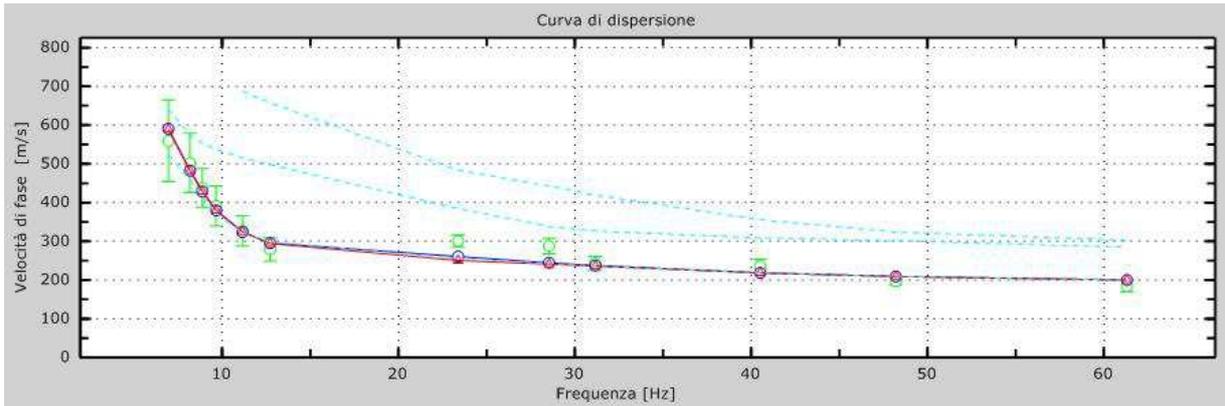


Curva sperimentale e picking

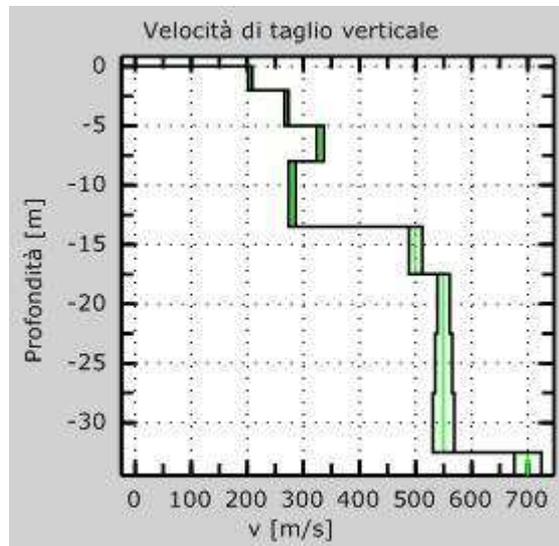


MASW FON5

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%). In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW FON5

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 205 e 330 m/s a partire dal p.c. fino a circa 13.5 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un corpo franoso quiescente e pertanto a titolo interpretativo si è attribuito in tabella l'aumento di velocità, che il modello indicherebbe alla profondità di circa 13,5 m, come il passaggio alla sottostante formazione in posto (Argille variegata con calcari) parzialmente alterata e/o decompressa o comunque fratturata/tettonizzata (modello con valori di V_s di 500-550 m/s da 13.5 fino oltre 30 m dal p.c.).

Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per FON5

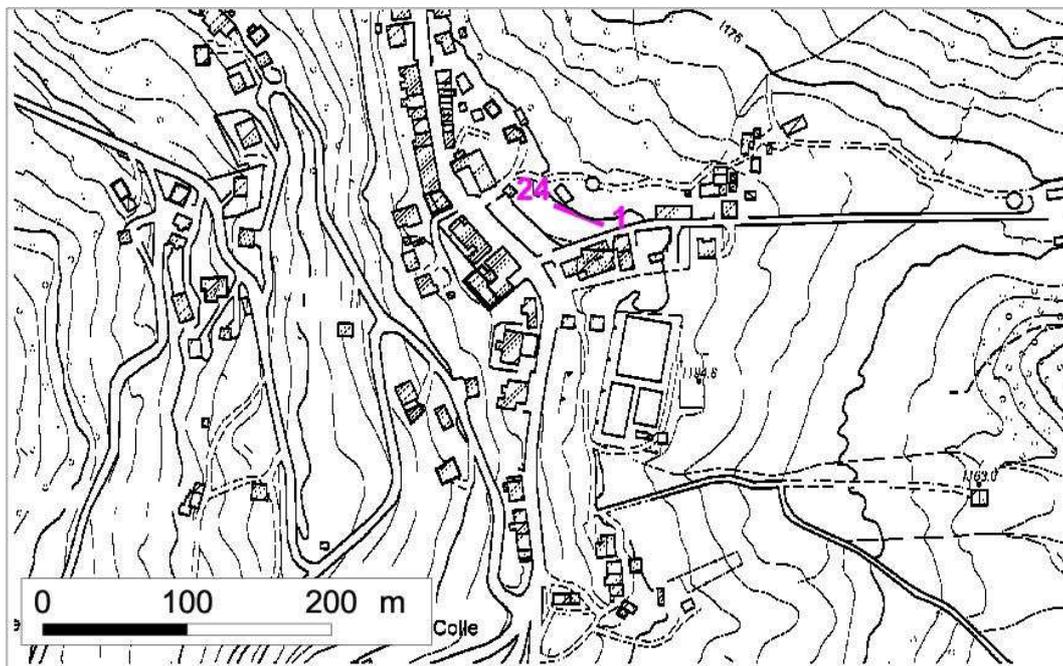
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,35	205	427
	3	-5	1800	0,45	270	895
	3	-8	1800	0,48	330	1683
	5,5	-13,5	2000	0,4	280	686
Argille variegata con calcari (decompresse e alterate e/o fratturate)	4	-17,5	2100	0,35	500	1041
	5	-22,5	2100	0,35	550	1145
	5	-27,5	2200	0,35	550	1145
	5	-32,5	2200	0,35	550	1145

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di V_{s30} pari a circa:

$$V_{s30} = 373 \text{ m/s.}$$

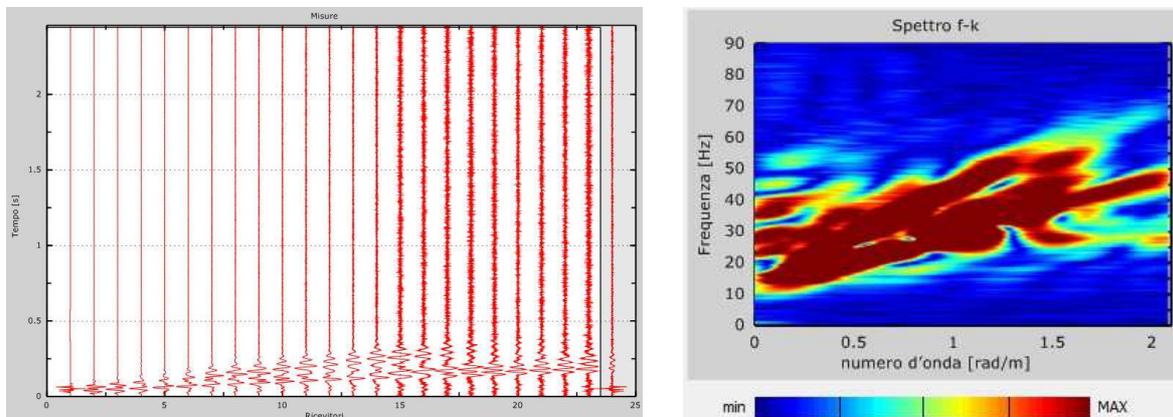
MASW PIANI

Ubicazione

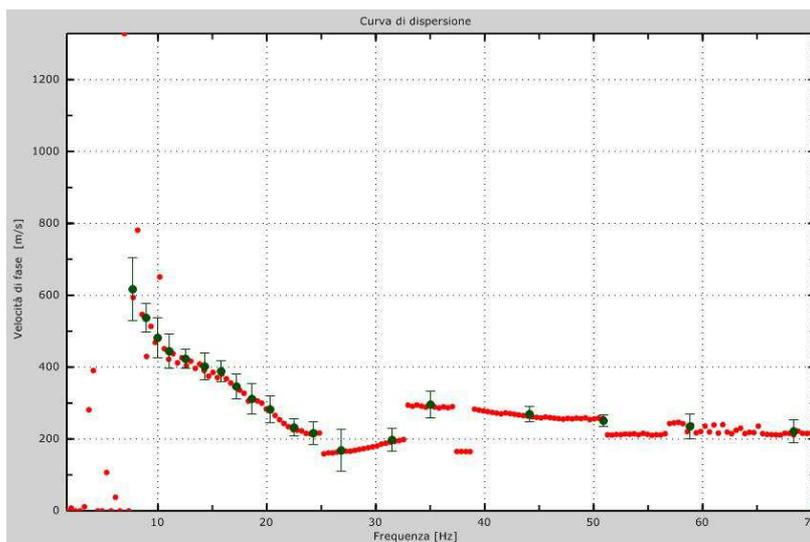


MASW PIANI

Sismogrammi e spettro f-k

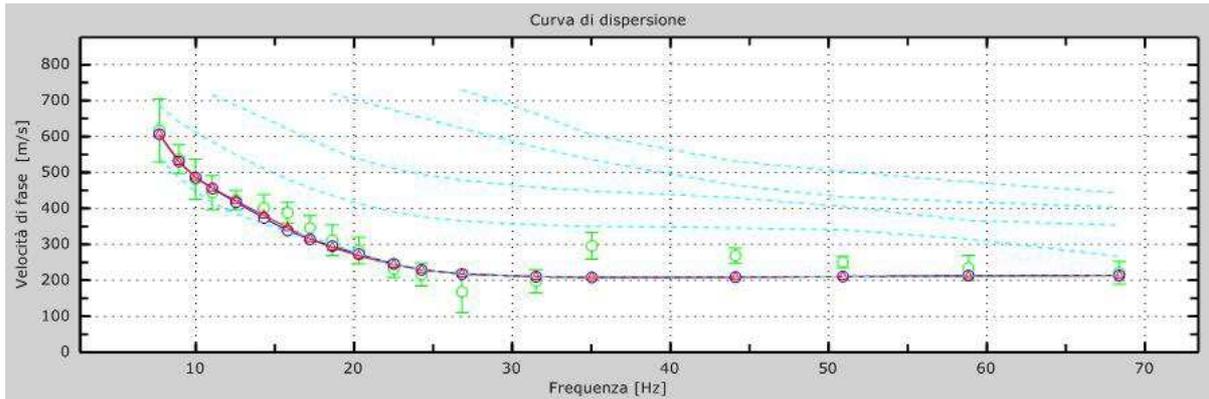


Curva sperimentale e picking

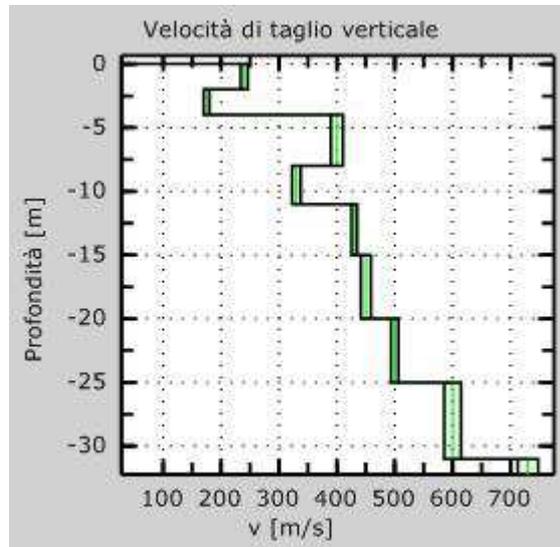


MASW PIANI

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 9%, curva apparente in rosso-discrepanza 9%). In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW PIANI

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 175 e 240 m/s a partire dal p.c. fino a circa 4 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un corpo franoso attivo, al piede e laterale a un altro corpo di frana quiescente posto più a monte. I valori relativamente più alti della V_s , per gli strati sottostanti (fino a circa 11 m dal p.c.), sollevano un dubbio interpretativo se si tratti ancora del corpo franoso o se, invece, vadano attribuiti alla parte meno profonda (alterata e decompressa) della formazione in posto (Argille variegata con calcari) alla quale sono invece attribuiti i livelli più profondi (a partire da 11 m dal p.c., caratterizzati da modello, da valori di V_s dell'ordine 430-600 m/s.

Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per PIAN1

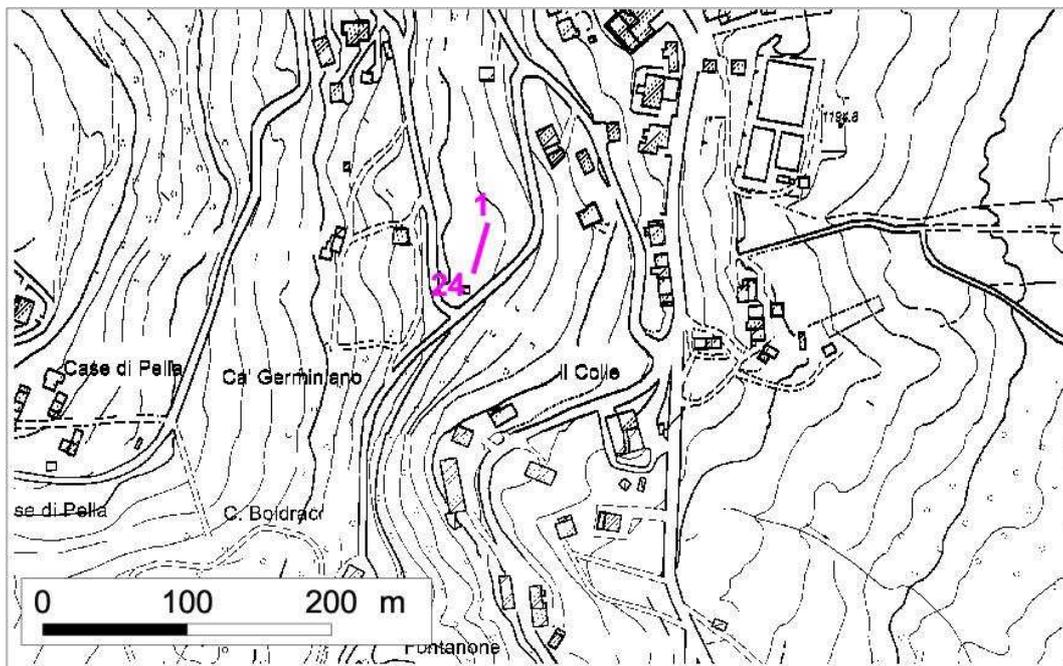
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,48	240	1224
	2	-4	1800	0,48	175	892
?Corpo di frana? Argilliti variegata con calcari alterate e decomprese?	4	-8	1800	0,48	400	2040
	3	-11	2100	0,4	330	1683
Argille variegata con calcari (decomprese e alterate e/o fratturate)	4	-15	2200	0,4	430	1053
	5	-20	2300	0,4	450	1102
	5	-25	2300	0,35	500	1225
	6	-31	2300	0,35	600	1249

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di V_{s30} pari a circa:

$$V_{s30} = 386 \text{ m/s.}$$

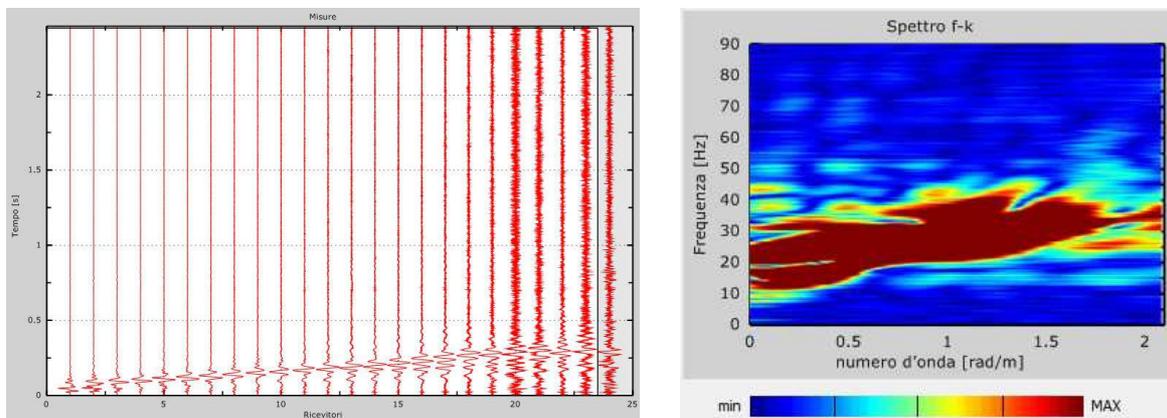
MASW PIAN2

Ubicazione

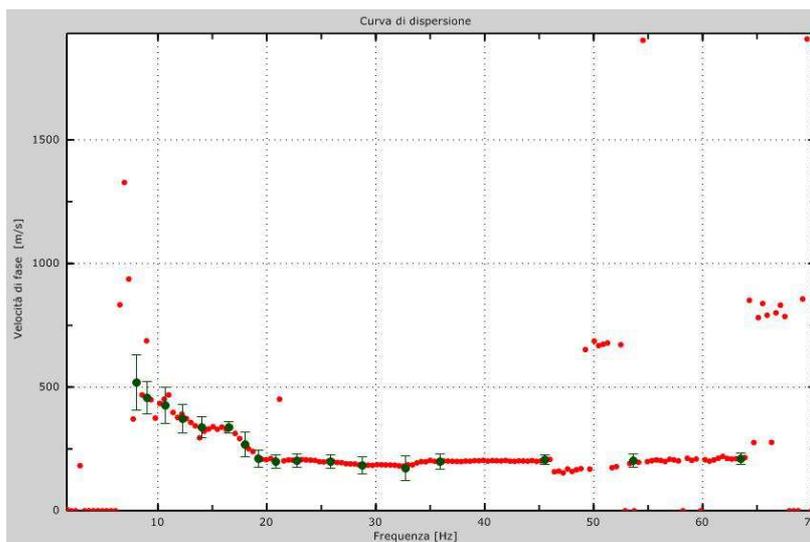


MASW PIAN2

Sismogrammi e spettro f-k

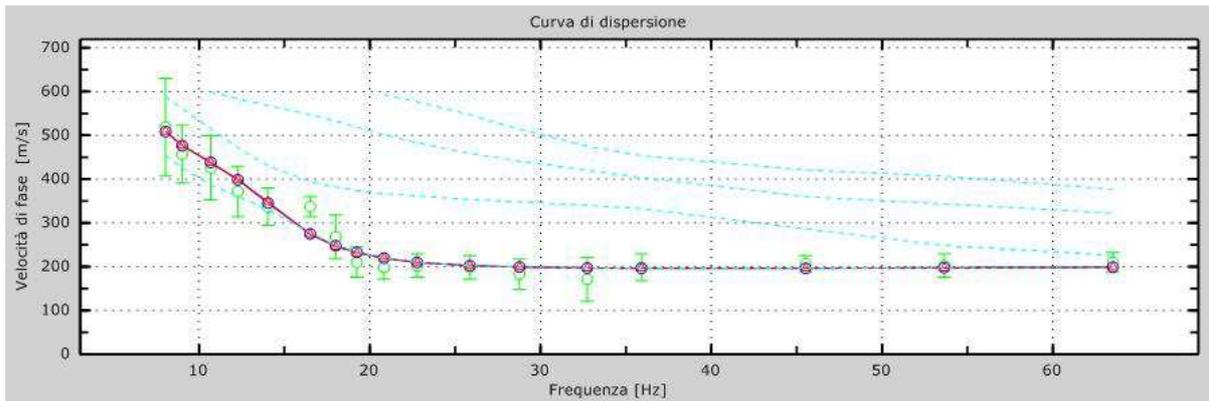


Curva sperimentale e picking

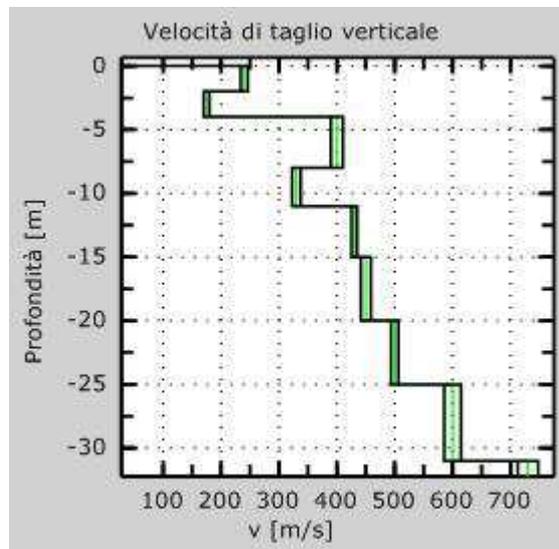


MASW PIAN2

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%). In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW PIAN2

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità Vs comprese tra circa 190 e 215 m/s a partire dal p.c. fino a circa 5 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un corpo franoso quiescente sviluppatosi principalmente a carico dei depositi morenici estesamente presenti in zona. I valori relativamente più alti della Vs, per gli strati sottostanti e la collocazione morfologica, pressoché nella parte prossima al coronamento di frana, suggeriscono l'ipotesi che i sottostanti terreni (che dal modello presentano velocità Vs di circa 375 m/s) possano essere dubitativamente attribuiti a depositi morenici (fino a circa 12 m) che ricoprono la sottostante formazione in posto (Argille variegata con calcari), caratterizzata, da modello, da valori di Vs dell'ordine di 400-590 m/s.

Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per PIAN2

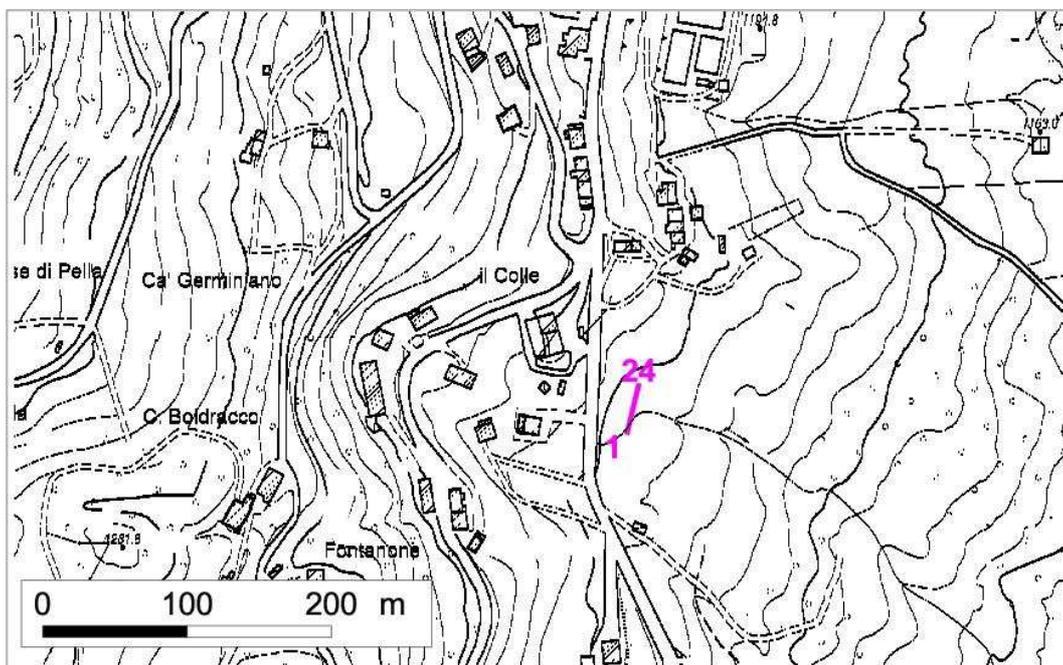
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	2	-2	1800	0,48	215	1096
	3	-5	1800	0,48	190	969
Coperture superficiali (deposito morenico?)	3	-8	1800	0,48	375	1912
	4	-12	2000	0,48	375	1912
Argille variegata con calcari (decompresse e alterate e/o fratturate)	4	-16	2100	0,48	400	2040
	5	-21	2200	0,4	420	1029
	5	-26	2300	0,4	490	1200
	6	-32	2300	0,35	590	1228

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di Vs30 pari a circa:

$$Vs_{30} = 362 \text{ m/s.}$$

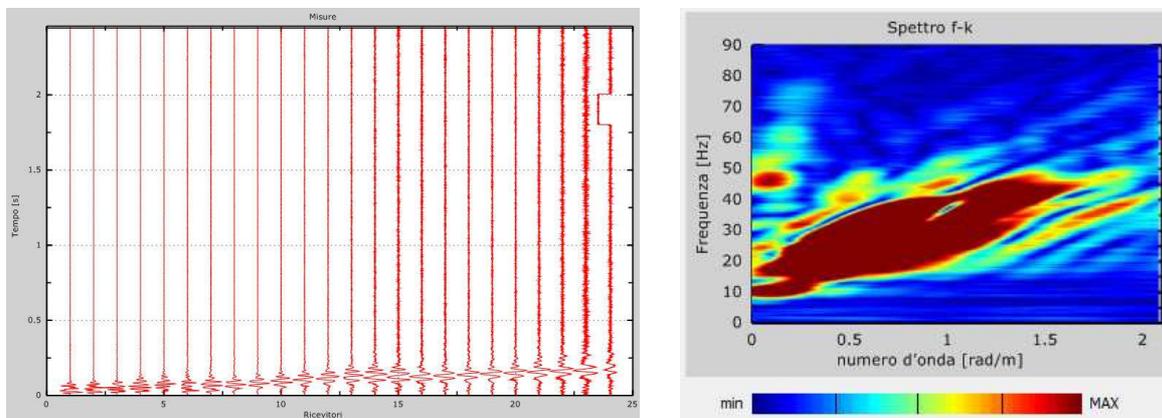
MASW PIAN3

Ubicazione

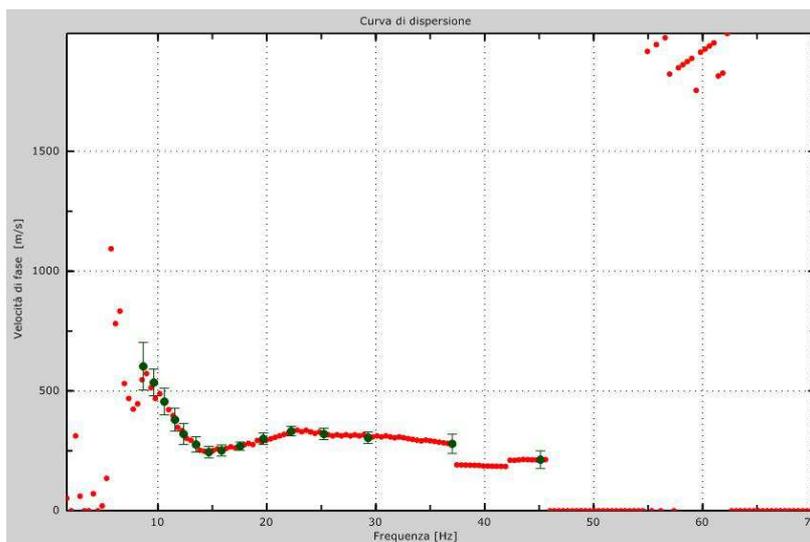


MASW PIAN3

Sismogrammi e spettro f-k

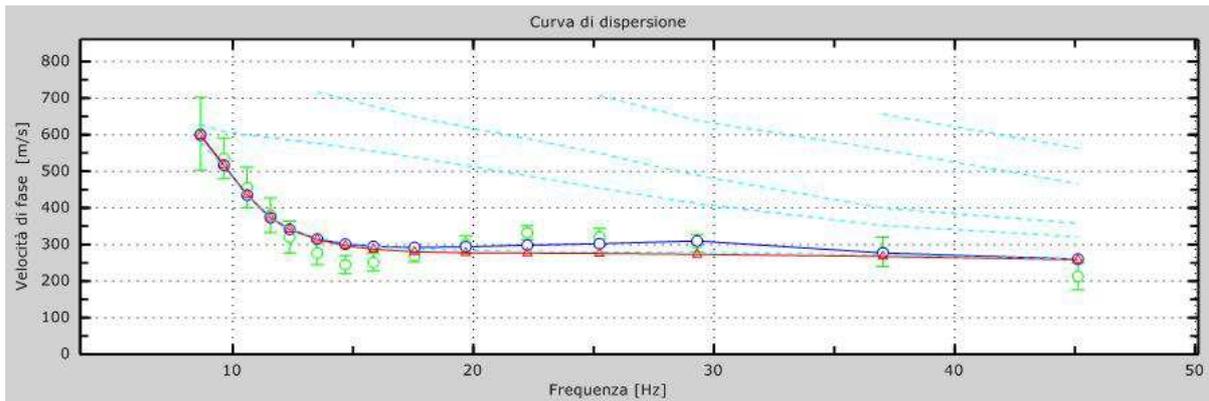


Curva sperimentale e picking

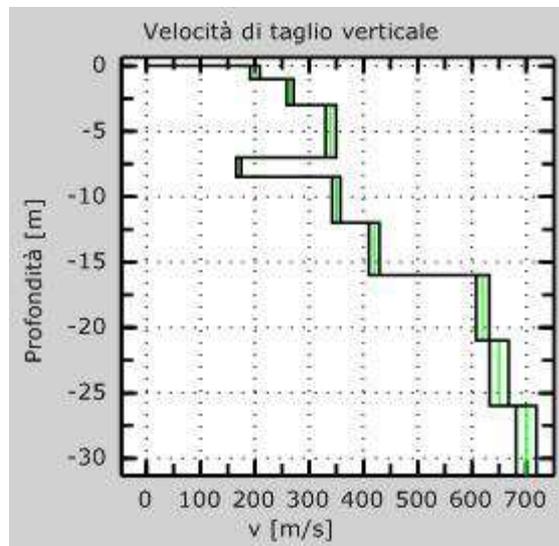


MASW PIAN3

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al modello di profilo verticale di velocità (curva effettiva in blu-discrepanza 8%, curva apparente in rosso-discrepanza 9%). In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



MASW PIAN3

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili e delle conoscenze di geologia regionale) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità V_s comprese tra circa 200 e 340 m/s a partire dal p.c. fino a circa 7 m di profondità. I dati geologici indicano che l'area in esame insiste su di un corpo franoso attivo, sviluppatosi principalmente a carico dei depositi morenici estesamente presenti in zona. I valori relativamente più bassi della V_s (170 m/s) previsti dal modello (la curva di dispersione mostra un calo della velocità di fase sui 15 Hz circa), per lo strato sottostante fanno ipotizzare possa trattarsi della base della frana, più debole perché sottoposta a taglio, che insisterebbe su terreni ascrivibili (interpretando i valori di V_s) dubitativamente ai depositi morenici o in subordine alla Formazione delle Argille variegate con calcari con base a circa 16 m da p.c. Oltre tale profondità il modello indica la presenza di rocce relativamente più veloci (V_s 620-700 m/s) interpretativamente ascrivibili alle Argilliti variegate con calcari.

Parametri descrittivi degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per PIAN3

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	V_s (m/s)	V_p (m/s)
Coperture superficiali (corpo franoso)	1	-1	1800	0,48	200	1020
	2	-3	1800	0,48	265	1351
	4	-7	1800	0,48	340	1734
Zona di taglio alla base della frana?	1,5	-8,5	2000	0,48	170	867
Depositi Morenici? Argille variegate con calcari (decompresse e alterate e/o fratturate)	3,5	-12	2100	0,48	350	1785
	4	-16	2200	0,45	420	1393
Argille variegate con calcari (fratturate)	5	-21	2300	0,4	620	1519
	5	-26	2300	0,4	650	1592
	6	-32	2300	0,4	700	1715

Considerata l'inversione di velocità evidenziata nel modello tra 7 e 8.5 m di profondità, si ritiene non significativo il valore del VS30.