



# COMUNE DI FOLIGNO

AREA LAVORI PUBBLICI  
Piazza XX Settembre, 15  
06034 Foligno (PG)

INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DELLA FRANA DI  
VILLANUOVA DI SAN GIOVANNI PROFIAMMA - FOLIGNO (PG)

CUP C61B21008960002 - R.U.P. ING. LUDOVICA CELESTI



AREA  
PROGETTO  
ASSOCIATI

PERUGIA \* Via della Gabbia 7 \* Tel 075 5731708 - Fax 075 5736689  
email: studio@areaprogetto.it

Eco Geo  
Engineering  
s.r.l



Data	GIUGNO 2023	Progetto N.	22033
Progetto	Interventi consolidamento frana di Villanuova di San Giovanni Profiamma (PG)		
Fase Progettuale	PROGETTO ESECUTIVO		
Committente	COMUNE DI FOLIGNO		
Localizzazione	Villanuova di San Giovanni Profiamma - FOLIGNO (PG)		
Coordinatore gruppo di progettazione	ING. MARCO BALDUCCI		
Progettisti	ING. MARCO BALDUCCI ING. ROBERTO REGNI ARCH. RAFFAELE ROGAIA		
Geologia	GEOL. CLAUDIO BERNETTI		

rev.	data	aggiornamento	redatto	verificato	approvato
00	Giugno 2023	Emissione	Bernetti	Balducci	Balducci

## RELAZIONE GEOLOGICA

scala

**RGEOL**

tav.

## **PREMESSA**

Su commissione e per conto dell'Amministrazione Comunale di Foligno, è stata eseguita un'indagine geologica a corredo del Secondo Stralcio del progetto di consolidamento della frana di Villanuova di San Giovanni Profiamma.

Nella notte di martedì 2 aprile 2013 in località Colle di San Giovanni Profiamma in Comune di Foligno (PG), a monte del tracciato della Strada Statale SS3 "Flaminia", nel tratto compreso tra il km 157+100 e il km 157+250, si è innescato un esteso dissesto franoso, di carattere rototraslazionale, nel versante esposto ad est ed in destra idraulica del fiume Topino.

Il fronte franoso largo circa 100 metri in corrispondenza della nicchia di distacco, ha interessato il versante sovrastante la strada per una lunghezza longitudinale calcolata lungo il pendio, di circa 230 m.

Nella parte centrale il corpo di frana risulta largo circa 130 m.

Nel movimento franoso è stato coinvolto un edificio di civile abitazione, successivamente demolito, ed è stata invasa parte della sede stradale della S.S.3 Flaminia in un tratto di circa 130 m (in un tratto di 60 m circa la metà della carreggiata è stata ricoperta dal piede della frana) con conseguente interruzione del transito in entrambe le direzioni.

L'evento franoso ha coinvolto inoltre due basamenti della linea ad alta tensione gestita da RFI che è stata tempestivamente disattivata.

A seguito dell'evento franoso sono stati avviati vari interventi di seguito sinteticamente descritti per esigenze di sintesi:

- Intervento di somma urgenza, seguita dal Comune di Foligno, comprendente la installazione di caposaldi per il monitoraggio della frana e la realizzazione di canalette di scolo per escludere il rischio per la sottostante frazione di Case Basse.
- Il monitoraggio del movimento del versante e leggera riprofilatura al piede del corpo di frana (concordati tra Regione Umbria, Comune di Foligno e ANAS in data 16/04/2013) per permettere il transito in senso unico alternato in una corsia della S.S.3 Flaminia;
- Intervento di eliminazione dei sostegni e dei piloni dell'alta tensione a cura di RFI con eliminazione di una campata presente all'interno del corpo di frana;

- L'esecuzione di una completa ed esaustiva campagna di indagini geognostiche eseguite dalla società "Geoumbria Service s.a.s." di San Terenziano (PG);
- Interventi di sostegno al piede della frana, autorizzati con Decreto del Commissario Delegato del 24 marzo 2015 n. 36 ed eseguiti da ANAS S.p.A., consistenti nella realizzazione di una gabbionata in pietra, che hanno permesso la riapertura della S.S.3 Flaminia nelle due direzioni di marcia nel dicembre 2015.

Nel corso dell'esecuzione dell'ultimo intervento sopra descritto, è stata affidata con D.D. 291/2015, la progettazione degli interventi di stabilizzazione del versante al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti SDA Progetti (mandataria), Geol. Bucci Aride, Ing. Placucci Giulia (mandanti) che con Progetto Preliminare, consegnato in data 29/09/2015, individuavano gli interventi da realizzare suddividendoli in due stralci funzionali.

Il Progetto Definitivo ed Esecutivo del Primo Stralcio veniva consegnato nel gennaio 2016 individuando sostanzialmente gli interventi di consolidamento consistenti di seguito sinteticamente descritti:

- riprofilatura del pendio nella zona di coronamento della frana;
- demolizione dell'edificio di civile abitazione coinvolto nel dissesto franoso;
- realizzazione di una paratia di pali tirantata posta al di sotto della zona di coronamento della frana, munita di canale di drenaggio superficiale;
- realizzazione di drenaggi a tergo della paratia per evitare la saturazione della porzione superficiale dei terreni e delle rocce coinvolti nel movimento franoso;
- interventi di regimazione idrica delle acque di superficie sia con realizzazione di un canale sommitale, al di sopra della corona di frana, sia con la sistemazione degli scoli laterali al corpo di frana fino al recapito dei tombini che sottopassano la S.S.3 Flaminia.

In base a quanto previsto dal Progetto Preliminare, il secondo stralcio prevede la realizzazione di una paratia con doppio ordine di tiranti al piede della frana e a monte della prevista strada complanare parallela alla S.S.3 Flaminia, oltre ad interventi di riprofilatura del versante in frana e reimpianto di ulivi.

La presente relazione quindi ha come base tutti gli studi e le indagini fino ad oggi condotte, che si ritengono esaustive per la definizione del modello geologico del versante e

ovviamente i rilievi tipografici, geologici e geomorfologici che sono stati condotti per comprendere le condizioni attuali del versante.

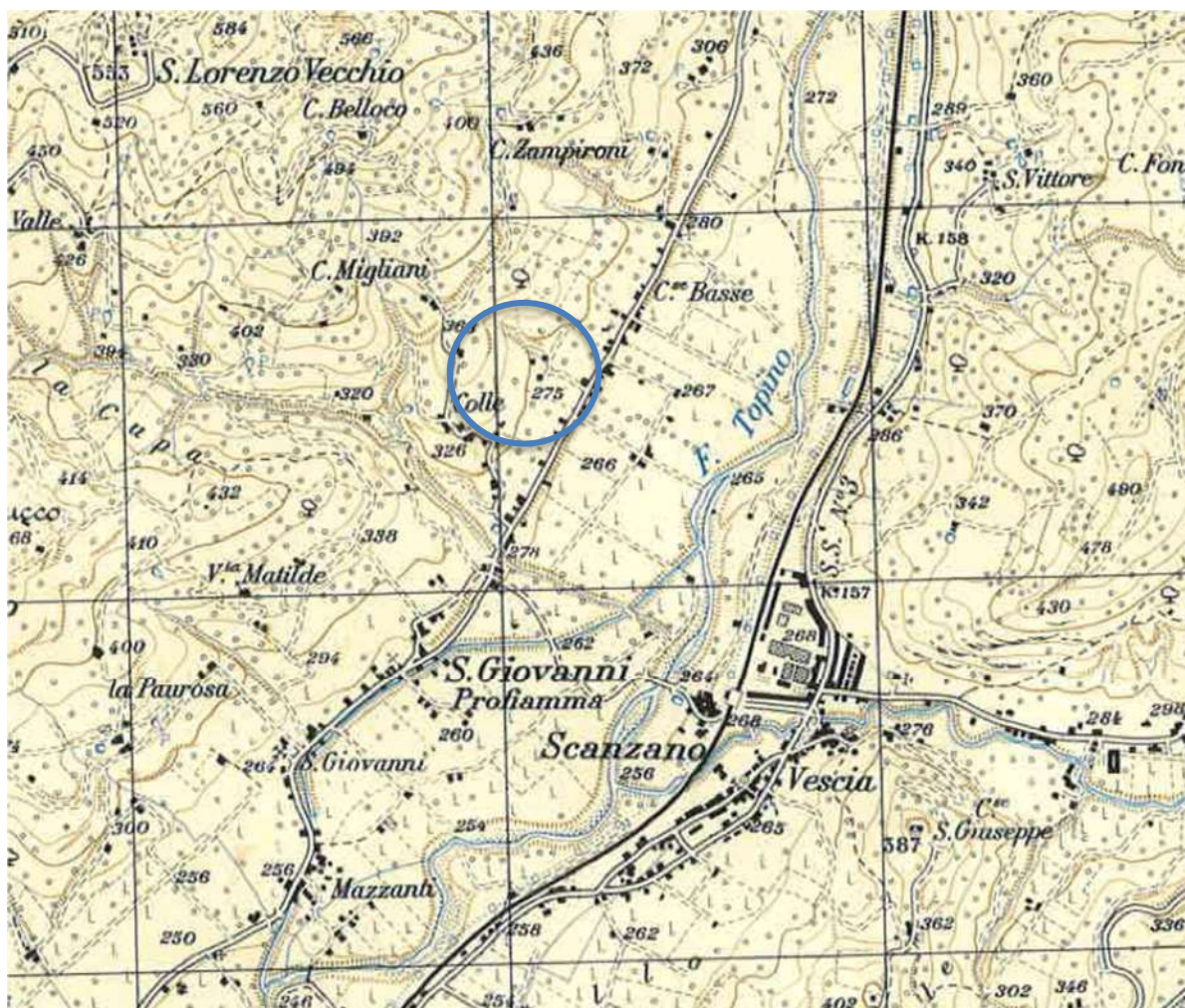
- Per il presente studio si è fatto riferimento alle norme e leggi sotto elencate:
- - Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- - Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.
- - Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- - Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile;
- - Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- - Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- - Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile;
- - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- - Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione;
- - D.M. del 14/09/05 "Norme tecniche per le costruzioni";
- - L.R. 11/2005 «Norme in materia di governo del territorio: pianificazione urbanistica comunale»;



- - Ordinanza n. 3519 del 29/04/06 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- - Decreto del Ministro delle infrastrutture 17 gennaio 2018, Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni;
- - Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 20/02/18, “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17/01/18”,

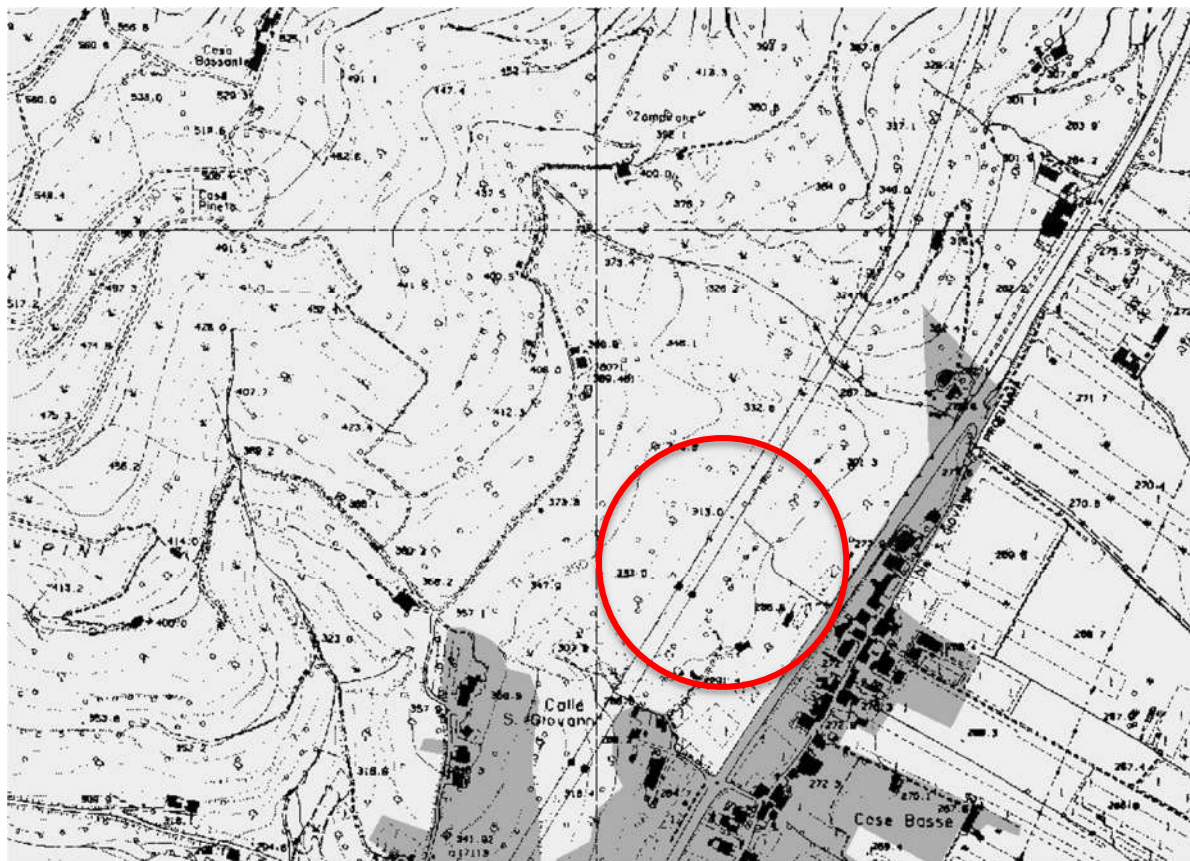
## UBICAZIONE DEL SITO

Il sito di intervento è ubicato in San Giovanni Profiamma, ed è individuabile nella tavoletta IGM alla scala 1: 25.000 Foligno I° quadrante N.O. del F° 131 della Carta d'Italia.



Stralcio Cartografia IGM

In cartografia in CTR a scala 1:10.000 è cartografata nella Sezione n°324010 FOLIGNO.



*Stralcio Sezione CTR 324010 FOLIGNO*

### **CONDIZIONI ATTUALI DEL VERSANTE**

Malgrado gli interventi del primo stralcio siano stati eseguiti, si è verificato un fenomeno franoso retrogressivo in un settore posto a monte della paratia di pali realizzata in un'area che inizialmente non aveva dato segni di instabilità.

Notizie assunte dal proprietario dei terreni fanno collocare tale evento tra dicembre 2020 e febbraio 2022.

La nuova frana non ha minimamente danneggiato la paratia e come risulta dai rilievi effettuati la stessa non ha subito alcun spostamento.

In effetti il movimento appare confinato in un'area con nicchia di distacco a monte della paratia e con il piede di rigonfiamento posto nel margine superiore della scarpata.

La forma della frana che sembra "confinata" al piede, potrebbe essere stata determinata dall'effetto di contenimento della paratia che si è mostrata efficiente.





*Situazione dell'area dopo la realizzazione della paratia di pali (ortofoto 2017)*



*Situazione dell'area anno 2022 con la corona del movimento franoso a monte della paratia e la direzione del movimento*

Dal confronto tra le due foto aeree precedenti possiamo notare che:

- Nel 2017 gli interventi sono terminati (paratia di pali e canale drenante di monte);
- Nel 2022 sono evidenti numerose lesioni che interessano anche il canale drenante di monte dislocandolo (secondo le informazioni disponibili, tali lesioni del terreno sono da collocarsi temporalmente tra dicembre 2020 e febbraio 2021);
- Si noti infine che il piede di accumulo della frana risulta con una forma anomala e anziché essere allungato nella parte centrale, risulta appiattito; si ritiene che questa forma debba essere collegata alla resistenza offerta dalla paratia di pali.

A seguito di quanto sopra espresso, si ritiene che nella progettazione del secondo stralcio alcuni interventi debbano necessariamente prevedere una sistemazione dell'area in frana a monte della paratia realizzata nel primo stralcio.

Tali interventi dovrebbero restituire un terreno dove sia possibile svolgere una regolare pratica agricola, che attualmente è impossibile praticare a causa delle irregolarità presenti, ed inoltre permettere un regolare drenaggio di superficie delle acque piovane.

Si nota infatti che il movimento franoso in atto, ha determinato la presenza di un'area depressa, per altro con molte fratture profonde fino a circa 2 m, che agevola l'infiltrazione delle acque di superficie alimentando così il fenomeno franoso.

Se il versante fosse lasciato in queste condizioni, ci sarebbe molto probabilmente un arretramento del fenomeno verso monte in un'area che attualmente non mostra segni di instabilità.

L'estensione di tale arretramento non è facilmente prevedibile ma non si può escludere che in assenza di interventi, esso possa arrivare ad interessare la strada comunale a monte dell'area.

Le risorse economiche per l'esecuzione degli interventi di sistemazione saranno reperite nell'ambito del progetto del secondo stralcio e si confida che tali interventi possano se non stabilizzare del tutto il versante sopra alla paratia di monte, almeno rallentare e controllare il fenomeno.

In rapporto di costi/benefici l'intervento più idoneo da eseguire è costituito dalla realizzazione di trincee drenanti riempite con spezzato di cava, che possano evitare la saturazione della coltre superficiale costituita da marne alterate e al contempo rinforzare il versante stesso.

## **STUDIO GEOLOGICO**

### **FINALITA' E METODOLOGIA DI STUDIO**

Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare in prospettiva sismica:

- gli aspetti idrologici e morfologici del territorio;
- le condizioni litologiche e geologiche locali;
- i parametri geotecnici delle terre in situ;
- la pericolosità sismica del sito;
- la definizione di un modello geologico del sito

Dato che l'area e la sua geologia sono ben conosciute a seguito dell'esauritiva campagna di indagini geognostiche e sismiche eseguite nel corso della progettazione preliminare e del primo stralcio, per la stesura di tale lavoro ci si è avvalsi di una lettura critica dei dati relativi alla campagna geognostica sopra citata e di un accurato rilevamento di superficie.

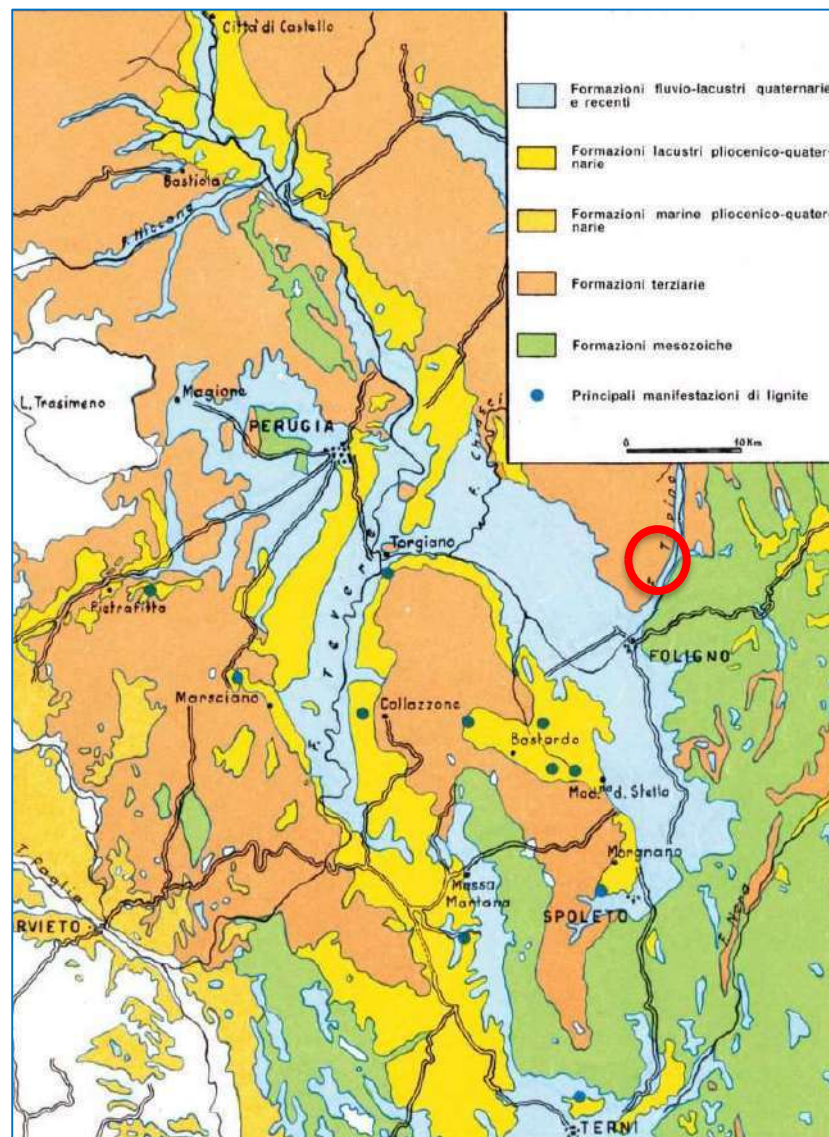
Si ritiene che i dati a disposizione siano da considerare più che sufficienti per la definizione del modello geologico del sito.

### **GEOLOGIA DI AREA VASTA**

L'area interessata dal dissesto si trova nel comune di Foligno che geologicamente è inserito nella Valle Umbra ove nel Plio-Pleistocene si trovava il lago Tiberino, il più grande e profondo lago che l'Italia centrale abbia mai ospitato nel corso della sua storia geologica, che si estendeva da Nord a Sud lungo tutta l'Umbria, da Città di Castello a Spoleto, e da Perugia fino a Terni.

Si trattava di un importante bacino endoreico originatosi per motivi orogenetici. Dai ripidi versanti degli Appennini, ruscelli e torrenti portarono acqua verso questa depressione, alimentando una rete di fiumi che scorrono lungo la valle laterali.

In particolare il sito di intervento è inserito in destra idrografica della valle del Fiume Topino che confluiva nel lago Tiberino.



*Paleogeografia del Lago Tiberino e ubicazione dell'area di studio*

Dai rilievi geomorfologici eseguiti risulta che il versante di nostro interesse è stato interessato, nel corso del quaternario, da frane di proporzioni notevoli e ben superiori a quella oggetto di intervento.

Attualmente questi movimenti che potenzialmente potrebbero interessare ampie aree del versante, risultano quiescenti e questo potrebbe essere dovuto al fatto che la valle del topino è sede di alluvioni che contrastano movimenti franosi che si sono sviluppati quando tali sedimenti non erano presenti.

Si stima infatti che le alluvioni di fondovalle presenti possano essere spesse alcune decine di metri e che quindi possano rappresentare un effettivo contrasto ai movimenti franosi dei versanti.

Nei versanti sia in destra che in sinistra idrografica del Topino, troviamo in affioramento la Formazione della Marnoso Arenacea costituita da un'alternanza di torbiditi pelitico arenacee, associabili al Membro di Galeata della successione torbiditica, con rapporto A/P molto variabile ma in generale compreso tra 1/4 e 1/8.

Alcune parti della successione, vicino al passaggio stratigrafico con la formazione dello Schlier, sono caratterizzate da spesse sequenze di siltiti grigie generalmente molto compatte.

L'età della formazione affiorante è stata studiata con campionamenti di nanofossili ed è stata collocata nel Serravalliano.

Non mancano all'interno della formazione, spessi strati di torbiditi calcaree che spesso creano evidenze morfologiche essendo più resistenti alle azioni di morfogenesi del modellato di superficie.

Si omette in questa sede di elencare tutte le altre formazioni della serie Umbro Marchigiana in quanto non interessano specificatamente l'area studiata.



## GEOMORFOLOGIA DI AREA VASTA

Per quanto attiene alla geomorfologia di area vasta si osserva che la valle del Topino si sviluppa prevalentemente all'interno della formazione miocenica della Marnoso Arenacea e le acque del fiume hanno sfruttato in particolare le strutture sinformi con il risultato che ampie porzioni di versante si trovano con strutture tettoniche caratterizzate da strati a franapoggio minore del pendio.

Si ricorda infatti che la Marnoso Arenacea è caratterizzata da interstrati marnosi e che lungo questi strati, l'angolo di attrito può raggiungere valori molto bassi sia di picco che residui.

Pertanto le condizioni morfogenetiche della valle del Topino sono senza dubbio predisponenti nei confronti dei movimenti franosi; questo si può dedurre da una semplice occhiata alla cartografia IFFI della zona che mostra la abbondanza di movimenti franosi che interessano i versanti, che hanno prevalentemente dei meccanismi di distacco rotazionali e traslativi nello stesso tempo.

Possiamo notare nello stralcio cartografico sottostante, come la frana oggetto di intervento (indicata con la freccia in rosso) sia in realtà una delle molte potenzialmente attivabili nei versanti circostanti.



Stralcio cartografia IFFI con indicata in rosso la frana oggetto di intervento



## **IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA**

Il sito in oggetto sotto il profilo idrologico e idrogeologico è inserito nel sistema idrologico territoriale "Topino-Marroggia" all'interno del sottobacino del Fiume Topino.

Tale sistema ha una superficie complessiva di circa 1.234 km<sup>2</sup>, una quota media di 552 m s.l.m. e densità di drenaggio pari a 1.42 km/km<sup>2</sup>.

Tutta la porzione orientale del bacino è occupata dalla dorsale carbonatica dei monti di Foligno e Spoleto sede di un acquifero calcareo che dà luogo a numerose emergenze sorgentizie.

Il massiccio calcareo del Monte Subasio viene separato da questa dorsale dalla fascia della Valtopina caratterizzata dall'affioramento di terreni marnoso arenacei con permeabilità bassa.

Nella parte centrale si sviluppa, da nord a sud, la più ampia valle della regione, la Valle Umbra, sede dell'omonimo acquifero alluvionale di importanza regionale.

Va segnalata la presenza nella valle umbra, di un acquifero profondo in pressione che generalmente si trova a profondità maggiori di 100 m e che viene utilizzato per scopi idropotabili.

Il fiume Topino, principale affluente del Chiascio, ha una lunghezza di quasi 50 km e una pendenza media di circa l'1%, che sale nel tratto di testata al 3%.

Ha origine dalla dorsale appenninica (M.te Pennino) nei pressi di Bagnara nel comune di Nocera Umbra, e nella parte alta del suo corso riceve le acque di corsi d'acqua a carattere perenne, che beneficiano dell'alimentazione delle sorgenti carbonatiche (fiume Menotre e torrente Caldognola).

Il tratto situato a valle del sito oggetto di interesse, riceve le acque del sistema Timia-Teverone-Marroggia caratterizzato da forte variabilità stagionale in relazione al regime pluviometrico.

Dopo lo sbocco nella Valle Umbra l'unico affluente con caratteristiche di continuità ed abbondanza nella portata rimane il Clitunno; i restanti tributari (Timia, Maroggia, Attone e Ose) assicurano invece il loro apporto solo nei periodi di maggiore piovosità.

Per quanto riguarda le acque sotterranee ci troviamo in presenza di un diffuso acquifero di fondovalle sufficientemente noto e studiato da vari autori e soggetto anche a reti di monitoraggio regionali (Progetto Prisma, ARPA ecc...).

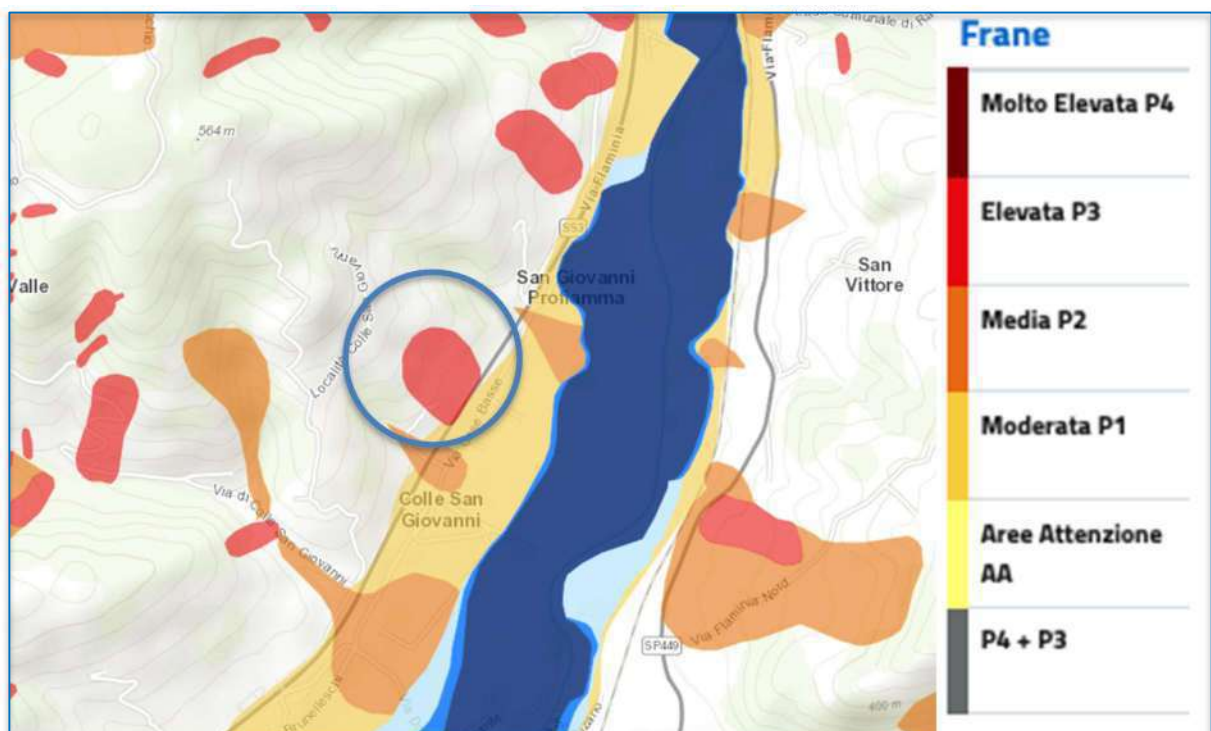
Sinteticamente l'acquifero della Valle Umbra sud è caratterizzato da una generale comunicazione tra le varie falde che si trovano concentrate nei corpi ghiaiosi a maggiore permeabilità separati tra di loro da setti lenticolari di depositi con bassa permeabilità.

Fanno eccezione alcune aree della pianura (ad esempio una ampia fascia sotto Trevi e anche tra Cannara e Bettona) dove si trovano degli acquiferi profondi in pressione che sembrano effettivamente separati dal diffuso acquifero presente in tutta la Valle Umbra.

### **GEOMORFOLOGIA IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DI AREA RISTRETTA**

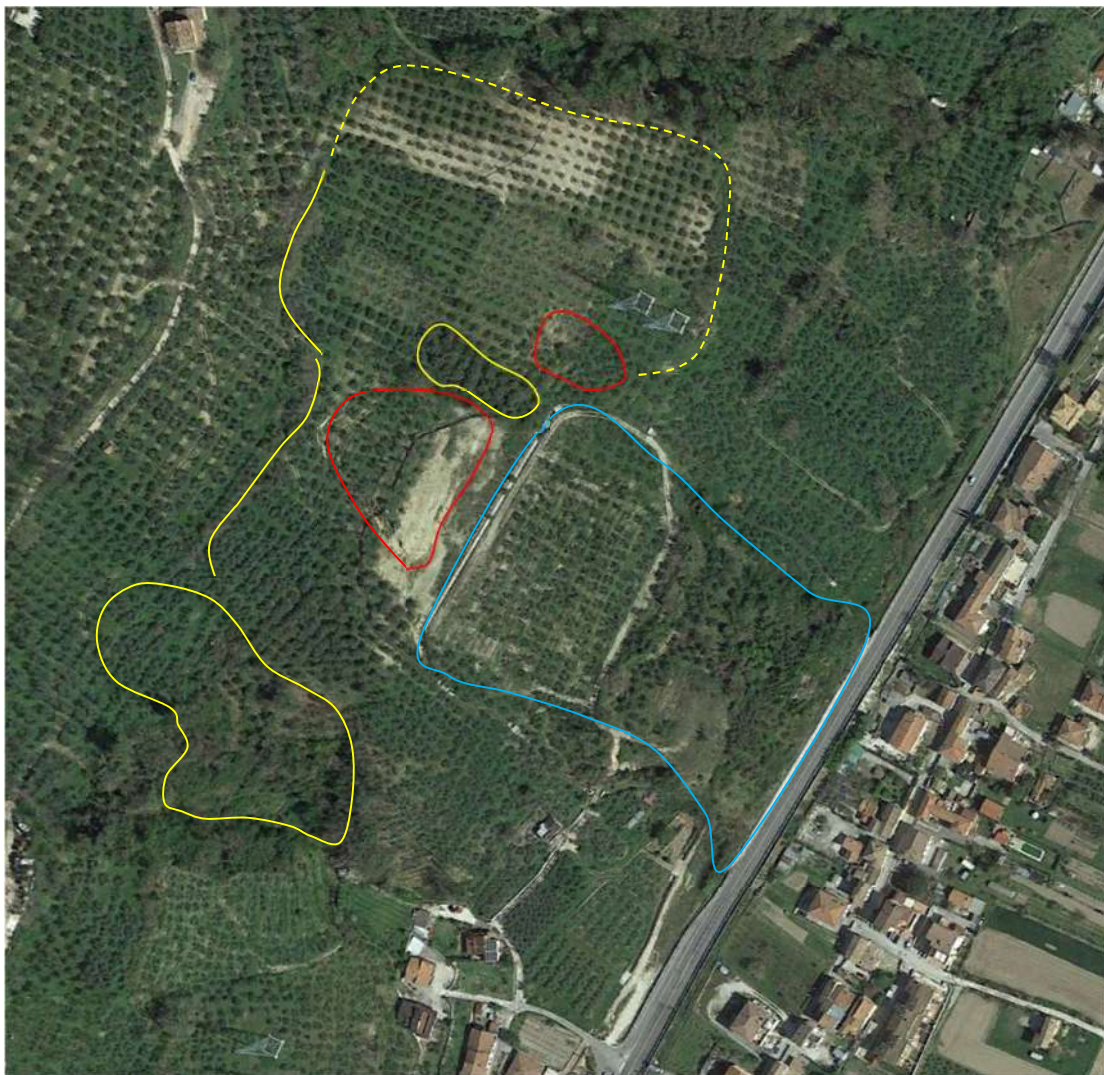
Per quanto riguarda il sito in oggetto, come già espresso, sotto il profilo geomorfologico ci troviamo in un'area che non ha raggiunto una fase di stabilità, ed è soggetta alle azioni morfogenetiche e potenzialmente a dissesti idrogeologici.

Dall'esame della cartografia IFFI si nota come nel sito sia stato segnalato il fenomeno franoso di cui ci si sta occupando.



*Stralcio cartografia IFFI*

In realtà il rilievo geomorfologico dell'area, ha evidenziato la presenza di una situazione piuttosto complessa rispetto a quella cartografata da IFFI e cartograficamente descritta nella sottostante carta geomorfologica.



*Carta Geomorfologica dell'area: marcate in giallo nicchie di paleofrana e paleofrane in condizioni di quiescenza, in celeste il corpo di frana attualmente oggetto dei lavori di consolidamento, in rosso le frane attive rilevate in sito.*

Il quadro geomorfologico generale mostra quindi un'area che è possibile classificare come molto vulnerabile e particolarmente sensibile alla regimazione delle acque di superficie e alla infiltrazione delle stesse.

Si rammenta infatti che sia le coltri eluviocolluviali presenti, sia la formazione rocciosa, che è caratterizzata da una relativa abbondanza di strati pelitici, sono molto sensibili al contenuto di acqua nel terreno.

In condizioni di saturazione le caratteristiche geotecniche di tali tipologie di terreni tendono a scadere fino a raggiungere valori di coesione nulla e angoli di attrito prossimi al valore residuo che dalla Back Analysis risulta essere compreso nell'intervallo  $15^\circ < \phi_{res} < 17^\circ$ .

A ciò si aggiunga il significativo aumento del peso del terreno saturo che contribuisce in maniera sostanziale ad innescare i fenomeni franosi.

Pertanto occorre, in tutti i modi, evitare che le acque si possano infiltrare nel terreno ove con l'accezione "in tutti i modi" si intende principalmente richiamare la realizzazione di canali di scolo ben mantenuti e la corretta pratica agronomica che in zone di questa tipologia dovrebbe prevedere il solo uso del trinciastocchi in modo da mantenere una coltre di suolo e radici erbacee che hanno la funzione di limitare i fenomeni di infiltrazione e di erosione del suolo.

Il suolo in realtà è il vero protagonista della stabilità dei terreni in aree come quella esaminata e va conservato con la massima cura, in particolare durante l'esecuzione dei lavori, anche perché è caratterizzato da uno spessore veramente esiguo dell'ordine dei 30 cm.

La parte sottostante alla coltre di suolo superficiale è occupata, in buona parte, dagli apparati radicali degli olivi che hanno un carattere fittonante che, negli esemplari adulti, raggiunge ampiamente il metro di profondità e contribuisce sostanzialmente alla stabilità del versante nel suo insieme.

Come già specificato, la frana attiva a monte della paratia realizzata nel corso del primo stralcio, ha un carattere retrogressivo e nel tempo potrebbe interessare i terreni a monte della nicchia di distacco che attualmente non presentano segnali di instabilità.

Per quanto riguarda la definizione degli interventi da eseguire nella frana attiva, si è fatto ricorso ad una consulenza agronomica avuta da parte del Dott. Agr. Appolloni Renzo, esperto di oliveti che ha consigliato di mantenere gli olivi esistenti.

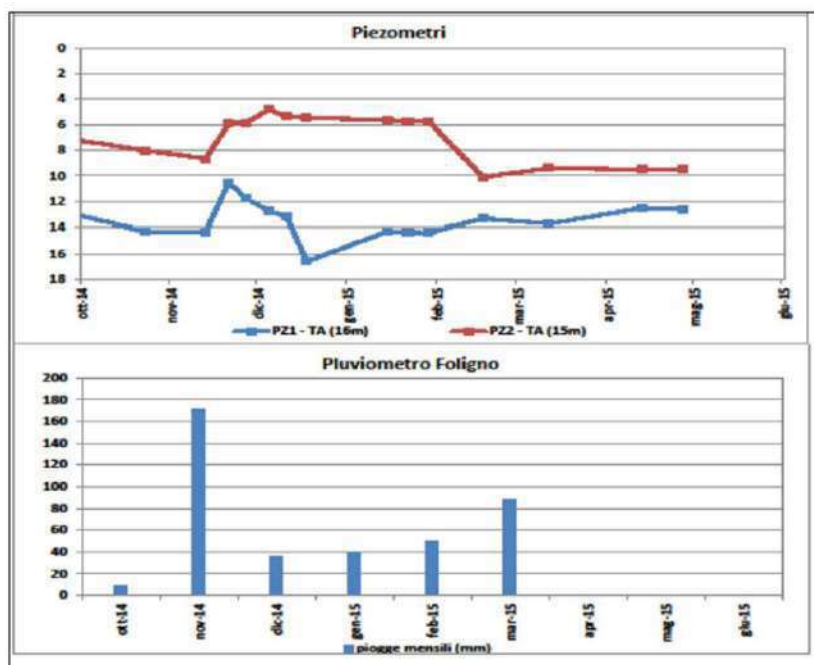
Anche sotto il profilo geologico e pedologico si ravvisa l'opportunità di intervenire sull'area mediante un rimodellamento di superficie, che coinvolga spessori limitati di terreno e che consenta la risarcitura delle lesioni che si sono formate a causa della frana per poi realizzare delle trincee drenanti della profondità di circa 3 m, riempite con spezzato di cava.

Si tenga presente che il meccanismo di rottura lungo il pendio coinvolge anche il substrato litico, costituito da marne, e tende ad agire anche lungo le superfici degli strati che rappresentano dei punti di debolezza sotto il profilo geotecnico, essendo costituiti da marne che in condizioni sature tendono a comportarsi come argille.

Sotto il profilo idraulico l'area non risulta soggetta alla possibilità di ristagni idrici e/o di allagamenti.

Per quanto riguarda il livello freatico occorre premettere che nel sottosuolo dell'area in frana, non è presente una vera e propria falda acquifera ma tuttavia si possono verificare delle condizioni di saturazione dei terreni e conseguente filtrazione, a seguito di episodi meteo significativi sotto il profilo quantitativo e temporale, ubicati sia in corrispondenza della coltre di terreni eluviocolluviali, sia all'interno degli strati arenacei e/o calcarenitici, che si ricorda sono permeabili per fratturazione.

Nonostante le ricerche sul posto non è stato possibile ritrovare i piezometri installati nella fase di svolgimento delle indagini e quindi si è fatto riferimento alle letture piezometriche eseguite che mostrano sensibili variazioni di livello connessi con il regime di pioggia.



Letture piezometriche eseguite Dic 2014 Mar 2015

Dalle letture piezometriche disponibili si evince che nel corpo centrale di frana è presente un livello piezometrico che ha quote variabili tra i 10 e i 15 m che mostra una sensibile correlazione con il regime pluviometrico.

Si noti che successivamente a piogge di intensità importante (140 mm a novembre 2014) il livello piezometrico sale in maniera repentina e significativa fino a quote di 4 m dal p.c.

Ad avviso dello scrivente tale livello piezometrico non è equiparabile ad una vera e propria falda acquifera ma piuttosto ad una circolazione idrica sub superficiale che si instaura a contatto tra i livelli litologici superficiali e la formazione rocciosa integra.

Per tale motivo si ritiene che non abbia molto senso progettare delle soluzioni per abbattere la falda come anche dimostrato dal fatto che i fori drenanti sub orizzontali a monte della paratia non mostrano segni di attività di drenaggio.

Ad avviso dello scrivente occorre preferenzialmente agire adottando tutte le soluzioni che permettono di limitare l'eccesso di infiltrazione di acqua piovana nel sottosuolo che sono essenzialmente due:

- una pratica agronomica che preveda il solo uso di trinciastocchi senza arare il terreno ed il mantenimento dello spessore di suolo e del cotico erboso che svolge una funzione di rallentare l'infiltrazione;
- una corretta regimazione delle acque piovane evitando la possibilità di ristagni come anche di erosione lungo le linee di deflusso principali.
- 

#### **DESCRIZIONE DEL DISSESTO A MONTE DELLA PARATIA**

Il fenomeno di dissesto in atto a monte della paratia si può classificare come traslazionale e debolmente rotazionale e si presenta con una forma anomala con un piede che risulta allineato e non con una consueta forma arcuata.

Questa anomalia si può giustificare con la presenza della paratia che ha di fatto impedito il movimento verso valle e costringendo la frana ad un movimento leggermente trasversale rispetto all'andamento del versante.

In effetti i vettori di dislocamento maggiori non si evidenziano nella parte alta della nicchia come di solito è lecito attendersi, ma nella parte laterale sinistra (osservando la frana



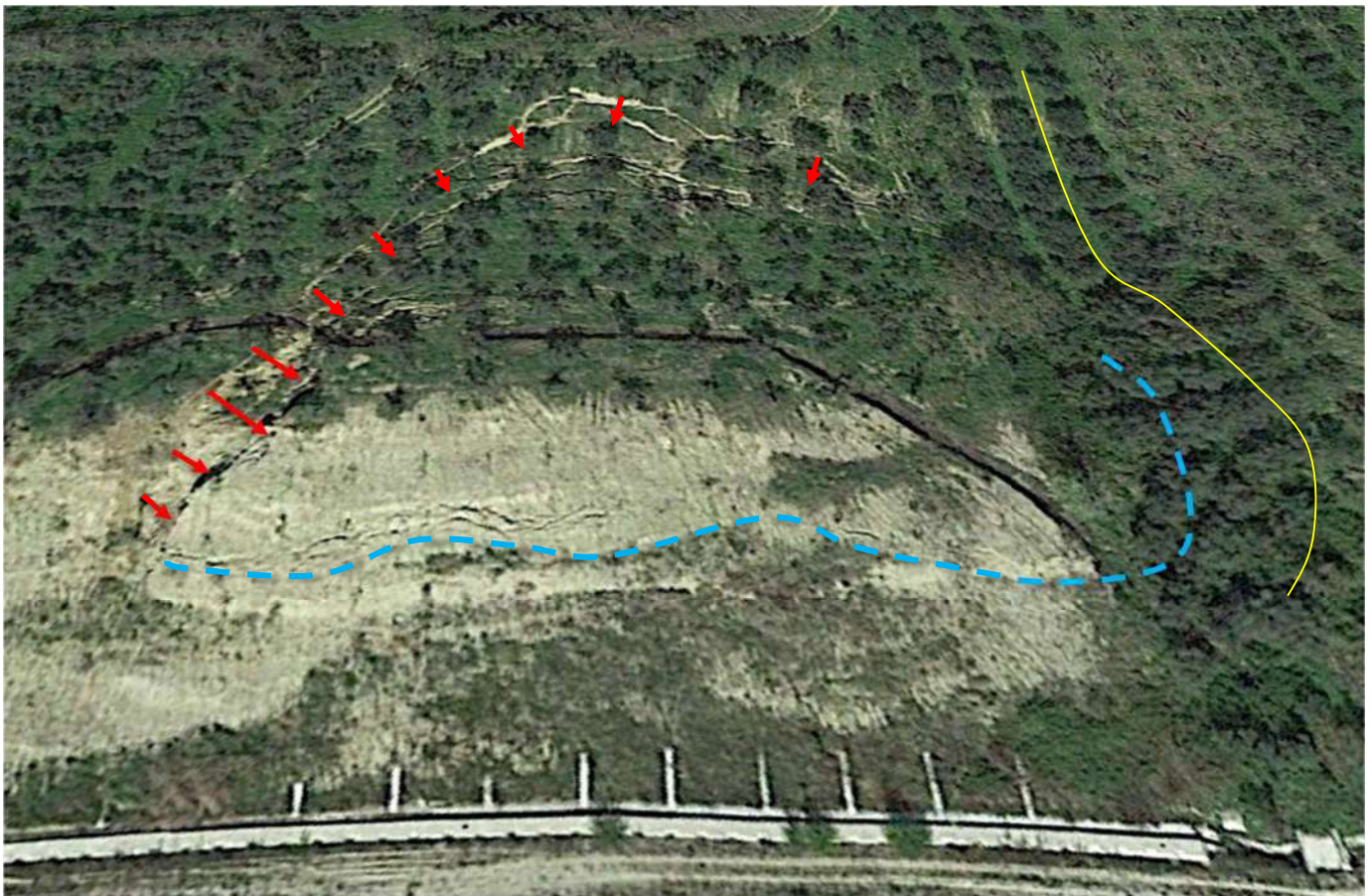
dal lato di valle), con una corrispondente deformazione, sostanzialmente un rigonfiamento, nella parte destra del versante.

Le trincee e le lesioni sul terreno hanno profondità massime di circa 3 m mentre il rigonfiamento al piede ha altezze di circa 2 m.

La dislocazione interessa sia la coltre di superficie, sia il substrato marnoso che si presenta con stratificazione sub orizzontale ed è ben visibile in corrispondenza della nicchia di distacco che ha formato una sorta di trincea.

Le lesioni sono più frequenti nella parte alta del corpo di frana ma ve ne sono alcune anche in corrispondenza dell'accumulo al piede.

Si fa notare che la porzione di valle del corpo di frana è praticamente priva di suolo e soggetta a fenomeni erosivi; gli interventi da eseguire dovranno cercare anche di porre rimedio a questo fenomeno che nel tempo può evolvere a sfavore della stabilità complessiva del versante.



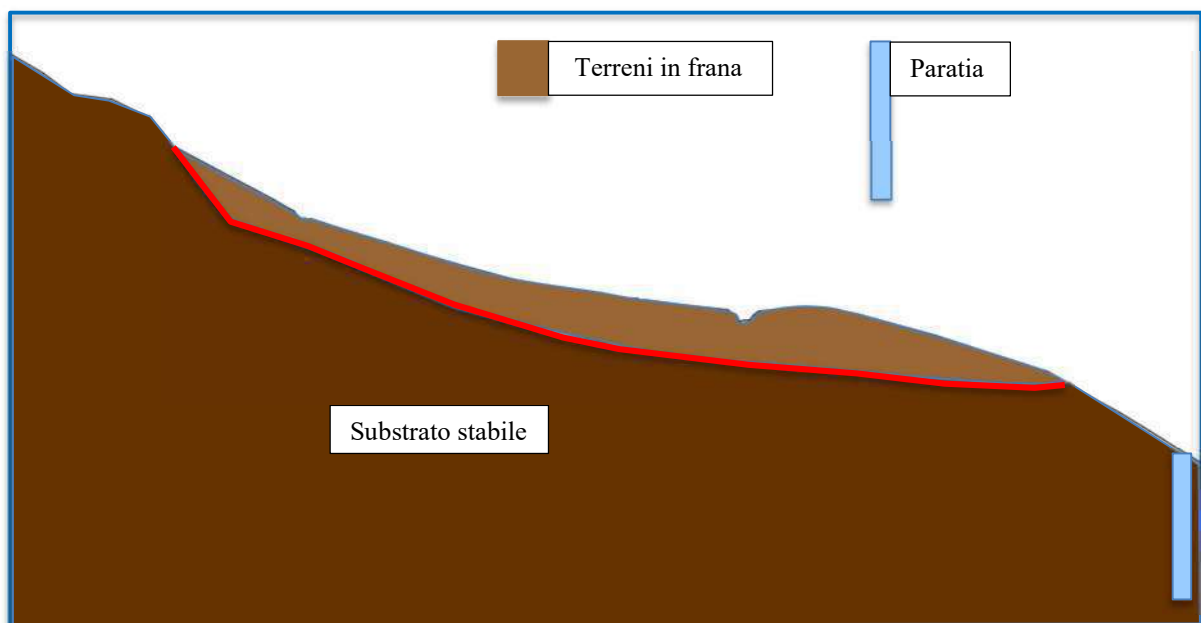
*Prospetto del dissesto con indicazione dei vettori di spostamento e del piede della frana; Si noti, tracciato in giallo, l'andamento arcuato dell'impianto olivicolo dovuto a fenomeni di lateral spread.*



*Nicchia di distacco in corrispondenza del massimo spostamento*

Si nota, circa al centro dell'area in frana, una zona depressa che forma una piccola conca, facilitando l'infiltrazione delle acque di superficie, che dovrà essere necessariamente rimodellata in modo da evitare ristagni idrici.

I rilievi effettuati mostrano che la paratia non è stata minimamente interessata dal fenomeno franoso e danno una ricostruzione della superficie di scivolamento riportata nella sezione geologica di seguito riportata.



*Sezione geologica in corrispondenza della frana a monte della paratia*



## MODELLO GEOLOGICO DEL CORPO CENTRALE DELLA FRANA

### Indagini geologiche

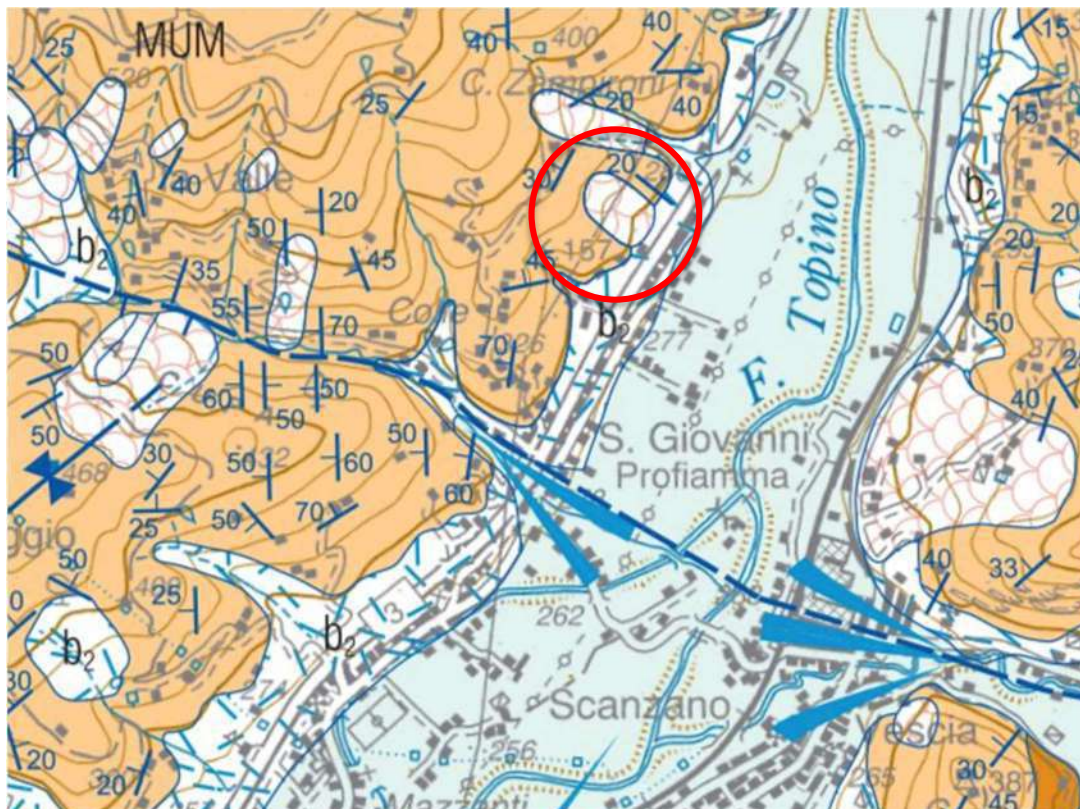
Per quanto riguarda la ricostruzione del modello geologico dell'area si è fatto ricorso alle conoscenze acquisite nella campagna indagini eseguita che consta di n°10 sondaggi geognostici spinti fino ad una profondità massima di 30 m, n°5 profili sismici a rifrazione in onde SH e 5 prove sismiche passive HVSR (vedi report allegato relativo alle indagini eseguite).



*Planimetria generale delle indagini geognostiche*

Il modello geologico risulta ben definito e distingue fondamentalmente tre livelli litologici differenti: una coltre di terreni eluvio colluviali di spessore variabile e con distribuzione non omogenea nell'area in frana, una porzione della formazione Marnoso Arenacea alterata e coinvolta nel corpo di frana e una porzione della Formazione Marnoso Arenacea stabile e non coinvolta nel movimento franoso che può essere identificata come substrato roccioso stabile.

Questi tre livelli litologici sono stati intercettati praticamente in tutti i sondaggi geognostici effettuati.



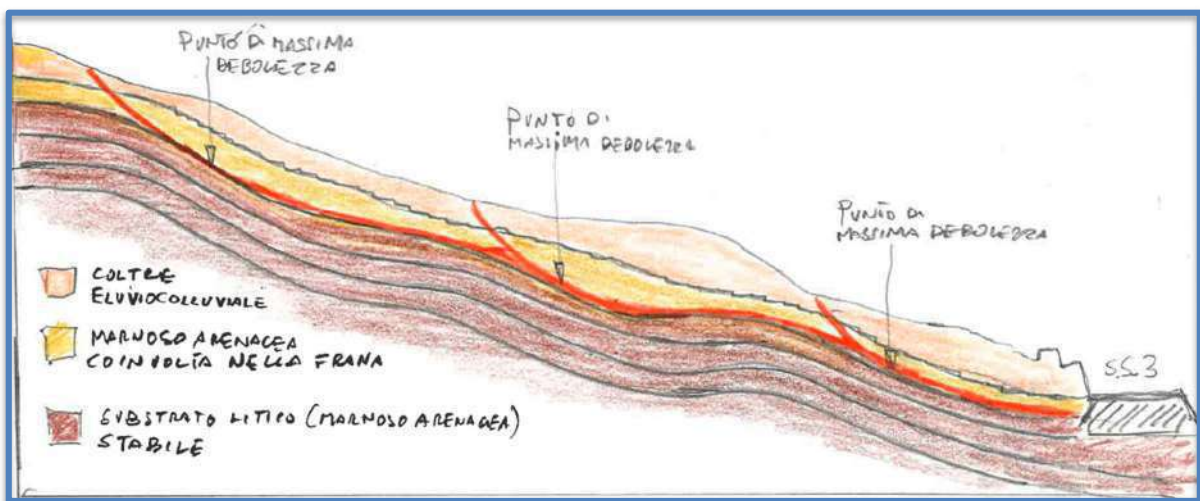
*Stralcio carta geologica*

I risultati delle indagini eseguite si ritengono attendibili e descrivono con sufficiente accuratezza il modello geologico del sito.

Premesso quanto sopra il movimento franoso oggetto della presente relazione può essere classificato secondo Cruden e Varnes, in modo prevalente come uno “Scorrimento Traslazionale”: movimento franoso che si verifica in prevalenza lungo una superficie di distacco debolmente ondulata o quasi piana, corrispondente spesso a discontinuità strutturali, come giunti di stratificazione, fratture, faglie o contatti litologici tra rocce con caratteristiche geomeccaniche molto diverse. Si tratta di movimenti con velocità variabile da lente a molto rapide, spesso legati a presenza di acque sotterranee che “lubrificano” il piano di scivolamento, al contatto tra rocce più permeabili sovrastanti e materiali poco permeabili sottostanti.

Nella nostra frana tuttavia, alcune sezioni hanno un carattere rotazionale e coinvolgono anche il substrato roccioso e quindi danno una maggiore complessità al movimento nel suo insieme.

In effetti i rilievi di campagna mostrano che il movimento potrebbe essere controllato in parte dalla giacitura degli strati della Formazione Marnoso Arenacea come illustrato nello schema di seguito riportato.



*Schema del movimento franoso*

Lungo i piani di strato con presenza di marne l'angolo di attrito può avere in effetti valori residui simili a quelli propri delle argille diciamo e questo può contribuire all'innescio del fenomeno franoso.

Tuttavia una volta innescato il movimento, non si avrà più una superficie di scollamento piana e regolare ma piuttosto un amalgama di clasti marnosi e arenacei lungo una fascia di scorrimento con conseguente aumento dell'angolo di attrito.

Per questo motivo si ritiene che molte delle frane presenti nei versanti in destra idrografica del Topino si trovano in condizioni di quiescenza.

Premesso quanto sopra, lo studio dei risultati delle indagini geognostiche eseguite, sia per quanto riguarda i sondaggi che per quanto riguarda le indagini sismiche, indica che la paratia che verrà realizzata a monte della S.S.3 intercetterà la superficie di scorrimento della frana ad una profondità variabile tra 6 e 10 m dal p.c.



Il modello utilizzato nella progettazione del primo stralcio ipotizza delle superfici di scivolamento analoghe e definisce, in back analysis, i parametri geotecnici residui relativi alla superficie di scivolamento.

Tale procedura si ritiene corretta anche perché definire dei parametri con prove di laboratorio non avrebbe molto senso in quanto ad essere coinvolti nel movimento franoso, come già detto e come anche osservabile in campagna, sono pacchi di strati marnosi e arenacei alterati e posti in giacitura favorevole allo scivolamento.

## MODELLAZIONE SISMICA

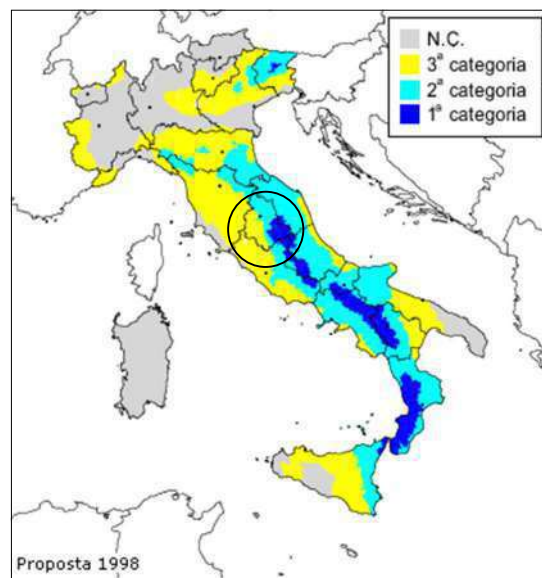
### Precedenti classificazioni sismiche

L'area di intervento, così come tutto il territorio comunale di Foligno, rientrava in la categoria sismica nei decreti e proposte di classificazione emessi precedentemente al 2003 (proposta del 1998 e classificazione del 1984). La normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996) suddivideva il territorio nazionale nelle seguenti zone sismiche:

- zona di I categoria ( $S=12$ )
- zona di II categoria ( $S=9$ )
- zona di III categoria ( $S=6$ )
- zona non classificata.

A seconda delle zone la normativa forniva un parametro  $S$  che, in base ad una formula, forniva un coefficiente da moltiplicare per il peso della struttura. Successivamente, in seguito alla zonazione sismica eseguita e riguardante l'intero territorio nazionale, il sito è stato classificato in Zona sismica 1.

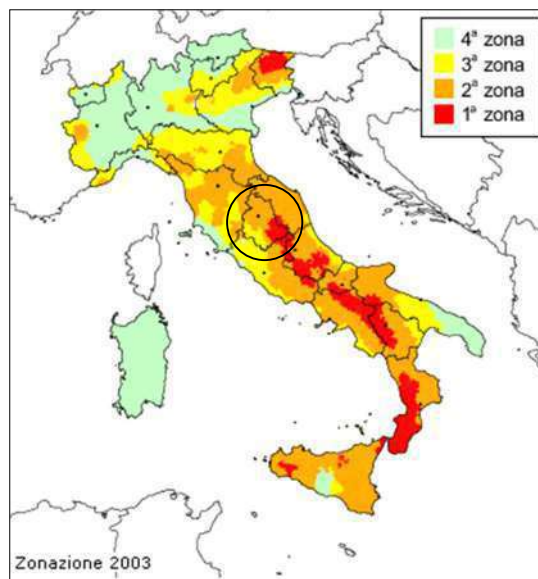
Tale classificazione del territorio nazionale deriva dall'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative



tecniche per le costruzioni in zona sismica”, pubblicata sulla G.U. n.105 del 08/05/2003, e successive modifiche e integrazioni.

Con l'ordinanza P.C.M. n. 3274, emanata in seguito al terremoto del 31/10/2002 in Molise, aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle regioni, venivano delegati gli enti locali a effettuare la classificazione sismica di ogni singolo comune, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a edifici e persone a seguito di un eventuale terremoto.

Secondo il provvedimento del 2003, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, di seguito riportate, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base alla PGA (Peak Ground Acceleration, cioè il picco di accelerazione al suolo) e per frequenza e intensità degli eventi; inoltre la classificazione dei comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi territoriali dalla regione di appartenenza o per variazioni statistiche significative nel lungo periodo:



- Zona 1: sismicità alta (PGA oltre 0,25g), comprende 708 comuni.
- Zona 2: sismicità medio-alta (PGA fra 0,15 e 0,25 g), comprende 2.345 comuni (in Toscana alcuni comuni sono classificati in Zona 3S, sismicità media, che prevede obbligo di calcolo dell'azione sismica identica alla Zona 2).
- Zona 3: sismicità medio-bassa (PGA fra 0,05 e 0,15 g), comprende 1.560 comuni.
- Zona 4: sismicità bassa (PGA inferiore a 0,05 g), comprende 3.488 comuni.

Tra queste, la Zona 1 è quella di pericolosità più elevata, potendosi verificare eventi molto forti, anche di tipo catastrofico.

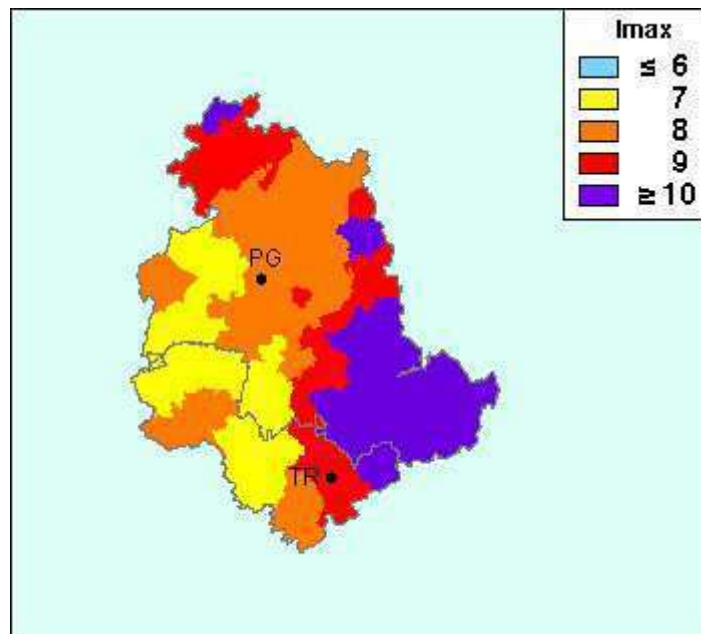
A rischio risulta anche la Zona 2 dove gli eventi sismici, seppur di minore intensità, possono creare ingenti danni. La Zona 3 è caratterizzata da una bassa sismicità, che però in particolari contesti geologici può vedere amplificati i propri effetti. Infine, la Zona 4 è quella che nell'intero territorio nazionale presenta il minor rischio sismico, essendo possibili scosse lievi e sporadiche, con bassa possibilità di arrecare danni.

### Sismicità storica del territorio comunale di Foligno

Il territorio di Foligno risente delle dinamiche orogenetiche legate alla formazione dell'Appennino centro-settentrionale. Dall'analisi della "Mappa delle massime intensità macroscopiche osservate nella provincia di Perugia", si rileva che il comune è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari  $I_{max} \geq 10$  (vedi planimetria seguente - INGV e GNDT).

Il territorio è stato interessato nel tempo da numerosi eventi sismici di rilevante intensità, presumibilmente legati all'orogenesi appenninica.

Di seguito è riportato un elenco dei più importanti terremoti storici avvertiti nel territorio del comune di Foligno e di comuni limitrofi (INGV e GNDT progetto DBMI11).







































## Database Macrosismico Italiano versione DBMI15

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	<a href="#">🔗</a>	1279	04	30	18		Appennino umbro-marchigiano	17	9	6.20
F	<a href="#">🔗</a>	1328	12	01			Valnerina	13	10	6.49
5-6	<a href="#">🔗</a>	1477	01	30	16		Valle Umbra	1	5-6	4.40
7-8	<a href="#">🔗</a>	1477	02	03	01		Valle Umbra	3	6-7	4.86
3-4	<a href="#">🔗</a>	1672	04	14	15	45	Riminese	92	8	5.59
6-7	<a href="#">🔗</a>	1690	01	26			Valle Umbra	3	6	4.63
5-6	<a href="#">🔗</a>	1690	02	03	02	30	Valle Umbra	1	5-6	4.40
5	<a href="#">🔗</a>	1702	11	14			Valnerina	2	5-6	4.40
7	<a href="#">🔗</a>	1703	01	14	18		Valnerina	197	11	6.92
7	<a href="#">🔗</a>	1703	01	16	13	30	Appennino laziale-abruzzese	22		
5	<a href="#">🔗</a>	1719	06	27	06	30	Valnerina	16	8	5.59
4-5	<a href="#">🔗</a>	1730	05	12	05		Valnerina	115	9	6.04
6	<a href="#">🔗</a>	1741	04	24	09	20	Fabrianese	135	9	6.17
5	<a href="#">🔗</a>	1745	03				Valle Umbra	2	7	5.10
5	<a href="#">🔗</a>	1751	06	11			Ternano	8	7	5.12
6-7	<a href="#">🔗</a>	1751	07	27	01		Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
4-5	<a href="#">🔗</a>	1752	07	13	21	40	Appennino umbro-marchigiano	11	5	4.61
6	<a href="#">🔗</a>	1766	12	24	12	24	Valnerina	2	6	4.63
4-5	<a href="#">🔗</a>	1781	06	03			Cagliese	157	10	6.51
F	<a href="#">🔗</a>	1785	05	03	02	30	Appennino umbro-marchigiano	11	7	5.10
7	<a href="#">🔗</a>	1791	10	11	13	05	Appennino umbro-marchigiano	54	8	5.57
F	<a href="#">🔗</a>	1792	07	20			Ternano	9	6-7	5.06
3	<a href="#">🔗</a>	1795	06	19	23	30	Maceratese	17	6	4.70
7	<a href="#">🔗</a>	1799	09	09	10	30	Foligno	1	7	5.10
5	<a href="#">🔗</a>	1804	07	28	23		Valle Umbra	7	6-7	4.95
F	<a href="#">🔗</a>	1805	07	26	21		Molise	220	10	6.68
4	<a href="#">🔗</a>	1828	04	11	22	25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4.93
8	<a href="#">🔗</a>	1832	01	13	13		Valle Umbra	101	10	6.43
5-6	<a href="#">🔗</a>	1832	10	31			Foligno	1	5-6	4.40
6	<a href="#">🔗</a>	1838	02	14	07	30	Valnerina	24	8	5.48
3	<a href="#">🔗</a>	1842	01	23			San Severino Marche	10	4-5	4.41
5-6	<a href="#">🔗</a>	1854	01	17	09		Narni	6	5-6	4.71
6	<a href="#">🔗</a>	1854	02	12	05		Valle Umbra	21	8	5.57

6	<a href="#">🔗</a>	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
F	<a href="#">🔗</a>	1876 05 22 00 30	Spoletto	14	5-6	4.57
6	<a href="#">🔗</a>	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	34	8	5.46
5	<a href="#">🔗</a>	1881 03 11 22 50	Valle Umbra	15	5	4.51
F	<a href="#">🔗</a>	1882 05 26 04 15	Cascia	16	5	4.45
3	<a href="#">🔗</a>	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4.55
NF	<a href="#">🔗</a>	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8	5.50
4-5	<a href="#">🔗</a>	1895 05 20 15 32 5	Valle Umbra	27	5-6	4.49
4	<a href="#">🔗</a>	1895 08 25 00 17 1	Sellano	13	5	4.25
3-4	<a href="#">🔗</a>	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	19	6	4.68
5	<a href="#">🔗</a>	1897 09 12 00 55	Valle Umbra	12	5	4.19
4-5	<a href="#">🔗</a>	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
5	<a href="#">🔗</a>	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5.50
5	<a href="#">🔗</a>	1898 08 25 16 37 4	Valnerina	67	7	5.03
5	<a href="#">🔗</a>	1898 09 12 14 14 1	Valnerina	16	8	5.48
5	<a href="#">🔗</a>	1904 06 20 01 24	Assisi	24	5	4.10
5	<a href="#">🔗</a>	1904 09 24 09 30	Valle Umbra	15	5	4.24
3-4	<a href="#">🔗</a>	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	42	5	4.24
NF	<a href="#">🔗</a>	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4.75
NF	<a href="#">🔗</a>	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	<a href="#">🔗</a>	1910 12 26 16 30	Monti della Laga	50	5-6	4.56
4	<a href="#">🔗</a>	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
4-5	<a href="#">🔗</a>	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
4	<a href="#">🔗</a>	1915 03 15 11 23	Alta Valle del Chienti	24	7	4.97
4	<a href="#">🔗</a>	1915 03 26 23 37	Perugino	40	6	4.55
3	<a href="#">🔗</a>	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
4	<a href="#">🔗</a>	1917 04 26 09 35 5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
3-4	<a href="#">🔗</a>	1917 05 12 15 34 3	Ternano	34	7-8	5.03
3	<a href="#">🔗</a>	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	44	5-6	4.68
5	<a href="#">🔗</a>	1917 07 19 00 55	Valle Umbra	3	4	3.70
4	<a href="#">🔗</a>	1918 04 14 01 56	Monti Martani	21	6	4.48
3	<a href="#">🔗</a>	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
NF	<a href="#">🔗</a>	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5.36
NF	<a href="#">🔗</a>	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
4	<a href="#">🔗</a>	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4.73
F	<a href="#">🔗</a>	1924 01 02 08 55 1	Senigallia	76	7-8	5.48



4		1927 08 16 00 53	Valnerina	17	6	4.57
5		1929 05 07 17 06	Valle Umbra	4	5	4.16
4		1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3		1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9	5.90
6		1935 06 06 11 05	Valle Umbra	4	5	4.16
6		1936 04 05 18 10	Valle Umbra	3	5	4.16
3		1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76
4		1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4		1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7	4.94
3		1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8	5.42
4		1949 03 28 21 34 2	Valnerina	2	4	3.70
5		1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
5		1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
5		1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25
NF		1958 05 08 00 13 2	Valnerina	17	5	4.25
5		1960 02 06 12 00 3	Valle Umbra	11	5	4.18
4		1960 03 16 01 52 4	Monti della Laga	81	5	4.44
4		1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7	5.02
F		1964 08 02 10 40	Valnerina	25	6	4.53
5		1965 05 29 13 39 4	Valle Umbra	16	6-7	4.32
5		1965 05 31 09 22 1	Valle Umbra	9	5-6	4.48
2		1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4.70
4		1969 09 26 23 40 3	Teramano	97	5	4.39
4		1970 09 07 14 02 2	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
4		1971 02 11 18 49 2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
4-5		1971 02 12 04 54 5	Valle del Chiascio	47	7	4.89
5		1971 04 02 01 43 5	Valnerina	68	6	4.50
F		1974 01 05 07 33 2	Valle del Chiascio	15	7-8	5.28
5		1978 07 30 05 19 2	Ternano	25	7	4.32
4-5		1978 12 05 04 45	Nocera Umbra	4	4-5	4.22
F		1979 01 25 23 53 0	Valnerina	8	5	4.44
6		1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
5		1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97
3-4		1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
4		1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4		1982 10 17 04 54 3	Perugino	16	6	4.42

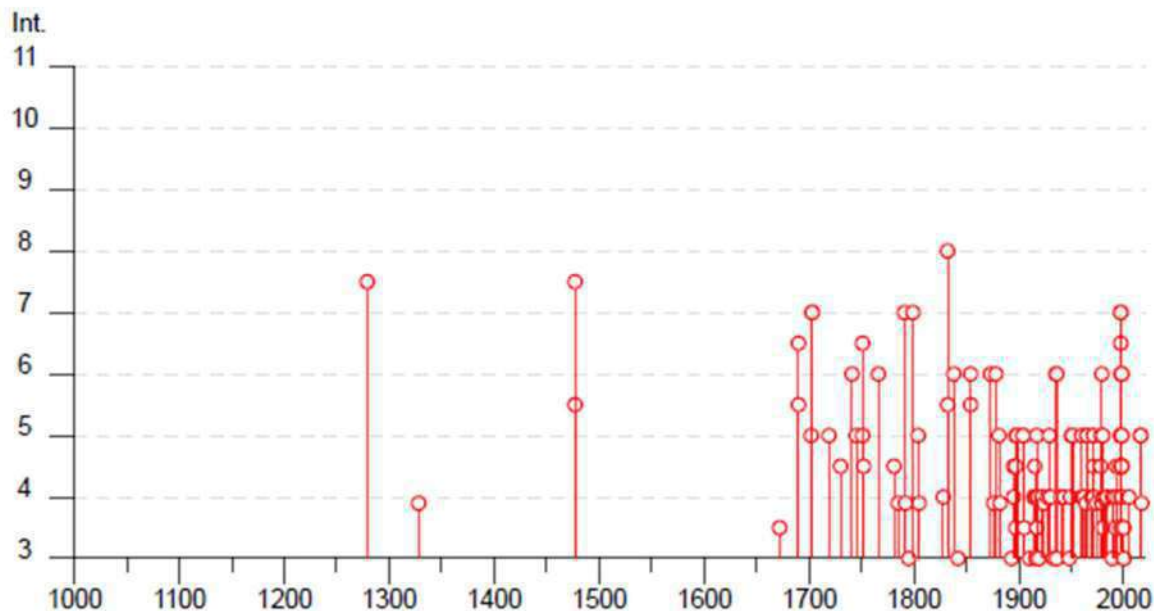
4	<a href="#">🔗</a>	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2-3	<a href="#">🔗</a>	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	<a href="#">🔗</a>	1989 11 19 03 40 2	Valnerina	38	5	4.13
4	<a href="#">🔗</a>	1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	114	5	4.44
4	<a href="#">🔗</a>	1990 09 12 02 59 4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
3-4	<a href="#">🔗</a>	1992 02 18 09 20 2	Valle Umbra	13	5	3.48
4	<a href="#">🔗</a>	1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	90	5-6	4.39
4-5	<a href="#">🔗</a>	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
NF	<a href="#">🔗</a>	1997 07 15 08 51 1	Appennino umbro-marchigiano	22	4-5	3.34
3-4	<a href="#">🔗</a>	1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
4-5	<a href="#">🔗</a>	1997 09 07 23 28 0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
3-4	<a href="#">🔗</a>	1997 09 09 16 54 4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
4	<a href="#">🔗</a>	1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6-7	<a href="#">🔗</a>	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
7	<a href="#">🔗</a>	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	<a href="#">🔗</a>	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
7	<a href="#">🔗</a>	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
6	<a href="#">🔗</a>	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
5	<a href="#">🔗</a>	1997 10 23 08 58 4	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
4-5	<a href="#">🔗</a>	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180		4.87
5	<a href="#">🔗</a>	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
4	<a href="#">🔗</a>	1998 02 16 13 45 1	Valnerina	33		3.75
6	<a href="#">🔗</a>	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
6	<a href="#">🔗</a>	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4-5	<a href="#">🔗</a>	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4-5	<a href="#">🔗</a>	1998 06 01 13 57 1	Appennino umbro-marchigiano	23		4.02
4-5	<a href="#">🔗</a>	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
5	<a href="#">🔗</a>	1998 08 11 05 22 5	Appennino umbro-marchigiano	24		3.26
3-4	<a href="#">🔗</a>	1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
3	<a href="#">🔗</a>	2000 06 22 12 16 3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
3-4	<a href="#">🔗</a>	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
3	<a href="#">🔗</a>	2000 12 16 07 31 0	Ternano	129	5-6	4.29
4	<a href="#">🔗</a>	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
NF	<a href="#">🔗</a>	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21
5	<a href="#">🔗</a>	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
5	<a href="#">🔗</a>	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61
F	<a href="#">🔗</a>	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280		5.70

**NMDP)** – Numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto;

**Io)** - Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg;

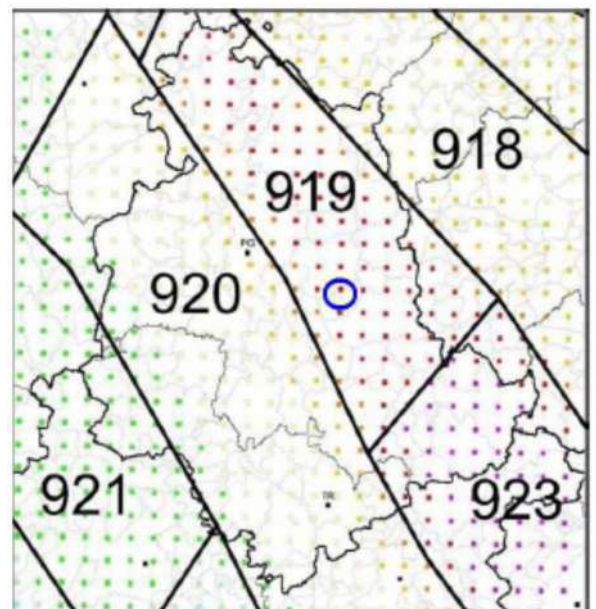
**Mw)** – Magnitudo momento

Si riporta di seguito istogramma con i principali eventi sismici in funzione della intensità e della cronologia temporale.



In base allo studio Zonazione Sismogenetica ZS9 del Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza n.3274/03 INGV) l'area ricade nella zona sismogenetica ZS919 (Appennino Umbro), come si evince dallo schema accanto.

Ai fini della valutazione della magnitudo  $M_w$  attesa si assume il valore relativo alla Zona Sismogenetica ZS919 con  $M_w=6,37$  (vedi tabella seguente).



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DIS52 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37

La Zona Sismogenetica ZS919 racchiude faglie e sistemi di faglie legati all'estensione dell'Appennino ed è caratterizzata da:

- Profondità efficace dei terremoti = 8-12 Km;
- Meccanismo di fagliazione prevalente = Faglia Normale (NF) in regime distensivo.

### **Classificazione sismica del Comune di Foligno**

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il Comune di Foligno è stato classificato, Zona sismica 1, tale ordinanza è stata recepita dalla Regione Umbria con D.G.R. n.852/03 come modificata dalla D.G.R n.1111/12. L'O.P.C.M. del 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", mostra che il valore di pericolosità sismica del territorio preso in esame è compreso tra 0,249 g e 0,253 g.

Il valore medio per il sito di progetto è stato assunto, a favore della sicurezza, pari a 0,253 g, espresso in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_g$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per un tempo di ritorno di 475 anni.

### **Caratterizzazione dei terreni ai fini sismici**

Il modello sismico di riferimento descritto è stato validato e supportato da indagini proporzionate all'importanza dell'opera.

Nello specifico si rammenta che sono state indagate la porzione di corona della frana con due stendimenti sismici, la porzione centrale del corpo di frana con uno stendimento sismico e la porzione di piede con due stendimenti sismici; ogni stendimento sismico è stato integrato con delle indagini sismiche passive.

Si tiene a puntualizzare che nella definizione della profondità della superficie di scorrimento le indagini sismiche hanno giocato un ruolo importante probabilmente superiore alla analisi delle stratigrafie dei sondaggi.

Premesso quanto nell'ultimo D.M. 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni", in riferimento alle azioni sismiche di progetto, i terreni di fondazione sono suddivisi in cinque categorie principali (A, B, C, D ed E), che sono individuate dai valori:

-della velocità media delle onde di taglio fino al substrato sismico del sottosuolo ( $V_{Seq}$ );

-della resistenza penetrometrica (NSPT);

-della coesione non drenata (Cu).

Per  $V_{Seq}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati entro la profondità H calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Si tenga presente che sia i sondaggi che le osservazioni di campagna evidenziano che il sito è caratterizzato dalla presenza, anche a profondità relativamente modeste, di substrato roccioso (non substrato sismico) alterato ma pur sempre con velocità  $V_s > 350$  m/s caratteristiche di rocce tenere o alterate che nella fattispecie sono state coinvolte nel movimento franoso.

Le cinque categorie di profilo stratigrafico sono così definite:

Categoria	Tab.3.2.II – categorie di sottosuolo
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione della formazione in posto, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</b>
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categoria C o D con profondità del substrato per spessore non superiore a 30 m,



Nel caso in esame, i terreni presenti nel sottosuolo rientrano nella categoria “B”, in funzione dei risultati dell’esaustiva campagna di indagini sismiche eseguita e riportata in allegato.

Secondo la citata Ordinanza, per il calcolo dei valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro, in assenza di indagini di risposta sismica locale, si potranno assumere per le componenti orizzontali del moto e per le suddette categorie di suolo di fondazione (da A ad E), i valori di  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  ed  $S$  riportati di seguito.

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

*Schema dei Parametri di risposta dello spettro elastico delle componenti orizzontali*

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05	0,15	1,0

*Schema dei Parametri di risposta dello spettro elastico della componente verticale*

Poiché le condizioni geomorfologiche locali possono causare una amplificazione degli effetti dell’onda sismica è stata verificata la sussistenza delle condizioni predisponenti, in particolare è stata verificata l’assenza:

- di coltri detritiche su versante con substrato roccioso;
- di pendii instabili se sollecitati da onde sismiche;
- di terreni soggetti a liquefazione;
- di situazioni morfologiche tali da costituire motivo di amplificazione sismica.

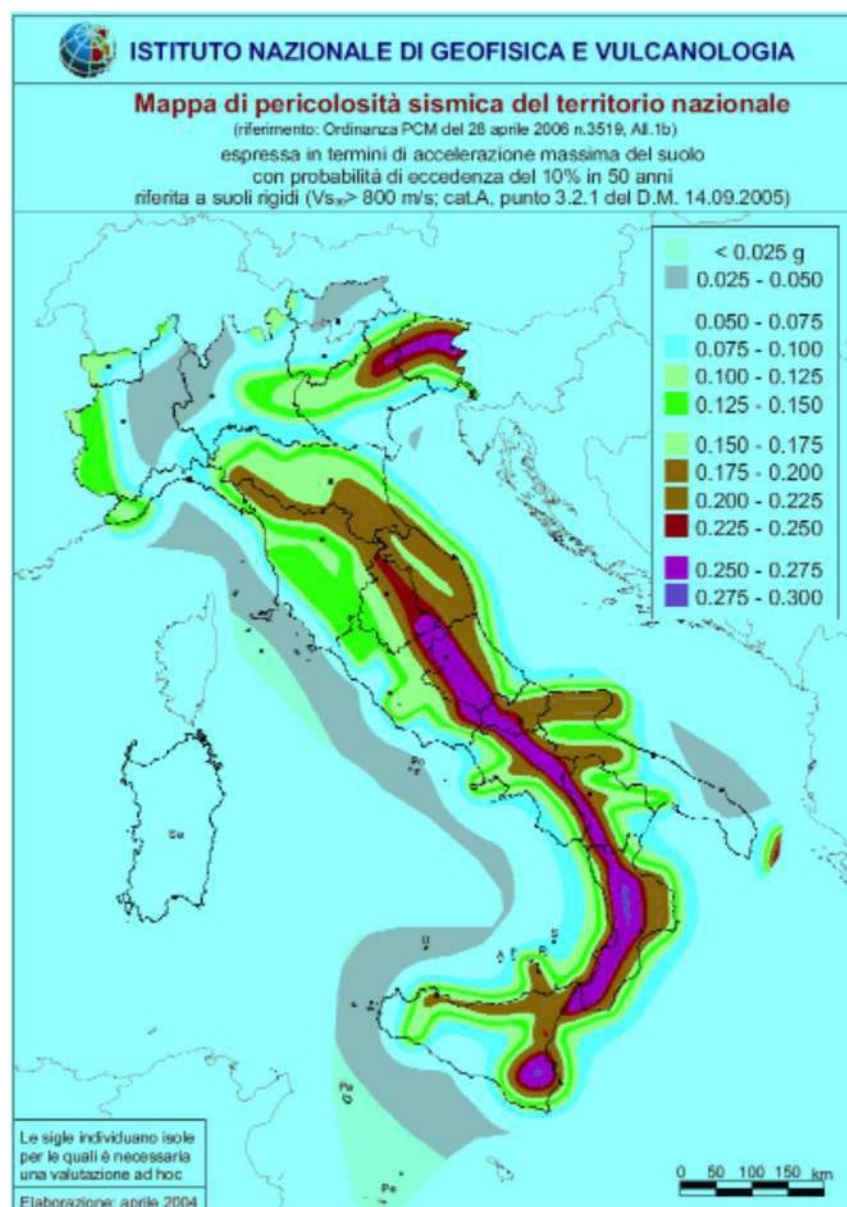
Un ulteriore parametro da considerare è dato dalle condizioni topografiche, infatti per condizioni complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristica della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $>15^\circ$

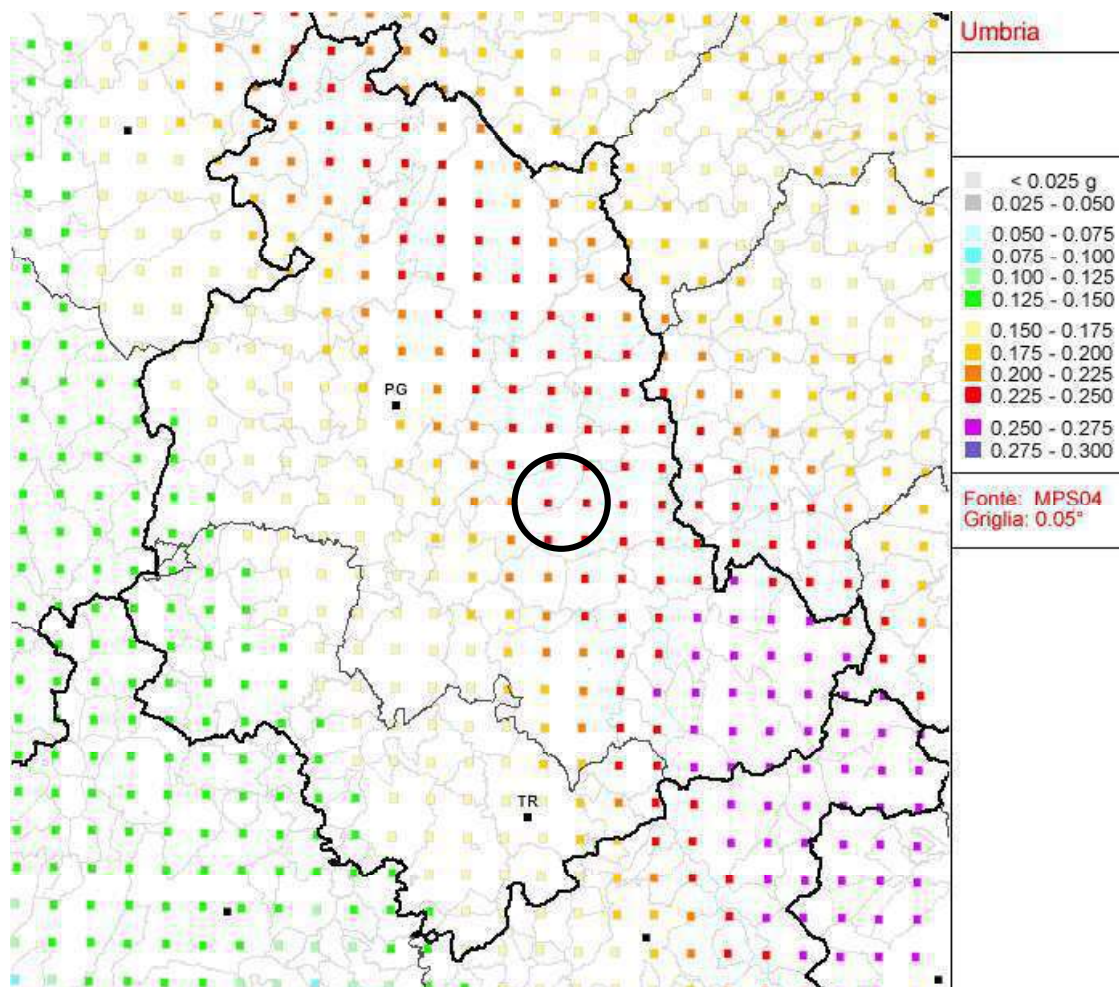
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Nel nostro caso il versante in frana è caratterizzato da tratti di “rottura” del pendio con pendenze considerevoli e tratti con minore inclinazione ma complessivamente l’inviluppo della superficie fornisce una inclinazione di  $16^\circ$  e fa rientrare il sito nella categoria topografica T2.

Di seguito si riporta la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica:



Il seguente stralcio di dettaglio della mappa di pericolosità sismica (D.M. 17/01/2018), riporta per il territorio in esame delle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0,225 e 0,250.



Tali parametri utilizzati per la determinazione della pericolosità sismica fanno capo ad un reticolo di riferimento costituito da una maglia di punti definiti in termini di latitudine e longitudine crescenti.

Quindi inserendo i valori delle coordinate riferite al sito ove ricade l'opera in oggetto il programma utilizzato, permette di calcolare i parametri sismici utilizzando le tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica con i dati ufficiali, così come pubblicati nel D.M. 17/01/2018, automaticamente consente la formulazione delle suddette tre variabili riferite agli stati limite di esercizio e stati limite ultimi, che brevemente si riportano:

**SLO** – stato limite di operatività;



**SLD** – stato limite di danno;

**SLV** – stato limite di salvaguardia della Vita;

**SLC** – stato limite di prevenzione del collasso.

Il sito in oggetto è compreso nella maglia del reticolato di riferimento i cui vertici sono definiti da quattro coppie di coordinate relative ai valori di latitudine e longitudine allegate in coda alla relazione.

I calcoli di interpolazione sono effettuati utilizzando le “Tabelle dei parametri che definiscono l’azione sismica” con i dati ufficiali così come pubblicati nella G.U. del 20/02/2018.



### **Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione**

Di seguito si riportano le caratteristiche delle unità geotecniche presenti, già definite in back analysis nel progetto relativo al primo stralcio progettuale, che si ritengono idonee ai fini del dimensionamento delle opere di consolidamento:

#### **Terreno vegetale**

Non caratterizzato poiché meccanicamente scadente

#### **Unità geotecnica 1 – MARNE ALTERATE E DECOMPRESSE**

Peso di volume  $g' = 2,00 \text{ t/m}^3$

Coesione  $c' = 0,00 \text{ kg/cm}^2$

Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 16^\circ$  ( residuo )

Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 22^\circ$  ( rif. Superficie circolare)

Modulo Elastico  $E_s = 100 \text{ kg/cm}^2$

#### **Unità geotecnica 2 – SUBSTRATO FORMAZIONALE**

Peso di volume  $g' = 2,30 \text{ t/m}^3$

Coesione  $c' = 0,5 \text{ kg/cm}^2$

Coesione non drenata  $c_u = 3,0 \text{ kg/cm}^2$

Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 40^\circ$

Modulo Elastico  $E_s = 600 \text{ kg/cm}^2$

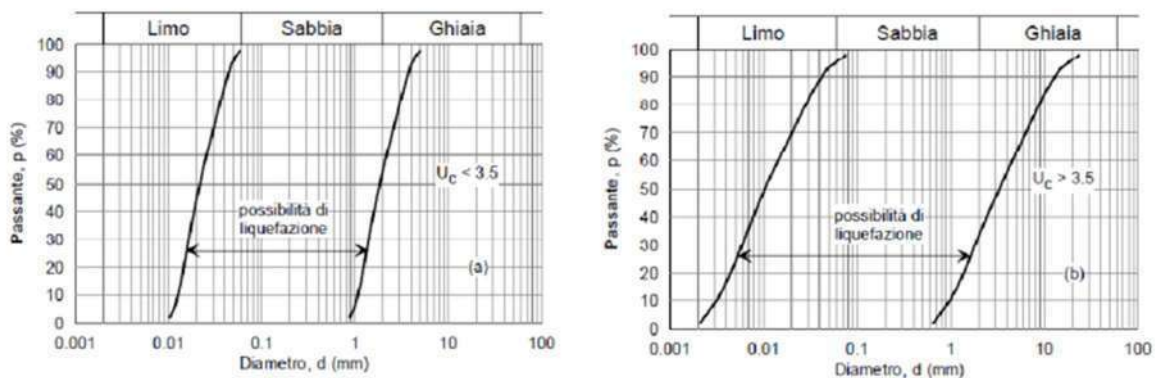
### **Potenziale di liquefazione dei terreni**

Il termine “liquefazione” indica in senso stretto lo stato fisico in cui può venire a trovarsi un terreno granulare saturo sotto falda, poco o scarsamente addensato, quando la sua resistenza al taglio si riduce drasticamente per effetto dell’incremento delle pressioni interstiziali a seguito di scuotimento sismico.

L’occorrenza di liquefazione in un sito è legata alla combinazione di fattori predisponenti, legati alle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni, che ne definiscono quindi la “vulnerabilità”, e di fattori scatenanti, legati all’azione sismica, che ne caratterizzano la “pericolosità sismica”.

Le norme tecniche nazionali per le costruzioni (NTC-08) definiscono le condizioni in presenza di almeno una delle quali è possibile escludere il fenomeno della liquefazione e, quindi, non eseguire le corrispondenti verifiche di stabilità del sito<sup>1</sup>. Tali criteri sono elencati di seguito:

- Magnitudo momento attesa  $M_w$  inferiore a 5;
- Accelerazione massima attesa in superficie  $a_{max}$  inferiore a 0.1g;
- Profondità media stagionale della falda  $z_w$  superiore ai 15m dal piano campagna;
- Curva di distribuzione granulometrica esterna a determinate fasce critiche, differenziate in base al coefficiente di uniformità  $U_c$  (rappresentate in Figura seguente);



- Depositi costituiti da sabbie pulite<sup>3</sup> con resistenza normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  (oppure  $VS_1 > 220\text{m/s}$ )<sup>4</sup>.

Nel caso in specie, caratterizzato dalla diffusa presenza del substrato litico, è del tutto palese che ci troviamo in una condizione di rischio alla liquefazione praticamente assente e per tale motivo si omette la verifica alla liquefazione.

## **CRITERI PER LA GESTIONE DEL SUOLO E DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

I lavori previsti dal progetto comprendono, partendo dalla parte alta del versante le seguenti attività che comportano movimenti di terreno:

- Realizzazione di trincee drenanti per la stabilizzazione del movimento franoso al di sopra della paratia di monte;
- la riprofilatura e rimodellamento del piano campagna allo scopo di restituire al versante al consueto uso agricolo;
- Realizzazione di una pista di cantiere e della paratia di pali a monte della S.S.3 “Flaminia”.

In tutti e tre i casi sarà preliminarmente scoticato l'esiguo spessore di suolo che verrà accantonato, per poi essere riutilizzato per le sistemazioni finali; questa operazione assume una grande importanza in quanto il terreno presente, ricco di marne e argille, è agronomicamente asfittico e, in assenza di suolo, non permette l'attecchimento della vegetazione erbacea, che come già specificato, ha una grande importanza per la protezione dalla infiltrazione delle acque piovane.

### **Norme da seguire per la asportazione e lo stoccaggio temporaneo del suolo**

Si riportano di seguito le raccomandazioni da seguire nelle operazioni di asporto e stoccaggio del suolo.

- asportare e depositare lo strato superiore e lo strato inferiore del suolo separatamente;
- il deposito intermedio deve essere effettuato su una superficie con moderata pendenza in modo da garantire il drenaggio ed evitare ristagni di superficie;
- la formazione del cumulo deve essere compiuta a ritroso, ossia senza ripassare sullo strato depositato;
- è possibile rinverdire con piante a radici profonde (preferenzialmente leguminose) in modo da garantire la vitalità del cumulo ed evitare erosioni;
- la altezza dei cumuli dovrà essere limitata a massimo 3 m per evitare la compattazione del suolo.



La foto sottostante ci fa comprendere semplicemente ma in modo esaustivo, la grande importanza del suolo ed è stata scattata nel mese di maggio, quando la vegetazione erbacea è più rigogliosa.

Si consideri che i lavori del primo stralcio hanno avuto almeno 4 anni durante i quali la vegetazione erbacea non ha minimamente attecchito.



*Zona della nicchia di distacco al di sopra della paratia di monte: la linea tratteggiata in giallo separa la zona con suolo integro, in alto, dalla parte priva di suolo, in basso. Si noti l'assenza della vegetazione erbacea nella zona ove non c'è il suolo.*

La assenza di suolo si traduce anche in fenomeni di erosione del terreno e conseguente intasamento dei canali deputati alla regimazione delle acque come è possibile osservare nella fotografia seguente.

Pertanto è di rilevante importanza sia che i lavori siano accompagnati da una seminagione in grado di attecchire (e quindi effettuata in una fase stagionale favorevole), sia che i lavori restituiscano un versante accessibile con i normali mezzi agricoli e sul quale si possa praticare la consueta manutenzione annuale dell'uliveto.

Si ribadisce infatti che la regolare pratica agricola rappresenta una garanzia per la stabilità del territorio.



*Canaletta a monte della paratia completamente intasata dal terreno dilavato in quanto assolutamente privo di copertura vegetale e suolo.*

Benché il progetto sia improntato al minimo esubero di rocce e terre da scavo che saranno reimpiegate per la gran parte in cantiere, è possibile che vi sarà un modesto esubero di rocce e terre da allocare al di fuori dell'area di cantiere.

Il quantitativo previsto è comunque inferiore ai 6.000 m<sup>3</sup> e quindi il cantiere è connotato come di piccole dimensioni e non ha bisogno di un Piano di Utilizzo da inserire in fase

progettuale; i campioni di terre e rocce da analizzare potranno quindi essere prelevati dai cumuli di cantiere in quantità di 2 campioni in totale.

Nelle zone circostanti l'area di cantiere, entro un raggio di circa 10 km, vi sono diversi siti che possono allocare rocce e terre da scavo, caratterizzate come sottoprodotti in ottemperanza alla normativa vigente in materia (D.Lgs 152/06 e DPR 120/2017); a titolo esemplificativo si citano la Cava di Manciano della ditta Metelli Luigi S.p.a., cava di Moano della ditta Consorzio Recupero s.r.l., cava di Capodacqua della ditta De Santis Agostino.

## **DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI**

Gli interventi previsti dal progetto di consolidamento sono essenzialmente tre, due dei quali già previsti nel progetto preliminare, mentre uno è stato aggiunto per scelta del gruppo di progettazione per sanare il dissesto accaduto a monte della paratia realizzata nel primo stralcio dei lavori di consolidamento.

Tale scelta, come già ribadito, intende eliminare o quantomeno limitare la possibilità che il movimento franoso possa evolvere retrogressivamente ed interessare le porzioni a monte dell'attuale nicchia di distacco.

Andiamo ora a descrivere i primi due interventi, quelli già previsti nel progetto preliminare.

### **Paratia tirantata a monte della S.S. "Flaminia"**

La realizzazione della paratia di pali a monte della statale "Flaminia" rappresenta l'intervento prioritario per la messa in sicurezza della importante infrastruttura.

Il posizionamento della paratia è stato ragionato e discusso con i tecnici di ANAS S.p.A. in modo da non limitare in futuro l'eventuale implementazione a quattro corsie della "Flaminia".

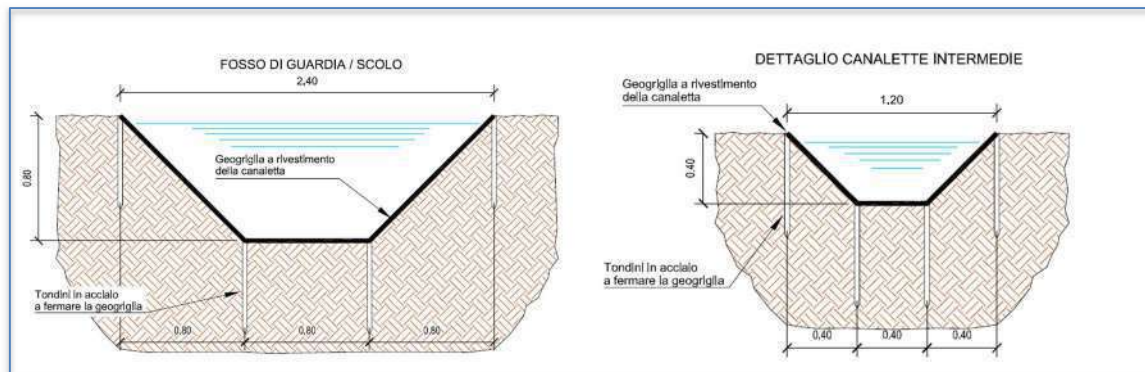
Lo spessore dei terreni franati nel settore ove è stata ubicata l'opera, è stato definito sia utilizzando i sondaggi geognostici eseguiti, sia utilizzando le indagini sismiche disponibili proprio in quel settore e possiamo affermare che esso è variabile da un massimo di circa 10 m nel settore centrale del corpo di frana, fino a circa 6÷7 m nei settori laterali.

Per l'esecuzione dei pali sarà realizzata una pista di manovra e saranno opportunamente regimate le acque di superficie.



### **Regimazione delle acque di superficie nel tratto di versante compreso tra la paratia di monte e quella di valle.**

Nel progetto preliminare la regimazione all'interno del corpo di frana era prevista con dei canali in terra rivestiti in geotessile con una sezione trapezoidale analoghi a quelli realizzati per il primo stralcio dei lavori.



*Tipologia dei canali di scolo prevista nel progetto preliminare*

I rilievi geomorfologici e le osservazioni di campagna eseguite hanno portato a rivedere completamente tale scelta progettuale per le seguenti motivazioni:

- sovradimensionamento delle sezioni drenanti rispetto alle reali esigenze di drenaggio (si consideri come mostrato nelle fotografie seguenti, scattate a settembre 2022, che sul versante non c'è alcun segno di erosione e lo stesso versante non ha nemmeno canalette in terra);
- i canali realizzati non mostrano significativi segni di scorrimento delle acque;
- in più punti i canali hanno subito deformazioni e anche chiusure totali e il loro ripristino risulta abbastanza complesso tale da non poter essere realizzato con i normali mezzi agricoli;
- la normale pratica agricola prevede al di sotto dell'uliveto il passaggio con un semplice trinciaforaggio che non è compatibile con la presenza del geocomposito usato per il rivestimento delle canalette. Si ricorda a tale proposito che la manutenzione del terreno ha una grande importanza ai fini della protezione dal dissesto idrogeologico e che la stessa deve essere realizzata con i normali mezzi agricoli;



- la rete drenante, come prevista in progetto preliminare, suddivide il lotto in compartimenti tra loro isolati che impediscono di fatto la pratica agricola.

D'altra parte, nei versanti circostanti l'area in frana, nessuno di esse ha simili reti drenanti ma piuttosto modesti canali in terra facilmente manutenibili.



*Stato del canale di drenaggio esistente – si noti a destra la geogriglia rialzata dalla deformazione e la sezione drenante quasi completamente ostruita.*

In tratti che complessivamente misurano circa 35 m il canale di drenaggio è completamente interrotto o comunque danneggiato e nel progetto occorre inserire degli interventi di manutenzione che comprendono la rimozione del geocomposito, la rimodellazione del canale e la applicazione del geocomposito nel canale rimodellato.





*Particolari del canale di guardia esistente – non ci sono segni di passaggio delle acque*

Per i motivi sopra esposti, per il rimodellamento del corpo di frana si consiglia di procedere con le seguenti fasi:

- individuare le porzioni da rimodellare in modo tale che le pendenze siano uniformi ed eventualmente realizzare delle gradonature nelle zona di massima pendenza;
- scoticare il terreno vegetale presente in misura di circa 30 cm circa ed accantonarlo;
- realizzare il rimodellamento;
- distribuire uniformemente il terreno vegetale nell'area rimodellata e procedere alla seminagione di essenze arboree tipo prato-pascolo;
- realizzare dei canali in terra per la regimazione delle acque di superficie recapitanti nei fossi di guardia già realizzati al bordo della frana.





*In alto uliveto adiacente al corpo di frana perfettamente stabile e in basso tratto del corpo di frana a valle della paratia di monte – si noti in entrambi i casi assenza di erosione e presenza di copertura vegetale e pacciamatura a seguito del passaggio del trinciaforaggi – da queste immagini è possibile dedurre, con metodo osservazionale, che non è necessaria una rete drenante come quella indicata nel progetto preliminare.*







*Tipologia del fosso di guardia esistente a monte della frana – si noti la pacciamatura che lo riempie atta a diminuire la velocità dell'acqua ad evitare erosione*

In definitiva il rimodellamento da realizzare sarà di modesto impatto e dovrà restituire un uliveto accessibile con i normali mezzi agricoli in modo da essere agevolmente mantenuto e gestito.

Per quanto riguarda la porzione a monte della paratia già realizzata si consiglia di procedere ad una idrosemina a spessore, additivata con concimi organici, che permette il rinverdimento su scarpate anche di massima pendenza e comunque in ambienti caratterizzati da condizioni generali critiche, come terreni sterili.



### **Realizzazione di trincee drenanti a monte della paratia già realizzata**

Come già detto, al di sopra della paratia realizzata nella zona corrispondente alla nicchia di distacco si è generato un significativo movimento franoso descritto nel paragrafo ad esso appositamente dedicato.

Per impedire l'arretramento del fenomeno si è optato per un rimodellamento della zona in frana, con risarcitura delle profonde lesioni e trincee che si sono formate, e per la realizzazione di trincee drenanti spinte a profondità di 3÷3,5 m in modo da intercettare la superficie di scorrimento su gran parte dell'area interessata dalla frana.

La distribuzione degli ulivi esistenti, che non saranno espianati per una serie di motivazioni già descritte, permette agevolmente la realizzazione di 5 trincee drenanti ed eventualmente una aggiuntiva se vi sarà la possibilità di realizzarla.

La larghezza delle trincee drenanti sarà di 60 cm e la stessa verrà riempita con spezzato di cava avente granulometria minima di 70 mm.

Sul fondo della trincea verrà allocato un tubo drenante privo di geotessile eventualmente protetto con uno strato di graniglia e sabbia.



*Zona a monte della paratia realizzata, in stato di abbandono, con profonda trincea di frana*

In definitiva anche la porzione a monte della frana dovrà essere restituita al suo normale uso agricolo in modo da essere regolarmente mantenuta.

## **CONCLUSIONI**

Da quanto sopra esposto possiamo concludere che il progetto del secondo stralcio del consolidamento della frana oggetto della presente relazione prevederà interventi atti a restituire il territorio al suo normale uso.

Tali interventi partendo dal piede della frana, descritti in sintesi, sono:

- realizzazione di una paratia di pali tirantata a monte della S.S.3 “Flaminia”;
- rimodellamento del corpo di frana e realizzazione di canali in terra per la regimazione delle acque di corrivazione;
- rimodellamento della porzione a monte della paratia;
- realizzazione di trincee drenanti nella zona rimodellata a monte della paratia.

L’obiettivo che il progetto si propone attraverso gli interventi individuati è prioritariamente, la protezione della strada statale S.S.3 ed inoltre quello di restituire ai proprietari un terreno accessibile e adatto all’uso agricolo in modo da mantenere, con tale uso, un corretto sistema di protezione dalle acque piovane e garantire la stabilità del versante nel lungo periodo.

Si resta a disposizione per ulteriori ed eventuali chiarimenti.

## **ALLEGATO 1**

**Indagini geognostiche per la caratterizzazione del dissesto franoso, nonché indagini geofisiche con metodologia sismica a rifrazione per la ricostruzione della sismo-stratigrafia locale. Le indagini sono state eseguite per conto del Comune di Foligno, da “Geoumbria Service s.a.s.” di San Terenziano (PG) in base alla Determina Dirigenziale D.D. n. 699 del 11/06/2014, la cui documentazione risulta agli atti del Comune di Foligno in data 30/09/2013 prot. 0047668 .**

## **ALLEGATO 2**

### **CARATTERIZZAZIONE SISMICA LUNGO TRE PROFILI SISMICI**

**Regione Umbria – Servizio Geologico e Sismico** Nell'ambito della Convenzione tra la Regione Umbria e l'osservatorio Sismico "A. Bina" è stata realizzata una campagna geofisica integrata di sismica a rifrazione in onde SH, Masw in onde di Love e misure di microtrempi in zona interessata dal movimento franoso presso Colle San Giovanni di Foligno, le cui risultanze sono state riportate nel documento in data 11 aprile 2013 qui allegato. In fase di progettazione dei primi interventi di consolidamento del pendio interessato dal movimento franoso del 3 aprile 2013, per la ricostruzione della sismo-stratigrafia locale, si è fatto riferimento alle risultanze al suddetto Studio che ha interessato il sedime della frana con cinque prove sismiche attive MASW nonché con sismici e n. 5 analisi sismiche passive a stazione singola HVSR da cui si sono ottenute informazioni utili, in termini di velocità delle onde sismiche S, dei depositi coinvolti dal movimento gravitativi e di quelli sottostanti, al fine di poter ricostruire geometricamente il piano di scorrimento (interpretativo) della frana lungo i profili attraverso interpretazioni sismo-stratigrafiche.





Geoumbria Service s.a.s.  
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)  
Tel./Fax : 0742 98995  
info@geoumbria.com - www.geoumbria.net

Sondaggi geognostici  
Laboratorio geotecnico  
Penetrometrie statiche/dinamiche  
Controlli strumentali  
Geofisica

Consolidamenti  
Micropali  
Tiranti  
Pali  
Drenaggi



## **RAPPORTO TECNICO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**



**Oggetto:** Dissesto franoso in località Villanova di San Giovanni Profiamma

**Committente:** Comune di Foligno

**Località:** Villanova- Perugia (PG)

**Ditta esecutrice:** GEOUMBRIA SERVICE s.a.s.

Agosto 2014



Registro Imprese di Perugia n. 140541/1996 R.E.A. n. 183393 Partita IVA 02169460546  
Attestazione di qualificazione alla esecuzione di Lavori Pubblici - SOA Categoria QS21 Classe II  
PROTOSQA - Codice Identificativo 06089021007 (autorizzazione n° 11 del 09/11/2000)  
Azienda con Certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2008 - Reg. n°10173-A (Settore EA:28)

# **RAPPORTO TECNICO RELATIVO ALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN LOCALITA' VILLANOVA PER IL DISSESTO FRANOSO DEL COLLE DI SAN GIOVANNI PROFIAMMA.**

## **PREMESSA**

Nel presente rapporto tecnico vengono esposti i risultati dell'indagine geognostica richiesta dal Comune di Foligno ed eseguite lungo il colle di San Giovanni Profiamma in località Villanova .

## **ACQUISIZIONE DATI**

I sondaggi sono stati eseguiti con due perforatrici idraulica **CMV MK 600 D** avente un peso di 60 quintali, una coppia di 600 Kgm, un spinta di 2600 Kg e un tiro di 3900 Kg, 0 - 226 giri max/minuto, motore 4 cilindri di 81 cv, doppia morsa idraulica da 60 – 260 mm, e una corsa slitta di 3500 mm.

La perforazione è stata effettuata a carotaggio continuo con tubo carotiere semplice ed in alcuni casi con tubo carotiere doppio, del diametro di 101 mm e lunghezza 3000 mm, l'estrusione delle carote è stata effettuata con acqua spinta a pressione di 40 atm da una pompa a vite tipo Bellin.



### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S1)**

Nell'area oggetto di studio in prossimità del fabbricato che ha subito i danni maggiori è stato eseguito, nei giorni dal 30 Giugno al 2 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S1), spinto fino ad una profondità di 30,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 10,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio sono state effettuate 2 prove SPT (Standard Penetration Test), tutte a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclinometrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiacca cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.

L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO A DISTRUZIONE (PZ1)**

Nella immediata vicinanza del sondaggio S1 è stato eseguito, nei giorni dal 2 al 3 Luglio 2014, un sondaggio geognostico a distruzione (PZ1), spinto fino ad una profondità di 16,00 m dal p.c.

Il foro PZ1 è stato attrezzato a piezometro per monitorare le variazioni verticali della falda freatica nel tempo. Tale piezometro presenta un tratto cieco da 0,00 a 7,00 m dal p.c. e un tratto finestrato da 7,00 a 13,00 m dal p.c..

Dalla quota di 13,00 m. a 16,00 dal p.c è stato realizzato un tappo fondo foro con materiale bentonitico.

Al fine di evitare l'infiltrazione di acque meteoriche in quelle di falda è stata eseguita una impermeabilizzazione del tratto di foro più superficiale fino ad una profondità di 5,00 m dal p.c.

Il piezometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S2)**

Nell'area oggetto di studio a valle in prossimità della SS Flaminia è stato eseguito, nei giorni dal 3 al 4 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S2), spinto fino ad una profondità di 15,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla



profondità di 7,00 m dal p.c.

### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S3)**

Nell'area oggetto di studio a monte del fabbricato che ha subito i danni maggiori è stato eseguito, nei giorni dal 10 al 11 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S3), spinto fino ad una profondità di 20,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 6,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio è stata effettuata 1 prova SPT (Standard Penetration Test), tutte a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclino metrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiacca cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.

L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO A DISTRUZIONE (PZ2)**

Nell'immediata vicinanza del sondaggio S3 è stato eseguito, il giorno 11 Luglio 2014, un sondaggio geognostico a distruzione (PZ2), spinto fino ad una profondità di 15,00 m dal p.c.

Il foro PZ2 è stato attrezzato a piezometro per monitorare le variazioni verticali della falda freatica nel tempo. Tale piezometro presenta un tratto cieco da 0,00 a 7,00 m dal p.c. e un tratto finestrato da 7,00 a 12,00 m dal p.c..

Dalla quota di 12,00 m. a 15,00 dal p.c. è stato realizzato un tappo fondo foro con materiale bentonitico.

Al fine di evitare l'infiltrazione di acque meteoriche in quelle di falda è stata eseguita una impermeabilizzazione del tratto di foro più superficiale fino ad una profondità di 5,00 m dal p.c.

Il piezometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.





#### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S4)**

Nell'area oggetto di studio a valle sulla scapata a bordo della SS Faminia è stato eseguito, nei giorni dal 4 al 7 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S4), spinto fino ad una profondità di 15,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 6,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio è stata effettuata 1 prova SPT (Standard Penetretion Test), a punta chiusa.

#### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S5)**

Nell'area oggetto di studio sempre a valle lungo il tracciato della SS Flaminia è stato eseguito, nei giorni dal 8 al 9 Febbraio 2014, un sondaggio geognostico (S5), spinto fino ad una profondità di 13,50 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 4,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio sono state effettuate 2 prove SPT (Standard Penetretion Test), tutte a punta chiusa.

#### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S6)**

Nell'area oggetto di studio tra la corona di frana e il sondaggio S3 è stato eseguito, nei giorni dal 14 al 15 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S6), spinto fino ad una profondità di 15,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 5,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio è stata effettuata 1 prova SPT (Standard Penetretion Test), a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclino metrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiaccia cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.

L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.



### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S7)**

Nell'area oggetto di studio a monte della nicchia di frana è stato eseguito, nei giorni dal 15 al 16 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S7), spinto fino ad una profondità di 20,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 9,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio è stata effettuata 1 prova SPT (Standard Penetration Test), a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclino metrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiacca cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.

L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S8)**

Nell'area oggetto di studio a monte del sondaggio S9 è stato eseguito, nei giorni dal 16 al 17 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S8), spinto fino ad una profondità di 20,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 10,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio sono state effettuate 2 prove SPT (Standard Penetration Test), tutte a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclino metrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiacca cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.

L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S9)**

Nell'area oggetto di studio a sud-ovest dei tralicci è stato eseguito, nei giorni dal 17 al 21 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S9), spinto fino ad una profondità di 20,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla



profondità di 7,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio sono state effettuate 2 prove SPT (Standard Penetration Test), tutte a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclino metrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiaccia cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.

L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO A DISTRUZIONE (PZ3)**

Nell'area oggetto di studio, nelle immediate vicinanze di S9 è stato eseguito, nel giorno 21 Luglio 2014, un sondaggio geognostico a distruzione (PZ3), spinto fino ad una profondità di 18,00 m dal p.c.

Il foro PZ2 è stato attrezzato a piezometro per monitorare le variazioni verticali della falda freatica nel tempo. Tale piezometro presenta un tratto cieco da 0,00 a 7,00 m dal p.c. e un tratto finestrato da 7,00 a 15,00 m dal p.c..

Dalla quota di 15,00 m. a 18,00 dal p.c è stato realizzato un tappo fondo foro con materiale bentonitico.

Al fine di evitare l'infiltrazione di acque meteoriche in quelle di falda è stata eseguita una impermeabilizzazione del tratto di foro più superficiale fino ad una profondità di 5,00 m dal p.c.

Il piezometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO (S10)**

Nell'area oggetto di studio fra S9 ed S5 è stato eseguito, nei giorni dal 22 al 23 Luglio 2014, un sondaggio geognostico (S10), spinto fino ad una profondità di 15,00 m dal p.c.

Durante la perforazione è stato necessario l'utilizzo di rivestimento metallico fino alla profondità di 6,00 m dal p.c.

Durante le fasi di sondaggio sono state effettuate 1 prove SPT (Standard Penetration Test), tutte a punta chiusa.

Il foro del sondaggio è stato, infine, attrezzato con tubo inclino metrico in ABS  $\phi_{est}$  70 mm,  $\phi_{int}$  63 mm per monitorare gli spostamenti laterali del terreno nel tempo.

Tale inclinometro è stato opportunamente cementato con boiaccia cementizia ed iniettato dal basso verso l'alto.



L'inclinometro è stato opportunamente protetto con un pozzetto metallico installato a vista fuori terra.

### **ACQUISIZIONE DATI, MISURE INCLINOMETRICHE E MISURE DI FALDA**

Le misure inclinometriche sono state eseguite tramite acquisitore tipo **Nadir** e sono state elaborate con il programma **Inclin 96** della **Sisgeo**.

Le misure, su tutti gli inclinometri presenti, sono state effettuate con un passo di 0,5 m, il giorno 21/08/2014 (misura zero, su quattro guide).

Nel giorno 21/08/2014, nei sondaggi attrezzati a piezometro, sono state rilevati seguenti livelli statici:

PIEZOMETRO	Livello falda (m da p.c.)
PZ1	10.90
PZ2	5.85
PZ3	7.65

Inoltre, nei sondaggi S2, S4 e S5, sono state rilevati seguenti livelli statici:

SONDAGGIO	Livello falda (m da p.c.)
S2	6.30
S4	7.90
S5	2.65

### **INDAGINE SISMICA**

Nella prima settimana di Agosto è stata eseguita un' indagine geofisica con metodologia sismica a rifrazione e per la ricostruzione della sismo stratigrafia locale tramite la determinazione delle onde P e SH immediatamente a monte di un fenomeno.

Per qualsiasi anomalia, singolarità e/o precisazione si rimanda agli allegati:


- Diagrammi delle stratigrafie
- Risultati delle indagini geofisiche
- Diagrammi misure inclinometriche

  
Geol. Giuseppe Gallo





[illegible]

metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A	S.P.T.	Campioni	R <sub>v</sub>	P <sub>z</sub>	ø mm	RP	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100
				S.P.T.							
25		Formazione della Marnoso arenacea compatta di colore grigio con prevalenza di strati arenacei									
26											
27											
28											
29											
30											

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S1
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 30 Giugno-2 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S1



S1 0,00m - 5,00m dal p.c.



S1 5,00m - 10,00m dal p.c.



S1 10,00m - 15,00m dal p.c.

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S1
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 30 Giugno-2 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	

Fotografie - Pagina 2/2



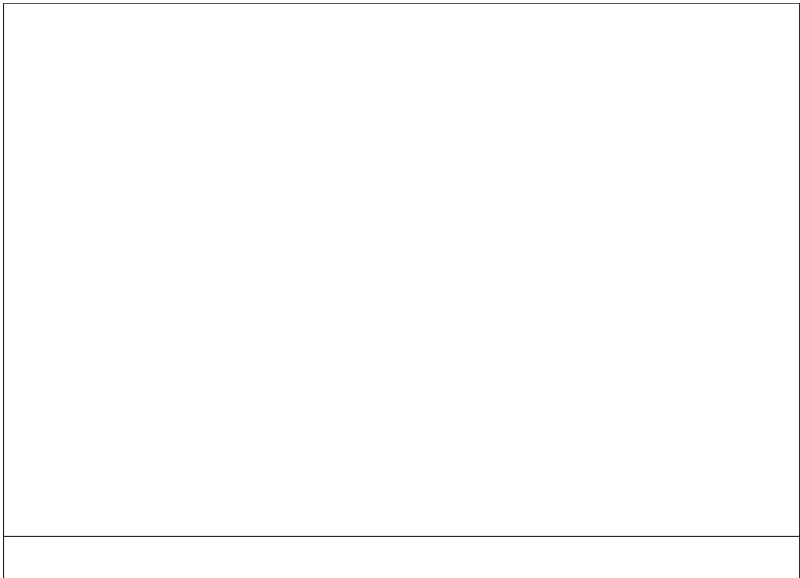
S1 15,00m - 20,00m dal p.c.



S1 20,00m - 25,00m dal p.c.



S1 25,00m - 30,00m dal p.c.





[illegible]

**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TERENZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/1

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S2
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 3 - 4 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S2



S2 0,00m - 5,00m dal p.c.



S2 5,00m - 10,00m dal p.c.



S2 10,00m - 15,00m dal p.c.

[illegible]



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TERENZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/2

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S3
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 10 - 11 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S3



S3 0,00m - 5,00m dal p.c.



S3 5,00m - 10,00m dal p.c.



S3 10,00m - 15,00m dal p.c.



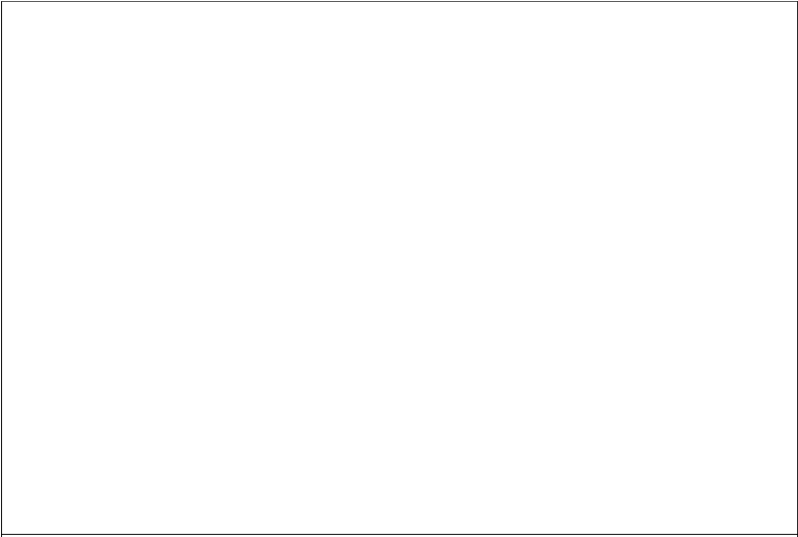
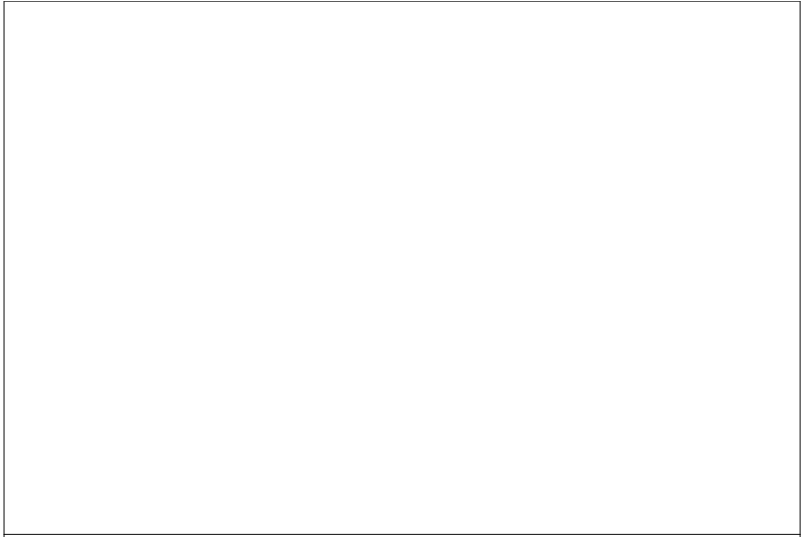
**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**  
Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 2/2

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S3
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 10 - 11 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



S3 15,00m - 20,00m dal p.c.



[illegible]

**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/1

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S4
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 4 - 7 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S4



S4 0,00m - 5,00m dal p.c.



S4 5,00m - 10,00m dal p.c.



S4 10,00m - 15,00m dal p.c.

[illegible]



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/1

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S5
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 8 - 9 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S5



S5 0,00m - 5,00m dal p.c.



S5 5,00m - 10,00m dal p.c.



S5 10,00m - 15,00m dal p.c.

[illegible]



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/1

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S6
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 14 - 15 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S6






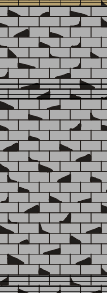

S6 0,00m - 5,00m dal p.c.



S6 5,00m - 10,00m dal p.c.



S6 10,00m - 15,00m dal p.c.

metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A	S.P.T.	Campioni	R <sub>v</sub>	P <sub>z</sub>	ø mm	RP	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100
				S.P.T.							
		Terreno vegetale									
1		Marne argillose alternate a siltiti arenacee e/o argillose di colore marrone chiaro, prevalentemente alterate		8-11-17							
2											
3											
4											
5											
6		Marne argillose alternate a siltiti arenacee e/o argillose di colore grigio, prevalentemente alterate						101			
7											
8											
9											
10											
10		Formazione della Marnoso arenacea compatta di colore grigio con prevalenza di strati arenacei									
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/2

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S7
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 15 - 16 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S7



S7 0,00m - 5,00m dal p.c.



S7 5,00m - 10,00m dal p.c.



S7 10,00m - 15,00m dal p.c.

**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

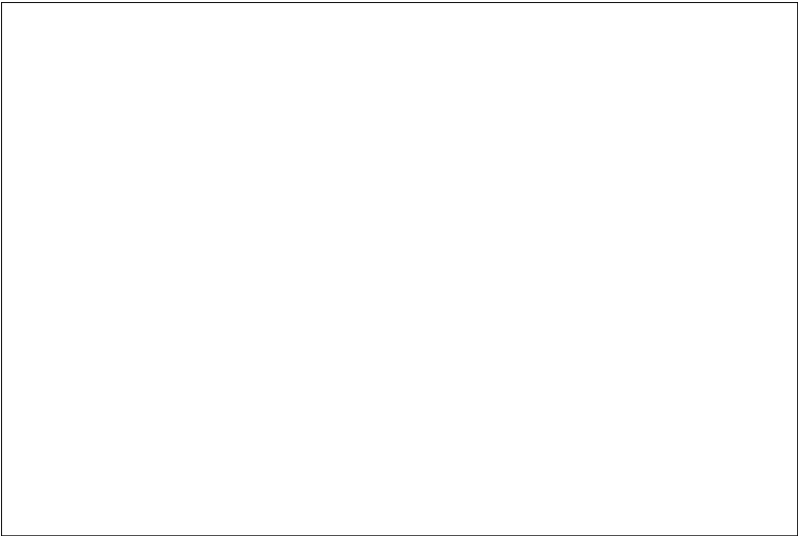
Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 2/2

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S7
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 15 - 16 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



S7 15,00m - 20,00m dal p.c.



[illegible]



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/2

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S8
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 16 - 17 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S8



S8 0,00m - 5,00m dal p.c.



S8 5,00m - 10,00m dal p.c.



S8 10,00m - 15,00m dal p.c.



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

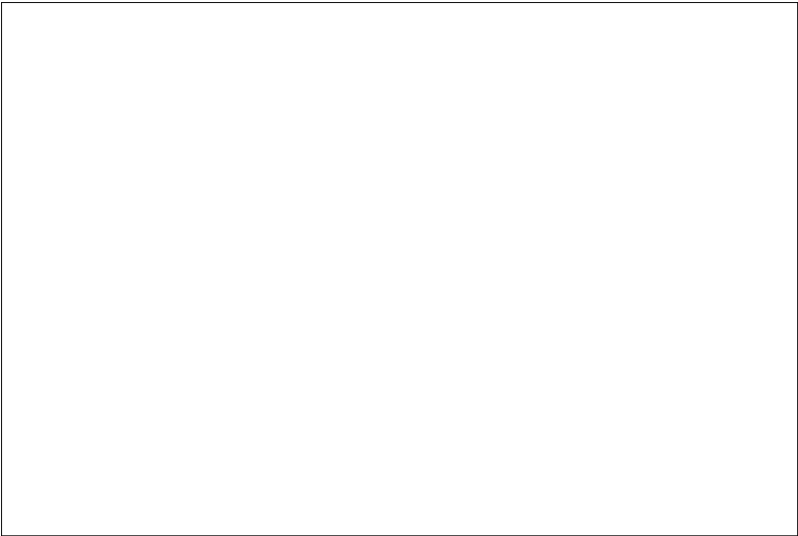
Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S8
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 16 - 17 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	

Fotografie - Pagina 2/2



S8 15,00m - 20,00m dal p.c.



[illegible]

**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TERENZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/2

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S9
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 17 - 21 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S9



S9 0,00m - 5,00m dal p.c.



S9 5,00m - 10,00m dal p.c.



S9 10,00m - 15,00m dal p.c.



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 2/2


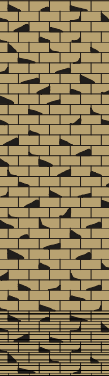
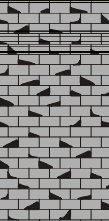
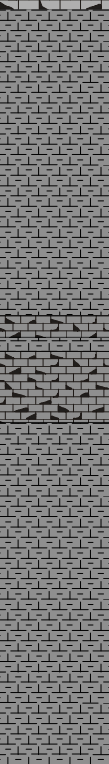
Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S9
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 17 - 21 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



S9 15,00m - 20,00m dal p.c.



Installazione tubo inclinometrico

metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A	S.P.T.	Campioni	R <sub>v</sub>	P <sub>z</sub>	ø mm	RP	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100
				S.P.T.							
		Terreno vegetale									
1		Marne argillose alternate a siltiti arenacee e/o argillose di colore marrone chiaro, prevalentemente alterate		7-6-7							
2											
3											
4											
5											
6											
7		Marne argillose alternate a siltiti arenacee e/o argillose di colore grigio, prevalentemente alterate		50/4cm				101			
8											
9											
10		Formazione della Marnoso arenacea compatta di colore grigio con prevalenza di strati arenacei									
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											



**GEOUMBRIA SERVICE s.n.c.**

Via Marconi, 6  
06058 S. TEREZIANO (PG)  
Tel 0742/98421

Fotografie - Pagina 1/1

Riferimento: Dissesto franoso in località Villanova - San Giovanni Profiamma	Sondaggio: S10
Località: Villanova - San Giovanni Profiamma	Quota:
Impresa esecutrice: Geoumbria Service sas	Data: 22 - 23 Luglio 2014
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	



Posizionamento sondaggio S10



S10 0,00m - 5,00m dal p.c.



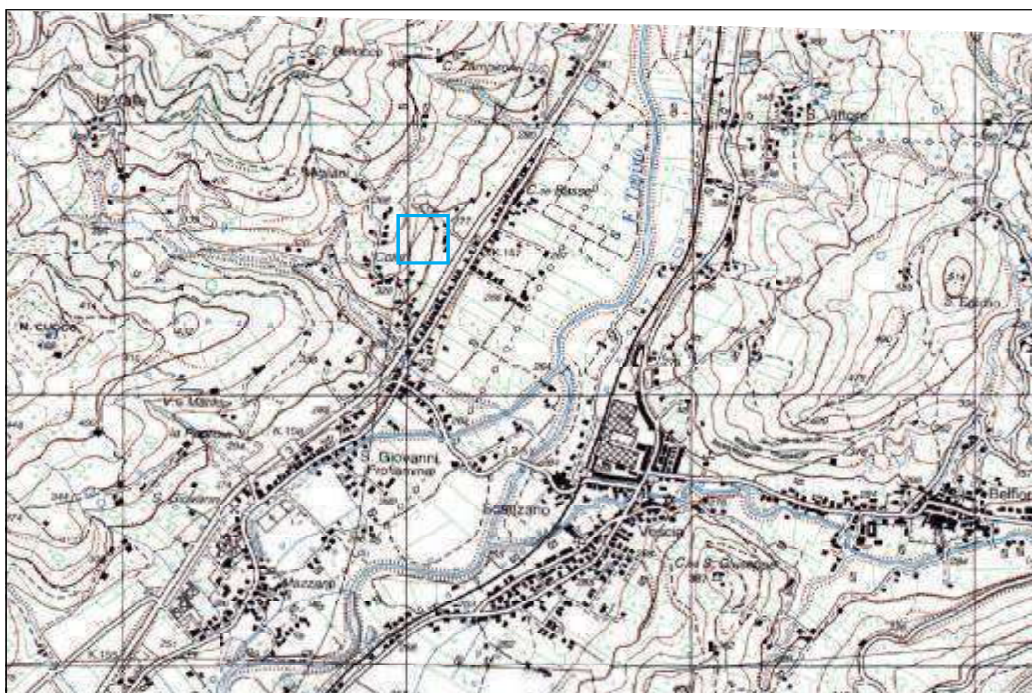
S10 5,00m - 10,00m dal p.c.



S10 10,00m - 15,00m dal p.c.

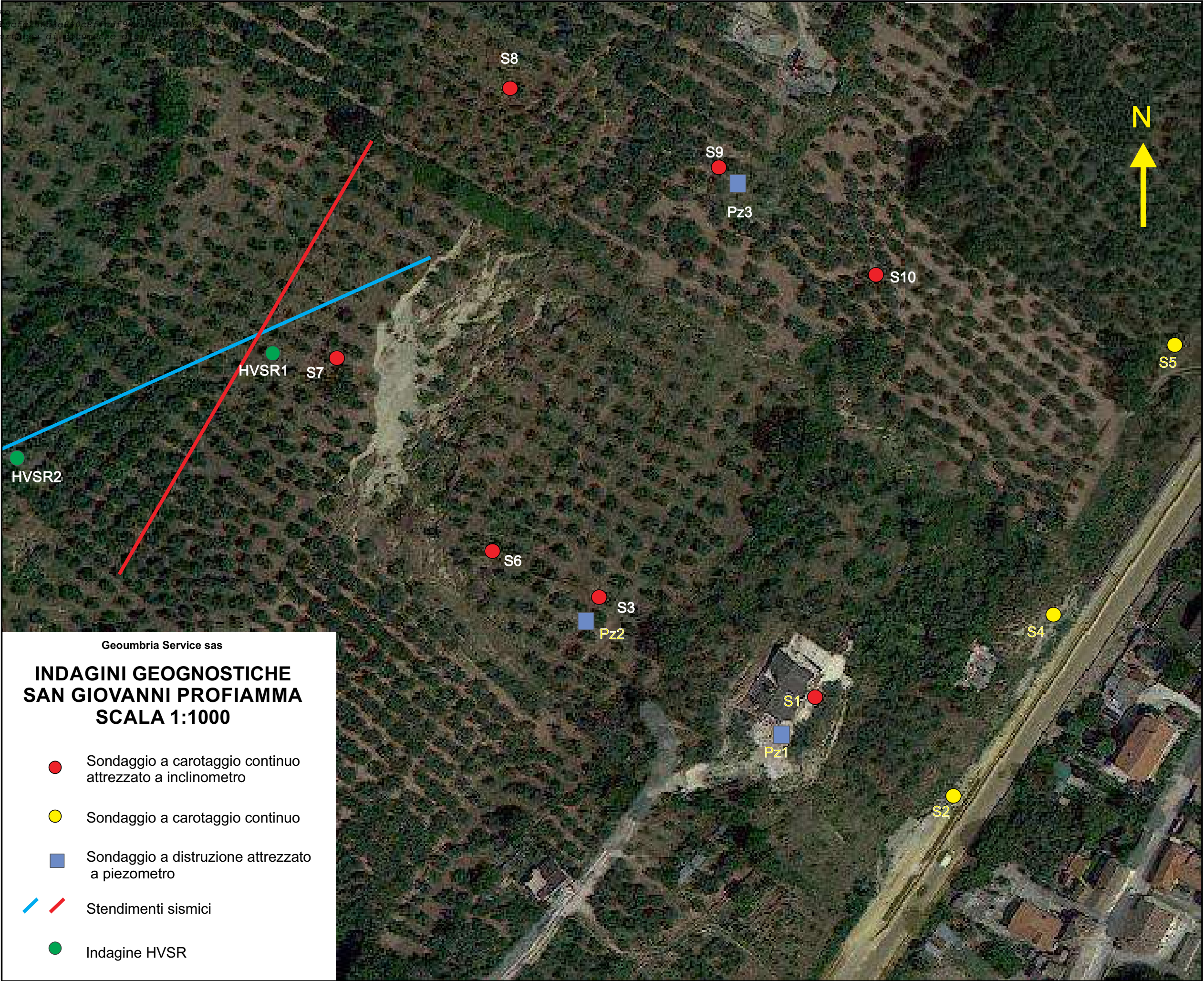
**Geombria Service sas**

## **Nuova Carta topografica d'Italia Foglio 342 Sez. IV**



Area in oggetto





**IDROGEOTEC S.N.C. DI BOILA PAOLO & C.**

**IDROGEOLOGIA - GEOFISICA - GEOTECNICA**

Via Fra Giovanni da Pian di Carpine,78 06127 Ferro di Cavallo – PERUGIA

tel.075 5000603 – fax075 5002694 - cell. 3693011946

email [idrogeotec@tin.it](mailto:idrogeotec@tin.it)

**GEOUMBRA SERVICE s.a.s.**

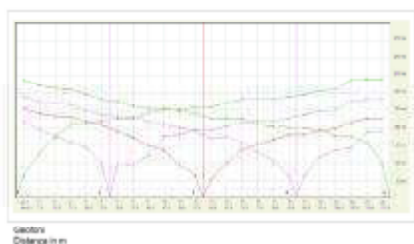
**Via Marconi 6**

**06035 San Terenziano PG**

**COMUNE DI FOLIGNO**

**DISSESTO FRANOSO IN LOCALITA' VILLANUOVA DI SAN  
GIOVANNI PROFIAMMA**

**ESECUZIONE INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE  
IN ONDE P E SH E MISURE A STAZIONE SINGOLA HVSR**



**INDAGINI GEOFISICHE**

**Perugia Agosto 2014**

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	Pag. 1
<b>2. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P e SH</b>	Pag. 2
<b>2.1 RISULTATI</b>	Pag. 3
<b>3. MISURE A STAZIONE SINGOLA HVSR</b>	Pag. 5
<b>3.1 METODOLOGIA D'INDAGINE</b>	Pag. 5
<b>3.2 ELABORAZIONE DATI</b>	Pag. 6
<b>3.3 RISULTATI HVSR1</b>	Pag. 7
<b>3.4 RISULTATI HVSR 2</b>	Pag. 9
<b>4. CONCLUSIONI</b>	Pag. 11

### ELENCO ALLEGATI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E SH:

- Documentazione Fotografica
- Ubicazione indagini
- Sismogrammi onde P e SH
- Tabella Dati
- Dromocrone
- Sezioni sismiche schematiche

## **1. PREMESSA**

Su incarico della Geoumbria Service sas è stato eseguita un' indagine geofisica con metodologia sismica a rifrazione e per la ricostruzione della sismo stratigrafia locale tramite la determinazione delle onde P e SH immediatamente a monte di un fenomeno franoso che ha interessato il tracciato della sottostante strada Flaminia .

Le indagini eseguite sono consistite nell'esecuzione di:

- ❖ 2 Profili sismici a rifrazione in onde P SH per ricostruire la situazione sismostratigrafica locale, determinare la velocità equivalente delle onde S nei primi trenta metri di profondità (Vs30).
- ❖ 2 misure di microtremore a stazione singola HVSR.



## 2.INDAGINE SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P E SH

Nell'area d'indagine sono stati eseguiti due profili sismici a rifrazione in onde P e SH, gli stendimenti dei profili sono stati realizzati immediatamente a monte della corona di distacco del fenomeno franoso, posizionandoli come da ubicazioni allegate, e georeferenziando gli estremi e il punto di stazione centrale, utilizzando la seguente strumentazione:

*Sismografo Ambrogeo 24/2010 a 24 canali, 24 bit ad incremento di segnale.*

- *24 Geofoni verticali "Geospace" a 14Hz*
- *24 Geofoni orizzontali "Geospace" a 10Hz*
- *Fonte di energizzazione a compressione su piastra in alluminio con mazza da 8 kg*
- *Fonte di energizzazione di taglio: per attrito radente con mazza da 8 kg su trave di legno,*
- *Distanza intergeofonica di 5 m con lunghezza complessiva degli stendimento pari a 120,00 m*

Per i **profili in compressione (onde P)**, è stata impostata una finestra di registrazione di **200 ms** e un intervallo di campionamento pari a 0,128 s, per i **profili di taglio (onde SH)** è stato impostato un tempo di registrazione di **300 ms** e un intervallo di campionamento pari a 0,128 s, per tutti i profili sono stati eseguiti 5 tiri, in particolare per le onde SH, sono stati eseguiti **5 tiri** (shot) con polarità positiva e **5 tiri** (shot) con polarità negativa (metodo dell'inversione di polarità), al fine di potere determinare correttamente e secondo i più rigorosi standard geofisici correnti, il tempo di primo arrivo delle onde SH, con la seguente distribuzione:

- *N°2 agli estremi dello stendimento, a distanza di 2,5 m dai geofoni n°1 e n°24.*
- *N°2 in posizione intermedia tra i geofoni n°6 e n°7 e tra i geofoni n°18 e n°19, ad equidistanza dai geofoni.*
- *N°1 centrale, ad equidistanza tra i geofoni 12 e 13.*

La quantità di energizzazione prodotta nei vari tiri e l'elevata dinamica del sismografo a 24 bit, ha permesso di ottenere mediamente un rapporto segnale / rumore, positivo. La presenza di un discreto rumore di fondo, legato in parte al sottostante traffico automobilistico, in parte ad una giornata particolarmente ventosa unitamente alla densa

copertura arborea ad uliveto, ha reso in molte occasioni necessario effettuare la somma di più energizzazioni per la stessa base (stacking), al fine di ottenere un segnale leggibile. Inoltre per quanto attiene alla acquisizione in onde S, a causa dell'elevata pendenza delle piste di accesso e del fondo, bagnato dalle piogge dei giorni precedenti, non è stato possibile raggiungere l'area d'indagine con i fuoristrada, al fine di bloccare efficacemente il trave di legno in sede di energizzazione in attrito radente.

Successivamente all'acquisizione e archiviazione dei dati di campo, si è proceduto alla loro elaborazione e interpretazione. Su tutte le tracce acquisite si è proceduto all'individuazione dei tempi di arrivo (primi arrivi) e alle successive fasi di elaborazione, utilizzando quale metodo quello delle intercette, mediante apposito programma di calcolo.

In allegato sono riportate oltre all'ubicazione e l'orientamento dei due profili, i seguenti elaborati numerici e grafici:

- Tabelle per onde P e SH comprendenti la geometria del dispositivo, i tempi di arrivo, le velocità in m/s e le profondità dei rifrattori calcolati,
- dromocrone onde P
- dromocrone onde SH,
- Sismogrammi onde P
- Sismogrammi onde S (con sovrapposizione delle onde positive e onde negative),
- Sezioni sismiche schematiche illustranti l'andamento delle velocità delle onde P e SH rilevate al disotto dei punti di energizzazione e gli spessori ricavati.

## **2.1 RISULTATI**

Lungo entrambi le due sezioni ricostruite, in base alle elaborazioni effettuate è stata rilevata la presenza di tre orizzonti rifrattori continui ma disomogenei, che hanno permesso di distinguere comunque tre complessi a velocità delle onde P e S differenziabili (per una completa e puntuale lettura della distribuzione e degli andamenti delle velocità consultare comunque le sezioni schematiche allegate).

- Un complesso superficiale continuo con velocità delle onde P variabili da un massimo di 483 m/s ad un minimo di 182 m/s, e velocità media prevalente intorno ai 300 m/s; con spessori compresi tra 1 – 6 m. La velocità delle onde SH, per questo primo orizzonte è invece risultata variabile tra un massimo di 335 m/s e un valore minimo di 186 m/s, con spessori compresi tra 1 – 6 m.

- Un complesso intermedio continuo con velocità delle onde P complessivamente variabili tra 900 e 500 m/s, mentre in corrispondenza dei tiri Sh 5, in entrambi i profili, si rileva un notevole incremento di velocità tra 1600 e 1900 m/s. Gli spessori si stimano mediamente compresi tra 3 – 8 m, mentre raggiungono i 16 m in corrispondenza del tiro estremo Sh5 del Profilo 1. La velocità delle onde SH, per questo orizzonte intermedio, è invece risultata variabile tra un massimo di 875 m/s e un valore minimo di 364 m/s, con spessori molto variabili tra 7 – 18 m.
- Un substrato sismico mediamente “veloce”, abbastanza omogeneo, con velocità delle onde P tra 2000 – 3000 m/s, e velocità delle onde SH tra 800 - 2000 m/s

Tramite i risultati ottenuti dai dati delle Vs in rifrazione si è proceduto alla determinazione del valore della Vs30 equivalente, ipotizzando un modello di sottosuolo, rappresentato dai valori medi di velocità delle onde S e di spessore, ricavabili dalla sismostratigrafia calcolata, e mantenendo costante, viste le caratteristiche litostratigrafiche dell'area, la velocità media del substrato sismico, per il “semispazio” sino ai 30 metri di profondità.

Tramite la relazione: 
$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Si ottengono i valori relativi ai vari shot e medi riportati nelle tabelle sottostanti.

### Profilo 1

Sh1 Vs m/s	Sh2 Vs m/s	Sh3 Vs m/s	Sh4 Vs m/s	Sh5 Vs m/s	Media Vs m/s
335	199	151	220	220	225
875	364	467	646	646	600
2194	1398	1177	960	695	1285
Sh1 H in m	Sh2 H in m	Sh3 H in m	Sh4 H in m	Sh5 H in m	Media H in m
7	2	2.5	3	3	4
18.5	8	10	1	1	8
$Vs_{30}$ m/s	$Vs_{30}$ m/s	$Vs_{30}$ m/s	$Vs_{30}$ m/s	$Vs_{30}$ m/s	$Vs_{30}$ m/s
680	647	568	710	570	697



### Profilo 2

Sh1 Vs m/s	Sh2 Vs m/s	Sh3 Vs m/s	Sh4 Vs m/s	Sh5 Vs m/s	Media Vs m/s
186	166	183	221	172	186
586	460	442	717	628	567
773	1226	910	880	1350	1028
Sh1 H in m	Sh2 H in m	Sh3 H in m	Sh4 H in m	Sh5 H in m	Media H in m
1	2.5	3	6	3	3
14.5	8	7	1.5	15	9
$V_{s30}$ m/s	$V_{s30}$ m/s	$V_{s30}$ m/s	$V_{s30}$ m/s	$V_{s30}$ m/s	$V_{s30}$ m/s
614	620	553	547	597	598

## 3. MISURE A STAZIONE SINGOLA HVSR

### 3.1 METODOLOGIA D'INDAGINE

La metodologia adottata è quella della sismica passiva, che sfrutta il rumore sismico ambientale presente ovunque in superficie. Tale rumore sismico è prodotto da vari fenomeni, quali l'attività dinamica terrestre, fenomeni atmosferici di grande portata (venti, onde marine), attività antropica. Il rumore sismico ambientale viene definito anche come "microtremore", in quanto è caratterizzato da oscillazioni molto più piccole di quelle generate dai terremoti nel campo vicino, pari a 10 -15 [m/s<sup>2</sup>]<sup>2</sup> in termini di accelerazione. Questa metodologia è definita come "passiva" in quanto il terreno non viene energizzato artificialmente nel corso delle registrazioni, come nella sismica a rifrazione.

Identificativo punto	Latitudine	Longitudine
<b>HVSR1</b>	42.993909	12.731027
<b>HVSR2</b>	42.993681	12.730110

Le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento WGS 84

L'indagine in oggetto è stata eseguita tramite una stazione singola di registrazione, costituita da tre velocimetri, calibrati, un verticale, e due orizzontali, con disposizione convenzionale N-S e E-W, di frequenza naturale pari a 2 Hz, (SR04MT). Per il punto/stazione di misura è stato particolarmente curato l'accoppiamento sensore/terreno, ed è stata eseguita una accurata livellazione e messa in bolla del sensore,

Le misure sono state acquisite in via digitale a 24 bit con una frequenza di campionamento di 200 Hz, con durata di registrazione compresa tra 15' .

### **3.2 ELABORAZIONE DATI**

Tra le varie tecniche consolidate per ricavare informazioni del sottosuolo, partendo dagli spettri del rumore sismico registrati, quella che ha riscosso maggiori consensi è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella del moto verticale, denominata HVSR da Horizontal to Vertical Spectral Ratio, o più brevemente H/V, nota anche come tecnica di Nakamura.

Le basi teoriche del metodo possono essere brevemente riassunte considerando un sottosuolo a due strati, con densità e velocità differenti. Un'onda che viaggia nello strato 1 viene parzialmente riflessa dall'orizzonte di separazione dei due strati, interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime, in condizione di risonanza, quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte ( o multipli dispari) lo spessore del primo strato.

Per le onde P di compressione ciò si traduce in:

$$f_r = V_{p1}/(4h)$$

mentre per le onde S in:

$$f_r = V_{s1}/(4h)$$

con  $f_r$  = frequenza di risonanza.

Essendo questo effetto teoricamente sommabile, la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza caratteristiche dei vari strati, ciò insieme ad una stima delle velocità, permette di prevedere con una certa approssimazione gli spessori

L'analisi spettrale, eseguita secondo le specifiche SESAME, ha permesso l'individuazione per tutte le acquisizioni della frequenza fondamentale  $f_0$  con una distribuzione compresa tra 0.83 Hz (HV5) e 0.86 Hz (HV2).

Per ogni analisi eseguita si è potuto identificare un contrasto di impedenza alle basse frequenze indizio della presenza di un “bedrock sismico”.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti.

Identificativo punto	Latitudine	Longitudine	f0 (Hz)
HVSR1	42.993909	12.731027	0.86
HVSR2	42.993681	12.730110	0.83

### 3.3 RISULTATI HVSR 1

Data acquisizione	07/08/2014
Durata	15'
Finestre di campionamento	10''
Frequenza caratteristica di sito f0 [Hz]	0.86

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	1	Vertical	07/08/2014 00:00:00	13h57m	14h12m	200	0,005	180000	15m	0	0	0	Waveform
2	2	North	07/08/2014 00:00:00	13h57m	14h12m	200	0,005	180000	15m	0	0	0	Waveform
3	3	East	07/08/2014 00:00:00	13h57m	14h12m	200	0,005	180000	15m	0	0	0	Waveform

Tabelle e settaggi

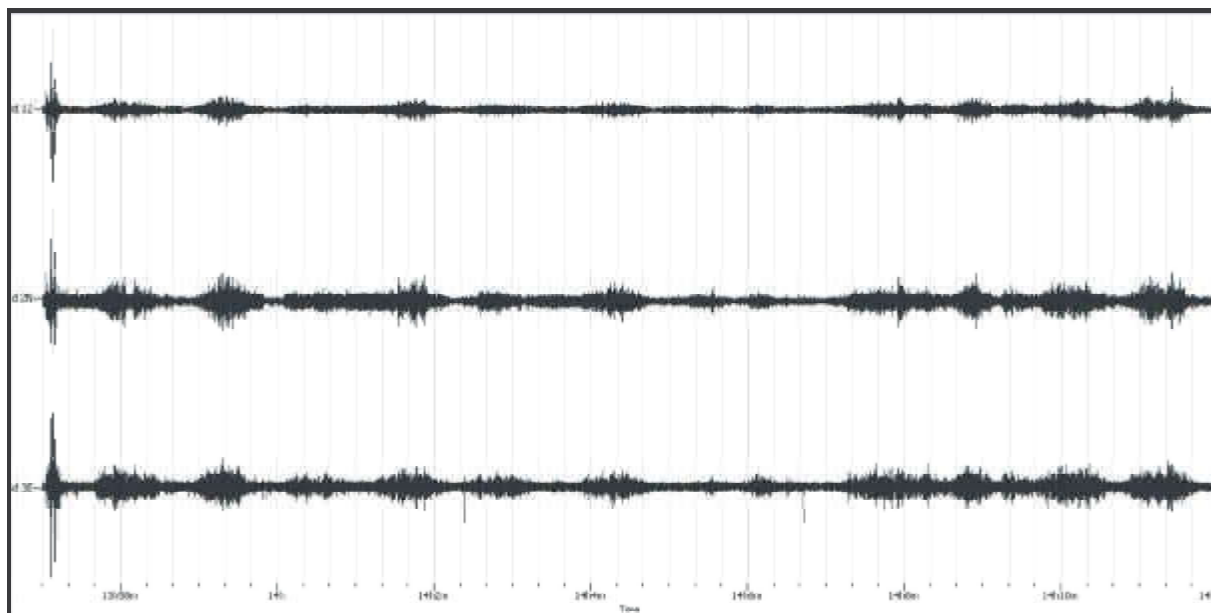
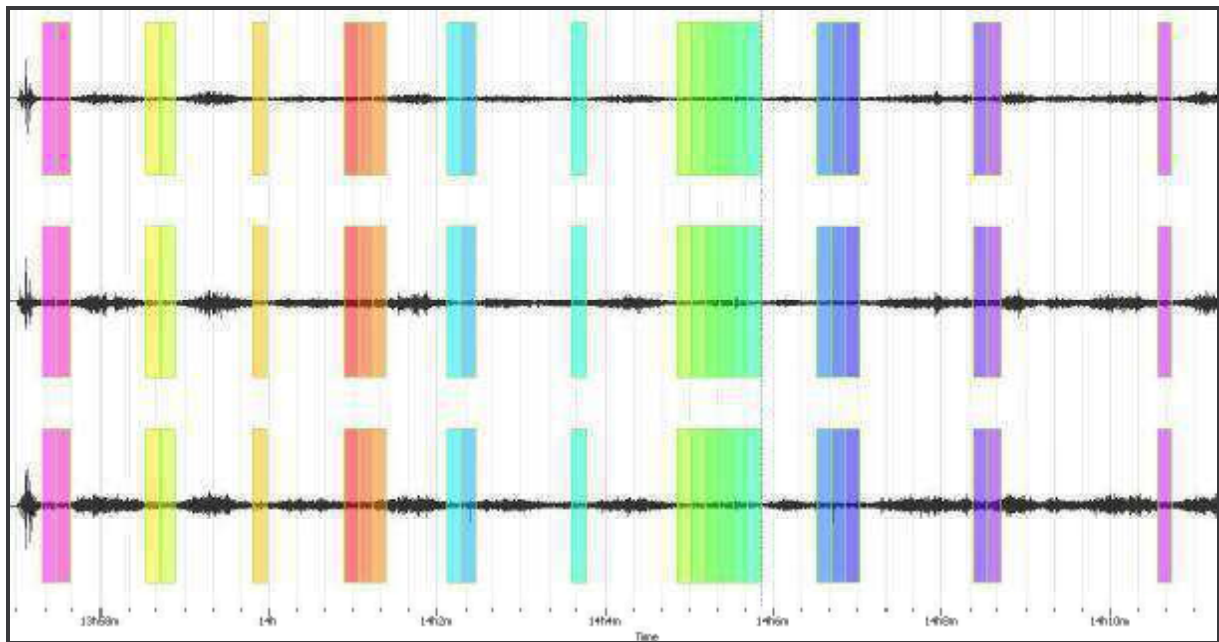


Grafico ampiezza tempo del segnale acquisito nelle tre componenti: Verticale; orizzontale N-S, E-W



Analisi del segnale: definizione delle finestre di calcolo del range di frequenza

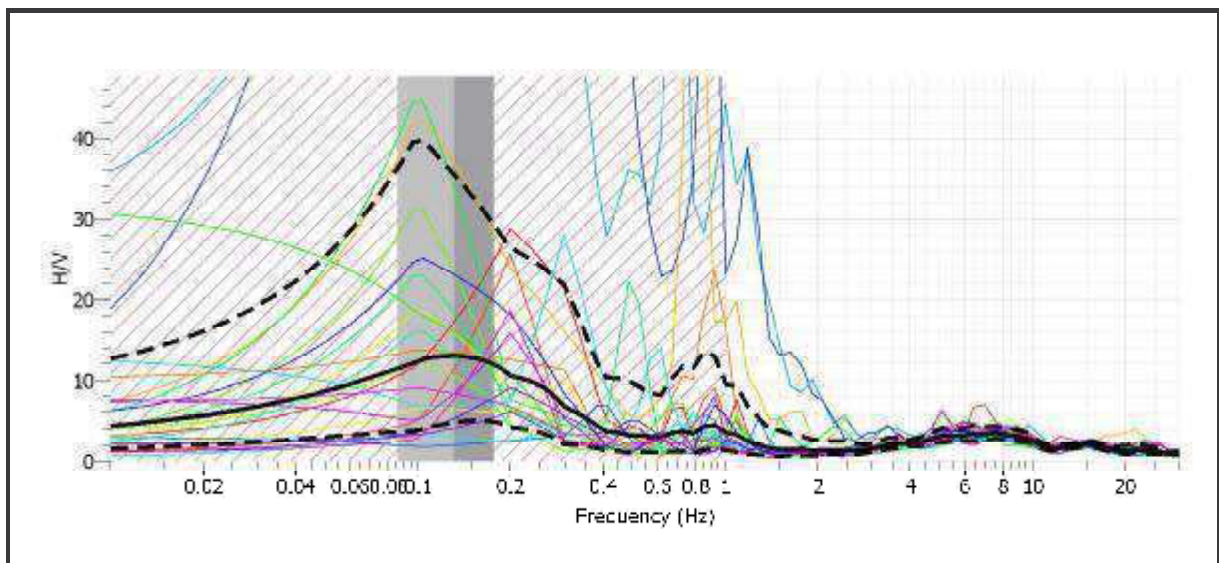


Grafico del rapporto calcolato H/V

Nel grafico H/V si mette in evidenza una situazione caratterizzata dalla presenza un ampio picco schiacciato alle frequenze comprese 0.04 Hz e 0.4 Hz che identificano con ogni probabilità la formazione di uno litotipo ad alta impedenza localizzato in profondità. Viene inoltre analizzato la presenza di una superficie ad alta impedenza, compresa tra 0.6 e 1 Hz, che separa la copertura superficiale da un substrato impedente entro i primi dieci metri di profondità. I picchi alle alte frequenze sono caratteristici di rumori antropici e/o ambientali.

La  $f_0$  calcolata per il punto è pari a 0.86 Hz.



## 3.4 RISULTATI HVSR 2

Data acquisizione	07/08/2014
Durata	15'
Finestre di campionamento	10''
Frequenza caratteristica di sito $f_0$ [Hz]	0.83

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	1	Vertical	07/08/2014 00:00:00	16h41m	16h56m	200	0,005	180000	15m	0	0	0	Waveform
2	2	North	07/08/2014 00:00:00	16h41m	16h56m	200	0,005	180000	15m	0	0	0	Waveform
3	3	East	07/08/2014 00:00:00	16h41m	16h56m	200	0,005	180000	15m	0	0	0	Waveform

Tabelle e settaggi

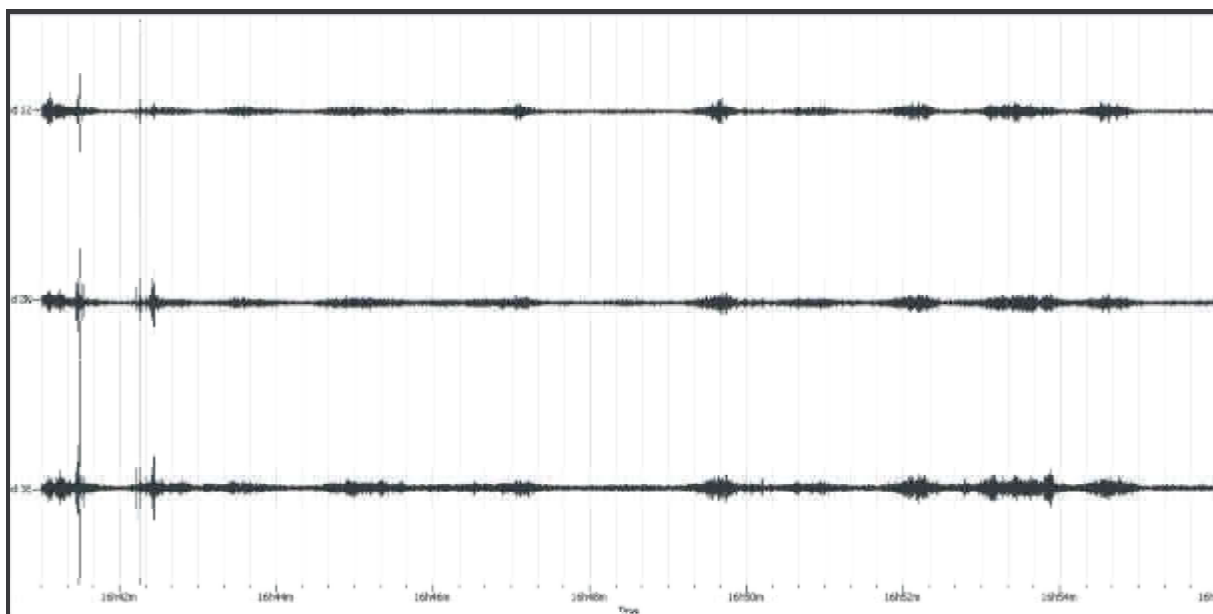
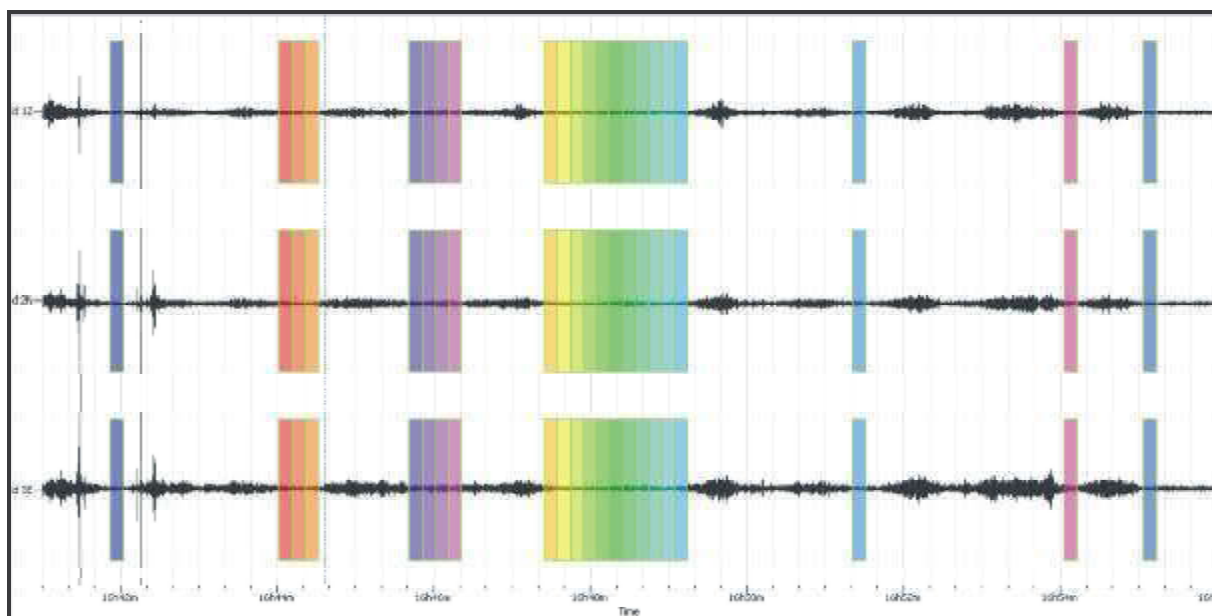


Grafico ampiezza tempo del segnale acquisito nelle tre componenti: Verticale; orizzontale N-S, E-W



Analisi del segnale: definizione delle finestre di calcolo del range di frequenza

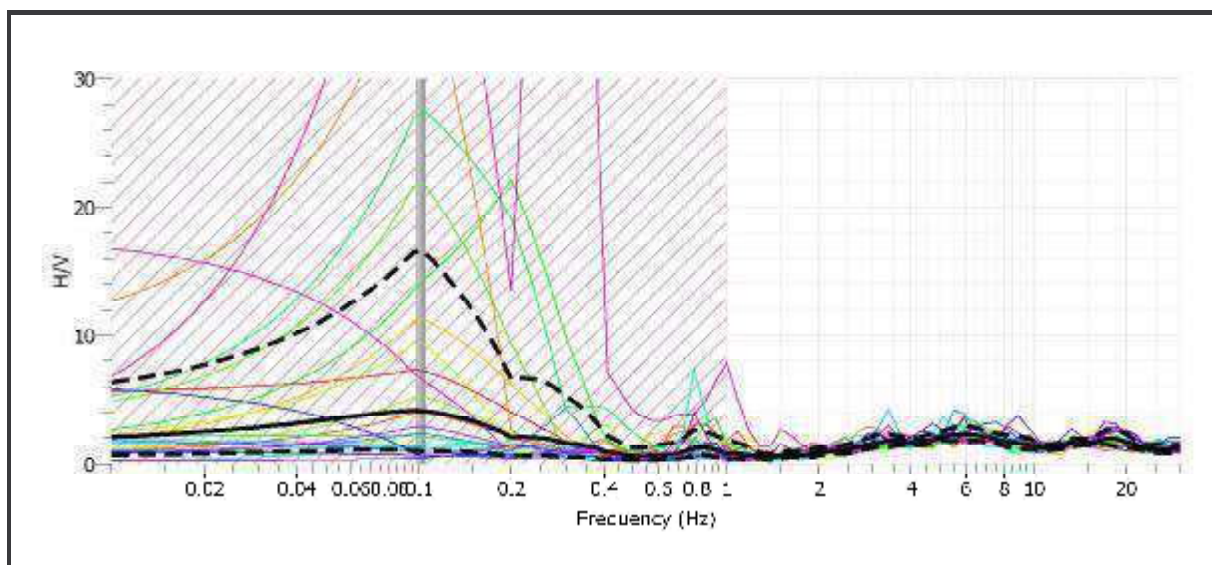


Grafico del rapporto calcolato H/V

Nel grafico H/V si mette in evidenza una situazione caratterizzata dalla presenza un ampio picco schiacciato alle frequenze comprese 0.34 Hz e 0.4 Hz che identificano con ogni probabilità la formazione di uno litotipo ad alta impedenza localizzato in profondità. Viene inoltre analizzato la presenza di una superficie ad alta impedenza, compresa tra 0.65 e 1.30 Hz, che separa la copertura superficiale fine da un substrato impedente entro i primi dieci metri di profondità. I picchi alle alte frequenze sono caratteristici di rumori antropici e/o ambientali.

La  $f_0$  calcolata per il punto è pari a 0.83 Hz.

#### 4. CONCLUSIONI

Le indagini sismiche a rifrazione in onde P S, hanno permesso una ricostruzione sismostratigrafica dei terreni in monte della corona di distacco della frana, evidenziando la presenza di una successione di strati a velocità  $V_p$  e  $V_s$  differenziabili, non sempre omogenee lateralmente e crescenti gradualmente con la profondità.

Dai dati delle  $V_s$ , calcolati tramite i profili a rifrazione, è stato inoltre ricavato il valore della  $V_{s30}$  equivalente.

Le misure di microtremori a stazione singola HVSR hanno a loro volta permesso di stimare la frequenza caratteristica di sito del punto.

Perugia agosto 2014

IDROGEOTEC

Dott. Geol Paolo Boila





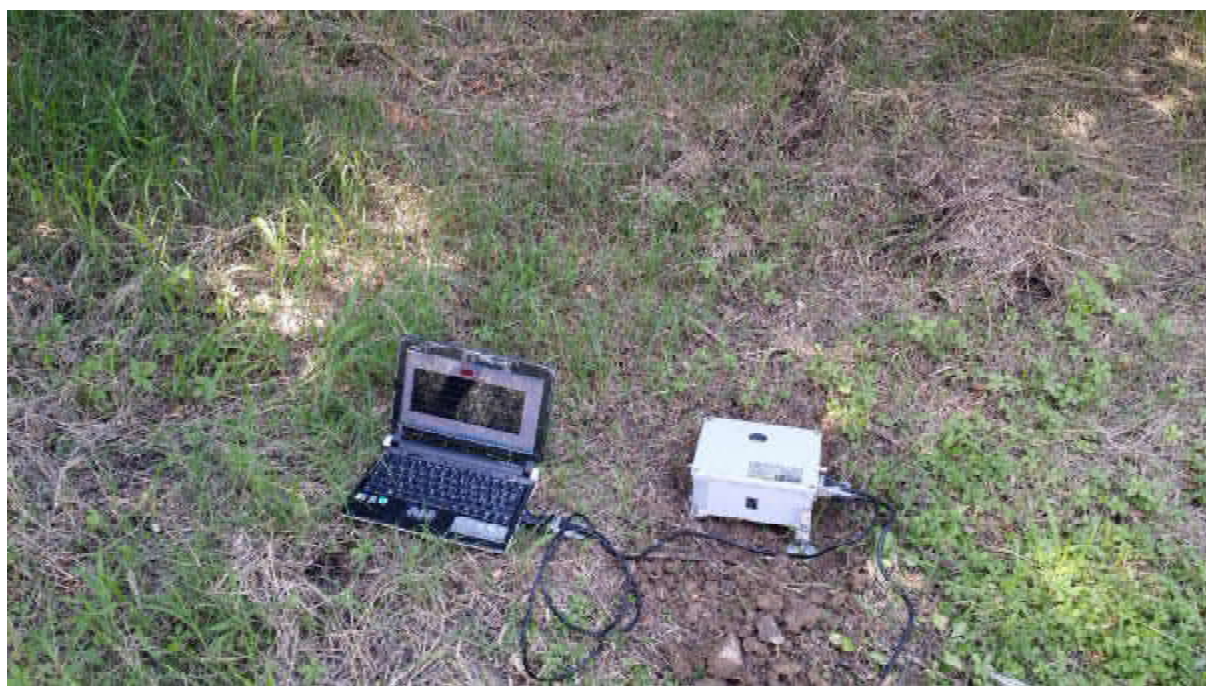
## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SISMICA PASSIVA HVSR**

### **STAZIONE HVSR1**



**Particolare stazione HVSR 1**

### **STAZIONE HVSR2**



**Particolare stazione HVSR 2**



## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SISMICA A RIFRAZIONE**

### **PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE P1 E S1**



**Ubicazione profilo sismico P1 e S1**



**Particolare energizzazione onde di taglio per attrito radente profilo S1**





**Particolare energizzazione onde di compressione profilo P1**



**Particolare stazione di acquisizione**



## **PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE P2 E S2**



**Ubicazione profilo sismico P2 e S2**



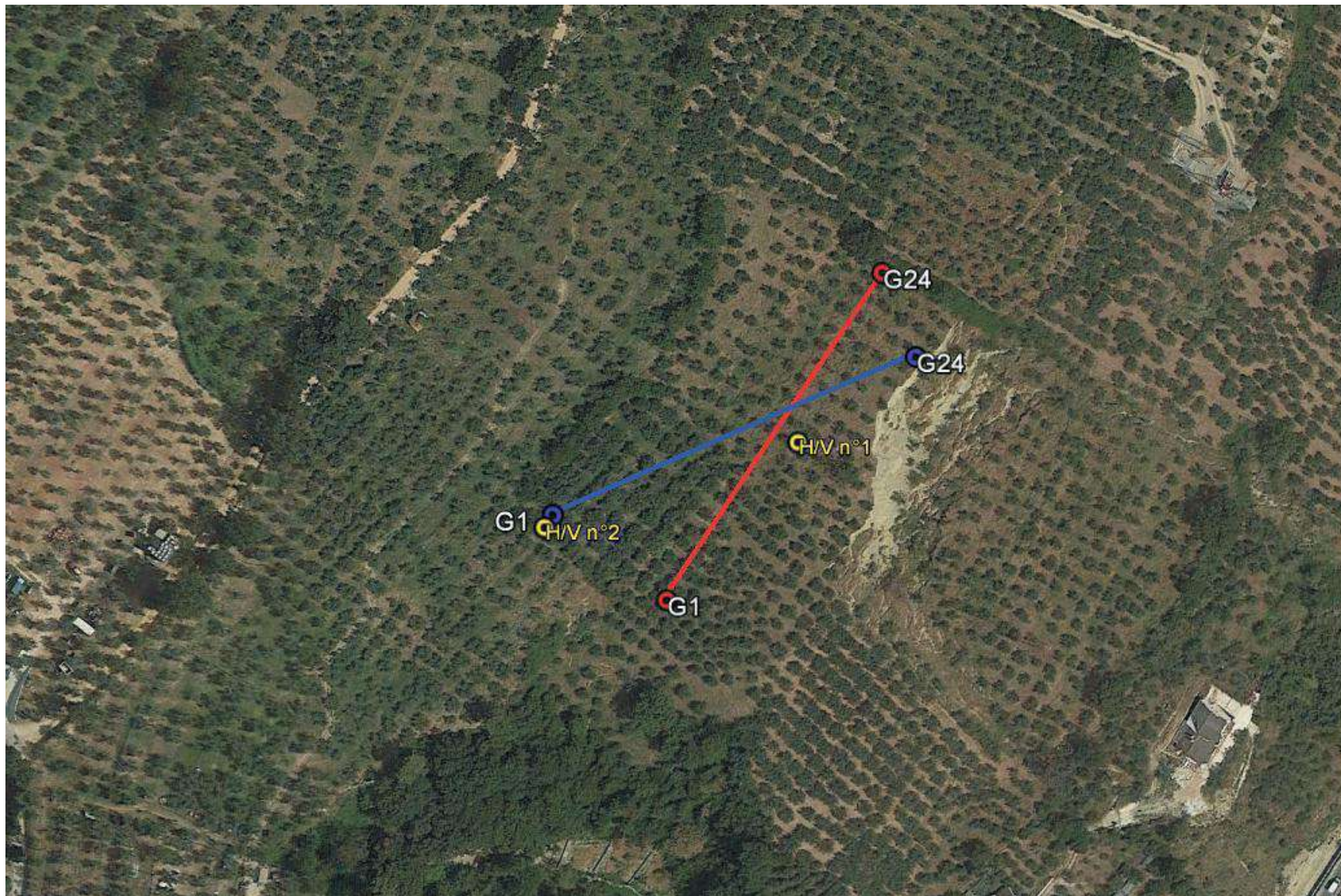
**Particolare energizzazione onde di taglio per attrito radente profilo S2**






**Particolare energizzazione onde di compressione profilo P2**



## UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

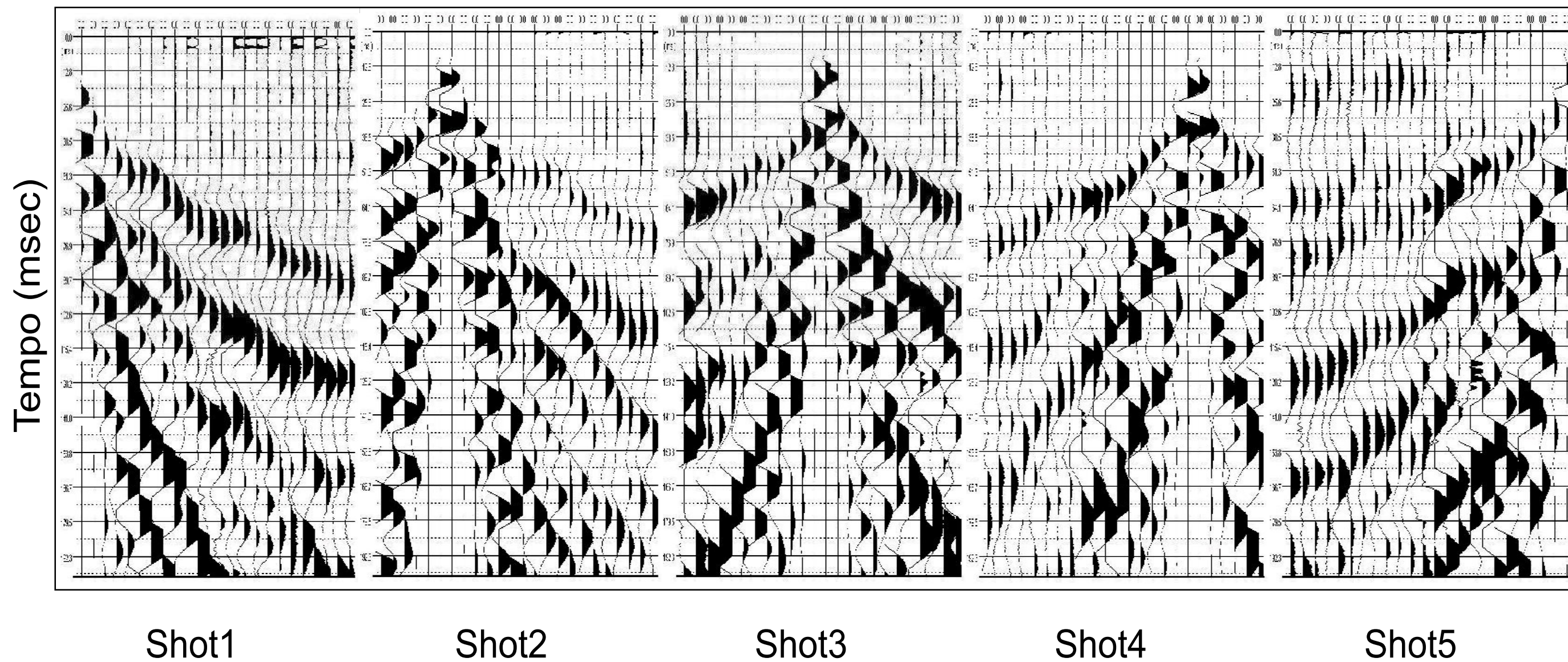


-  Ubicazione indagini sismiche a rifrazione profilo P1 e S1
-  Ubicazione indagini sismiche a rifrazione profilo P2 e S2

 Ubicazione indagini sismiche passive HVSR



**Sismica a rifrazione in onde P**  
**Profilo P1**  
**Località San Giovanni Profiamma**  
**Comune di Foligno**  
**Geofoni**

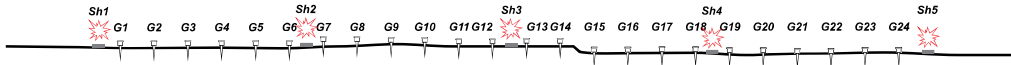


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

DATI ACQUISITI ED ELABORATI

SW

NE



PROFILO n° P1

ESEGUITO IL: 07/08/2014

LOCALITÀ: San Giovanni Profiamma UBICAZIONE: Comune di Foligno

## GEOMETRIA DEL DISPOSITIVO

numero geofoni	24	distanza intergeofonica (m)	5	lunghezza base sismica (m)	120	numero shot	5
----------------	----	-----------------------------	---	----------------------------	-----	-------------	---

distanze shot point (m)	0,0	30,0	60,0	90,0	120,0	
quote shot point (m)	0,0	3,0	6,0	4,5	3,0	

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
distanze geofoni (m)	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5	112,5	117,5
quote geofoni (m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## FIRST BREAK TIME (ms)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
Sh1	13,7	22,0	28,5	34,0	36,4	38,8	39,8	43,3	46,0	50,5	53,2	54,6	56,0	56,7	57,0	58,7	60,4	63,9	65,9	66,6	68,7	72,8	74,2	76,9
Sh2	36,1	32,6	31,6	28,5	22,7	10,3	10,3	19,2	26,4	34,0	39,5	40,2	41,5	42,2	42,9	44,0	44,6	48,1	51,5	52,2	53,9	55,0	57,3	59,8
Sh3	52,9	49,5	48,1	47,0	45,0	41,5	38,1	37,8	36,8	33,0	22,3	9,3	6,2	20,6	25,8	30,9	33,0	39,2	40,9	42,2	45,3	47,4	49,8	50,8
Sh4	62,5	60,4	59,8	59,4	56,3	53,6	51,5	50,1	48,8	47,4	46,0	45,3	42,2	37,1	34,0	30,6	23,0	11,0	9,6	25,1	31,6	34,3	37,1	38,5
Sh5	70,4	69,0	67,7	66,3	64,9	61,8	59,8	59,4	57,3	56,3	55,0	53,2	47,7	45,0	42,6	40,9	39,5	38,1	34,3	30,2	27,5	24,7	17,2	6,2

	Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5
layer 1	182	243	363	303	483
layer 2	742	503	853	922	1916
layer 3	2456	2132	2400	2494	3121
layer 4					

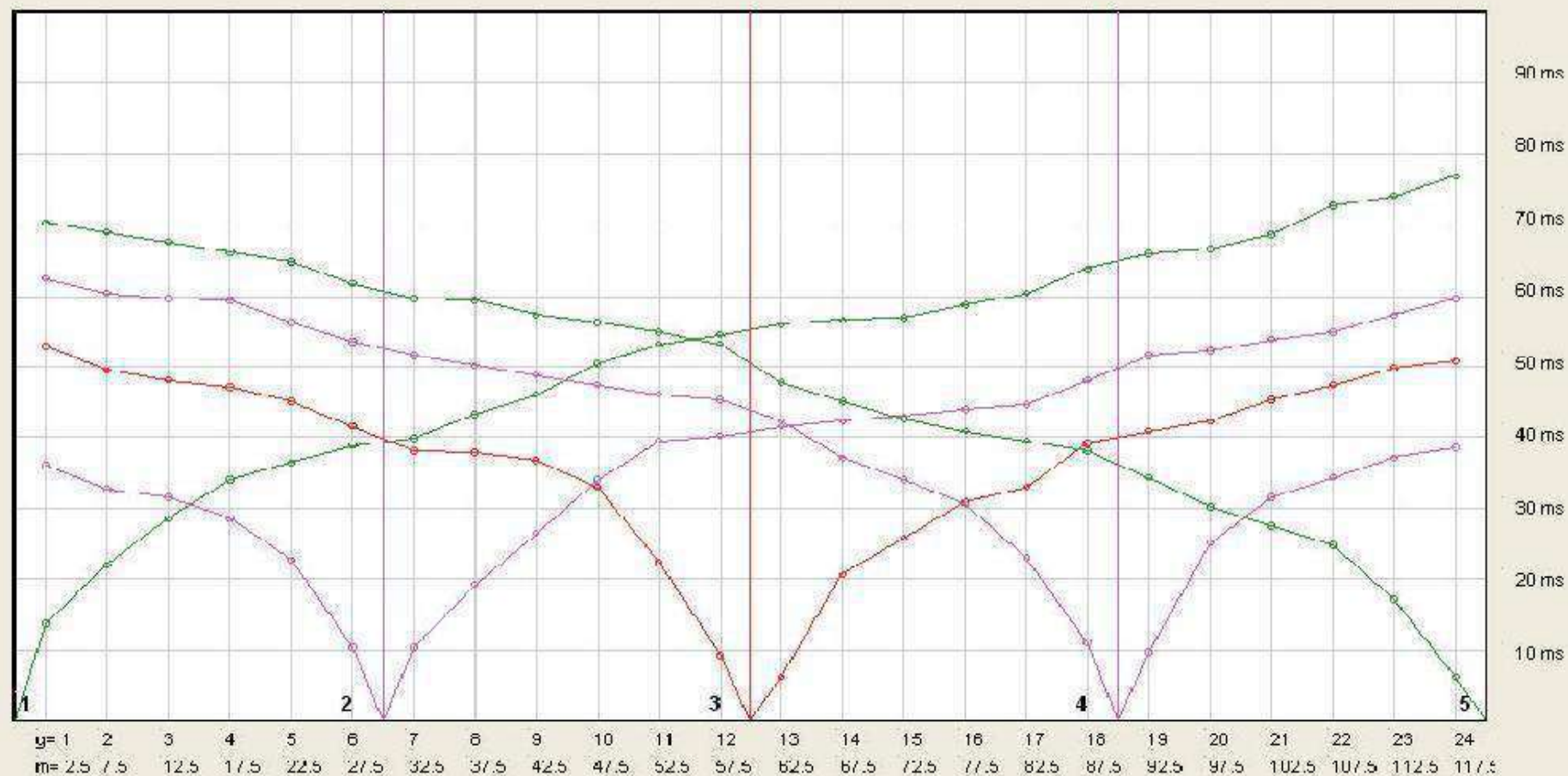
	rifrattore 1	1.03	0.80	2.71	2.68	4.72
PROFONDITÀ RIFRATTORI (m)	rifrattore 2	6.65	4.75	6.04	5.98	16.51
	rifrattore 3					



# **Dromocrona- Profilo sismico P1** **Località San Giovanni Profiamma** **Comune di Foligno**

Coord= 118 meters 28 ms

Velocity=



Tempi

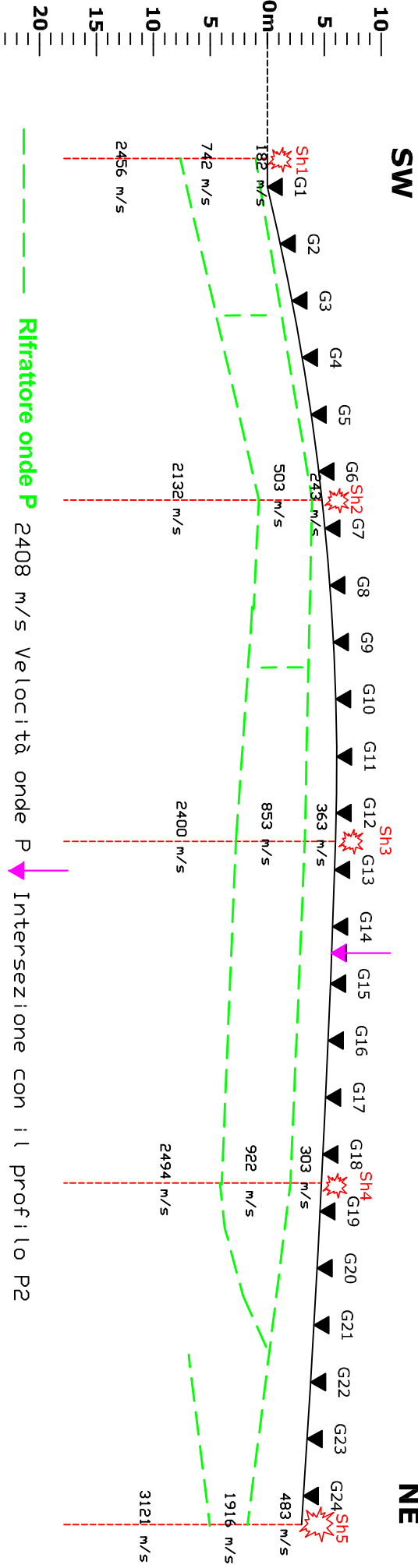
Geofoni  
Distanza in m



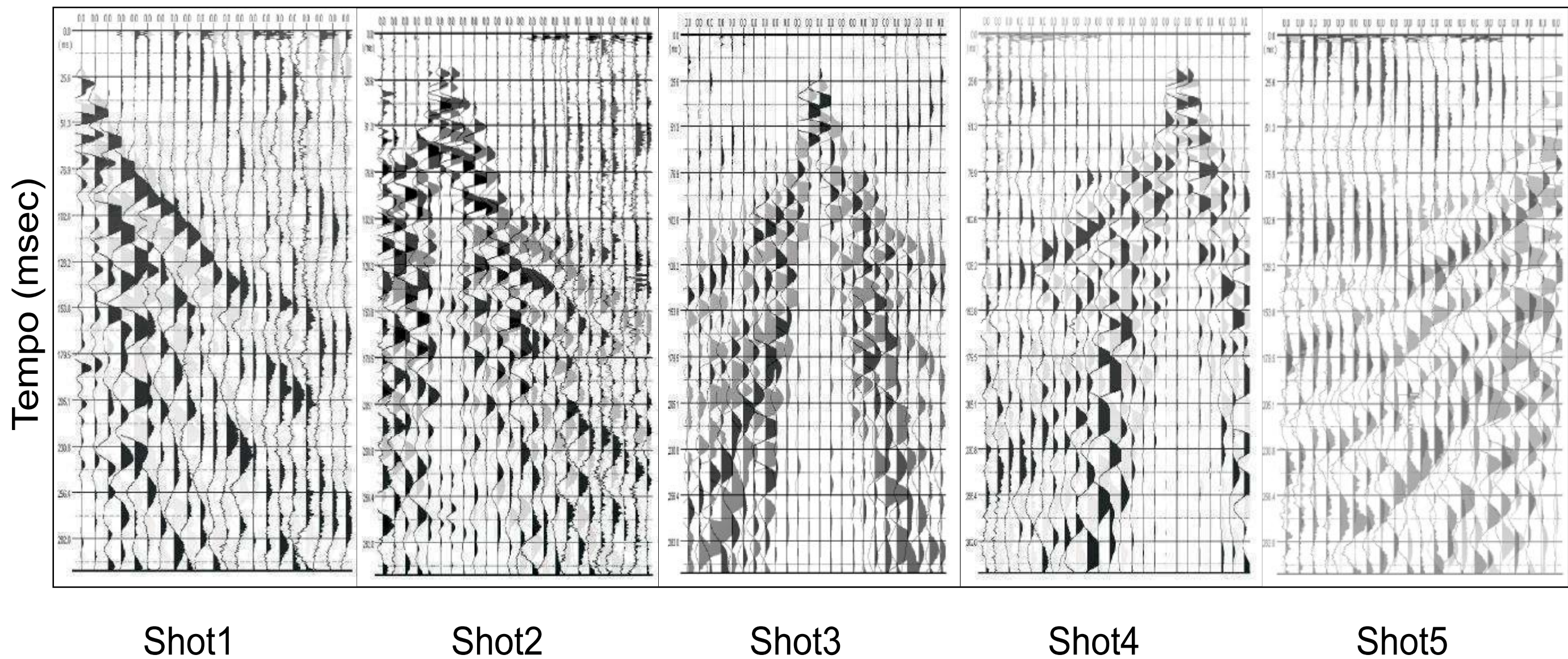
# Profilo sismico a rifrazione in onde P

## Frana in località San Giovanni Profiamma

### SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA



**Sismica a rifrazione in onde S**  
**Profilo S1**  
**Località San Giovanni Profiamma**  
**Comune di Foligno**  
**Geofoni**

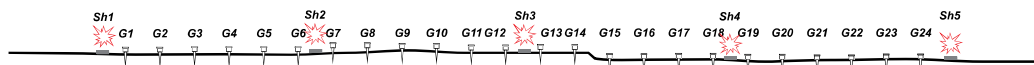


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

DATI ACQUISITI ED ELABORATI

SW

NE



PROFILO n° S1

ESEGUITO IL: 07/08/2014

LOCALITÀ: San Giovanni Profiamma UBICAZIONE: Comune di Foligno

## GEOMETRIA DEL DISPOSITIVO

<b>numero geofoni</b>	24	<b>distanza intergeofonica (m)</b>	5	<b>lunghezza base sismica (m)</b>	120	<b>numero shot</b>	5
-----------------------	----	------------------------------------	---	-----------------------------------	-----	--------------------	---

<b>distanze shot point (m)</b>	0,0	30,0	60,0	90,0	120,0	
<b>quote shot point (m)</b>	0,0	3,0	6,0	4,5	3,0	

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
<b>distanze geofoni (m)</b>	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5	112,5	117,5
<b>quote geofoni (m)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## FIRST BREAK TIME (ms)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
<b>Sh1</b>	17,0	30,9	38,6	49,5	64,4	68,5	77,3	81,4	87,6	92,2	96,9	105,6	109,7	111,3	112,8	114,4	117,5	120,1	122,1	124,2	125,7	129,3	131,9	134,5
<b>Sh2</b>	70,1	65,9	62,9	51,5	39,7	16,5	16,0	33,5	42,8	58,2	80,4	93,3	96,3	98,4	99,4	101,5	104,1	109,2	114,4	120,6	124,7	126,8	129,3	134,0
<b>Sh3</b>	119,5	116,7	114,4	108,2	102,3	93,8	89,1	84,0	71,6	57,2	51,5	22,4	18,5	45,3	55,4	69,8	76,3	79,6	101,2	106,1	108,4	111,8	113,9	117,5
<b>Sh4</b>	128,8	124,9	119,5	113,9	107,7	103,8	97,9	85,5	76,8	71,6	69,3	64,9	62,1	58,5	54,4	47,9	33,5	14,9	15,5	37,6	47,1	52,5	64,7	73,4
<b>Sh5</b>	130,0	128,0	123,0	116,0	111,0	108,0	104,6	102,0	98,9	98,9	97,9	96,3	94,3	92,7	89,7	88,1	81,9	78,8	73,7	62,3	51,0	48,4	30,4	15,5

	Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5
<b>layer 1</b>	335	199	142	220	251
<b>layer 2</b>	875	364	467	646	710
<b>layer 3</b>	2194	1398	1177	960	1860
<b>layer 4</b>					

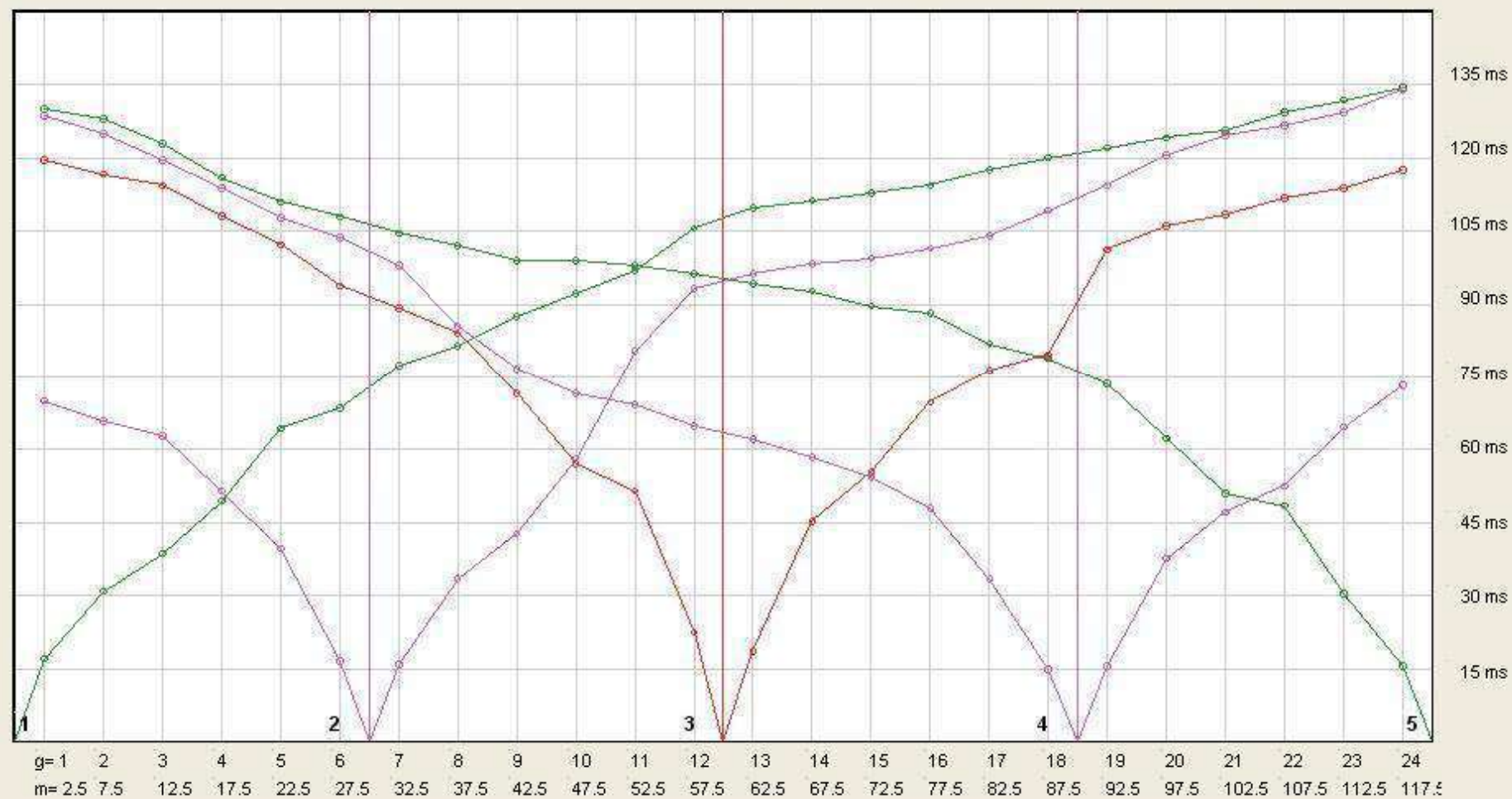
	rifratte 1	rifratte 2	rifratte 3	rifratte 4	rifratte 5
<b>PROFONDITÀ RIFRATTORI (m)</b>	6.98	1.72	2.51	3.12	4.08
	18.52	8.18	9.75	1.30	11.41

IDROGEOTEC S.N.C.



# **Dromocrona- Profilo sismico S1** **Località San Giovanni Profiamma** **Comune di Foligno**

Coord= 118 meters 57ms



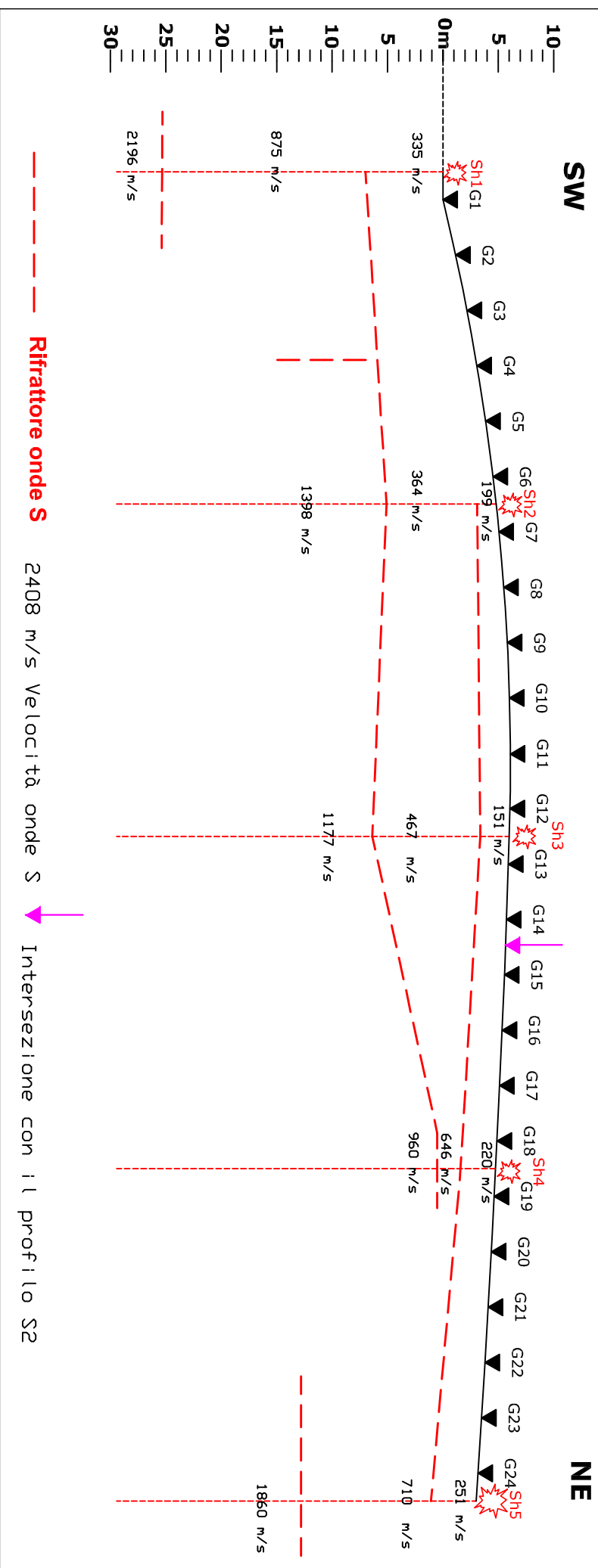
Tempi

Geofoni  
Distanza in m

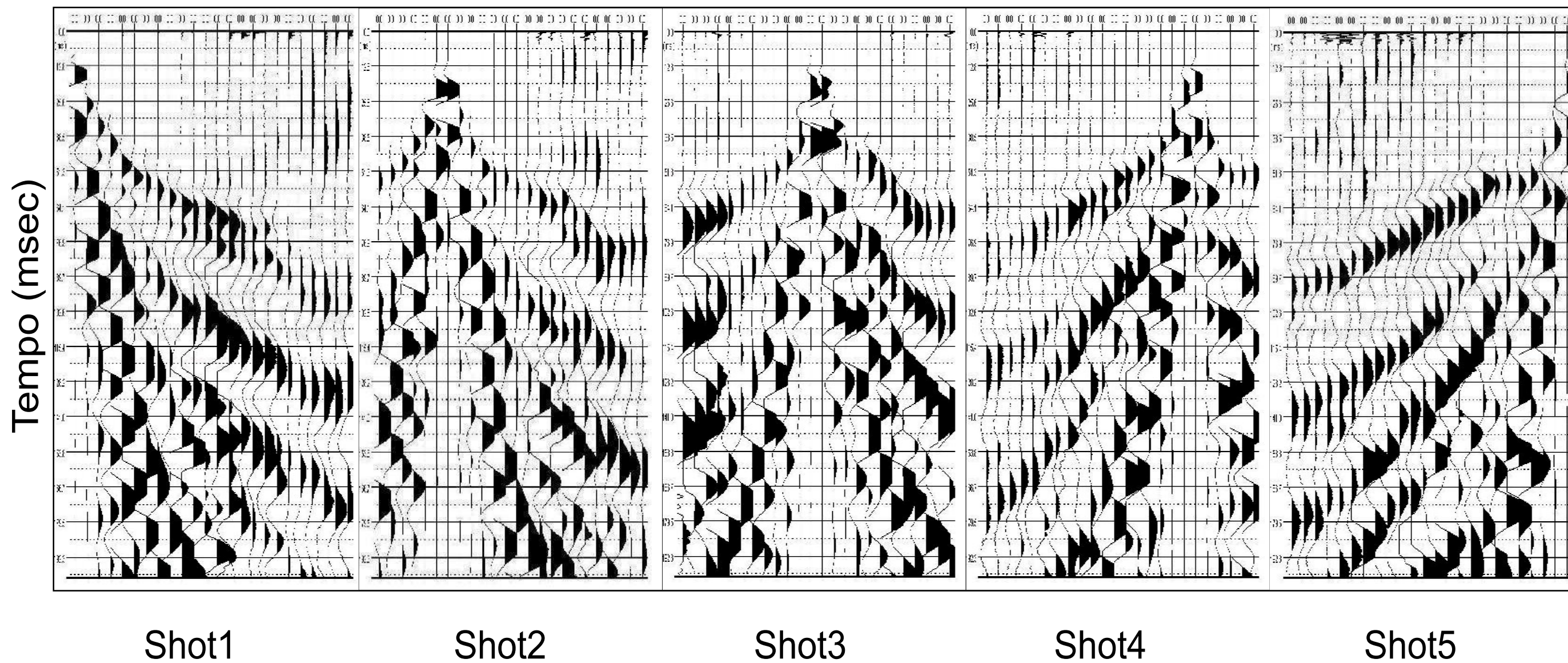
# Profilo sismico a rifrazione in onde S

## Frana in località San Giovanni Profiamma

### SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA



**Sismica a rifrazione in onde P**  
**Profilo P2**  
**Località San Giovanni Profiamma**  
**Comune di Foligno**  
**Geofoni**



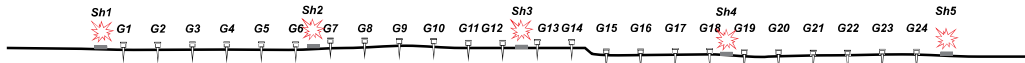


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

DATI ACQUISITI ED ELABORATI

WSW

ENE



PROFILO n° P2

ESEGUITO IL: 07/08/2014

LOCALITÀ: San Giovanni Profiamma UBICAZIONE: Comune di Foligno

## GEOMETRIA DEL DISPOSITIVO

numero geofoni	24	distanza intergeofonica (m)	5	lunghezza base sismica (m)	120	numero shot	5
----------------	----	-----------------------------	---	----------------------------	-----	-------------	---

distanze shot point (m)	0,0	30,0	60,0	90,0	120,0	
quote shot point (m)	15,0	10,5	6,0	3,0	0,0	

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
distanze geofoni (m)	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5	112,5	117,5
quote geofoni (m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## FIRST BREAK TIME (ms)

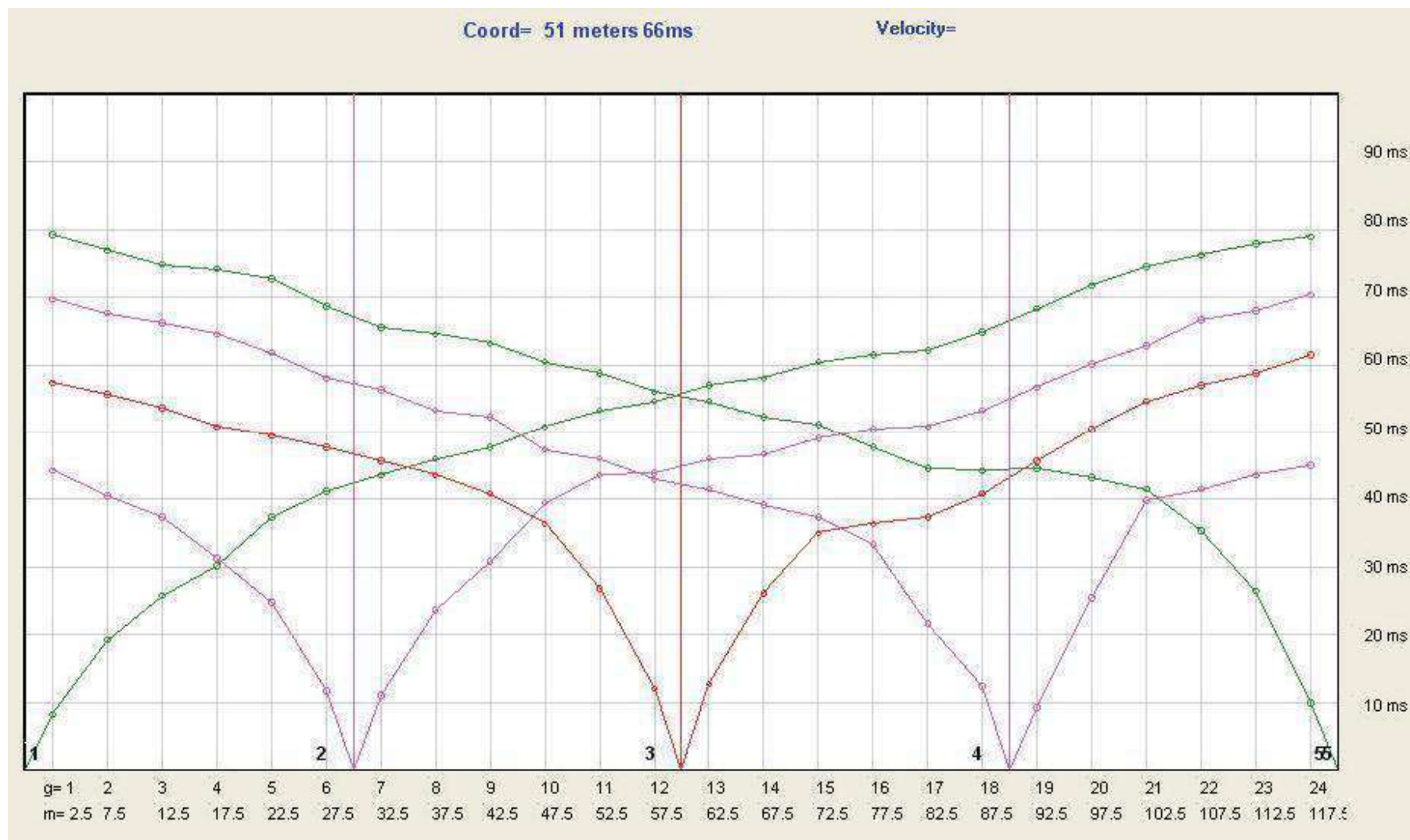
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
Sh1	8,2	19,2	25,8	30,2	37,4	41,2	43,6	46,0	47,7	50,8	53,2	54,6	57,0	58,0	60,4	61,5	62,2	64,9	68,3	71,8	74,5	76,2	77,9	79,0
Sh2	44,3	40,5	37,4	31,3	24,7	11,7	11,0	23,7	30,9	39,5	43,6	44,0	46,0	46,7	49,1	50,5	50,8	53,2	56,7	60,1	62,8	66,6	68,0	70,4
Sh3	57,3	55,6	53,6	50,8	49,5	47,7	45,7	43,6	40,9	36,4	26,8	12,0	12,7	26,1	35,0	36,4	37,4	40,9	45,7	50,5	54,6	57,0	58,7	61,5
Sh4	69,7	67,7	66,3	64,6	61,8	58,0	56,3	53,2	52,2	47,4	46,0	42,9	41,5	39,2	37,4	33,3	21,6	12,4	9,3	25,4	39,8	41,5	43,6	45,0
Sh5	79,3	76,9	74,9	74,2	72,8	68,7	65,6	64,6	63,2	60,4	58,7	56,0	54,6	52,2	51,2	47,7	44,6	44,3	44,6	43,3	41,5	35,4	26,4	10,0

	Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5
layer 1	379	259	272	325	394
layer 2	846	471	441	510	1693
layer 3	2348	1427	1460	2450	2432
layer 4					

	rifrattore 1	rifrattore 2	rifrattore 3
PROFONDITÀ RIFRATTORI (m)	2.02	1.29	2.64
	8.17	3.79	4.41

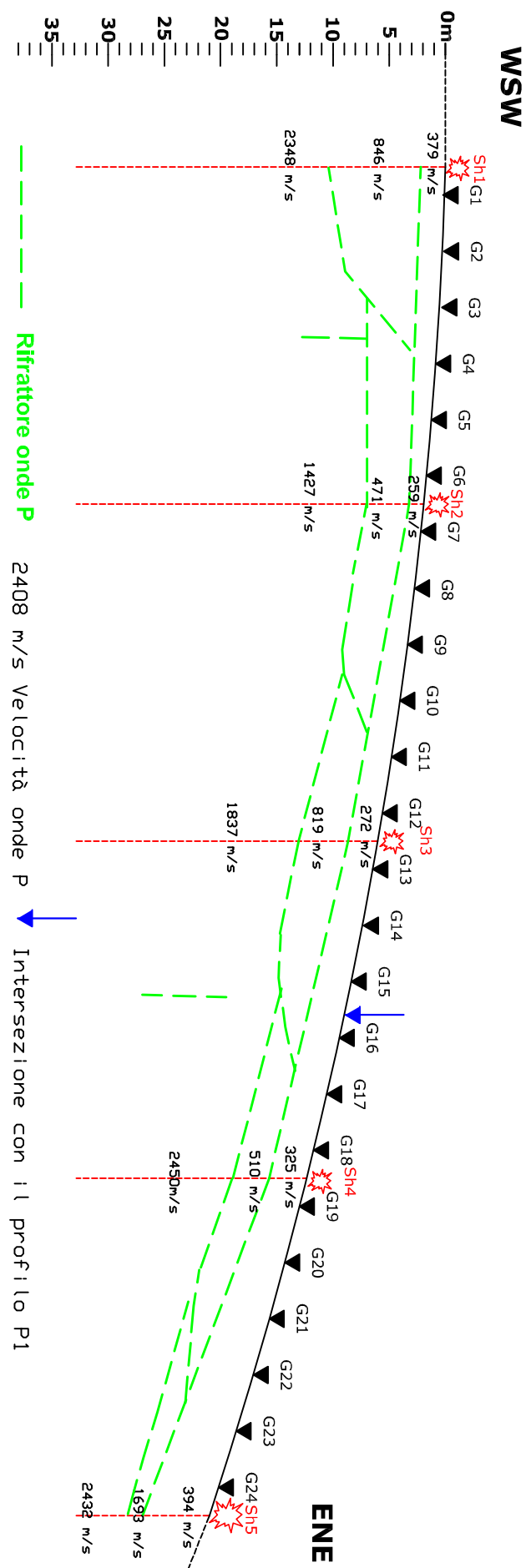
IDROGEOTEC S.N.C.

# **Dromocrona- Profilo sismico P2** **Località San Giovanni Profiamma** **Comune di Foligno**



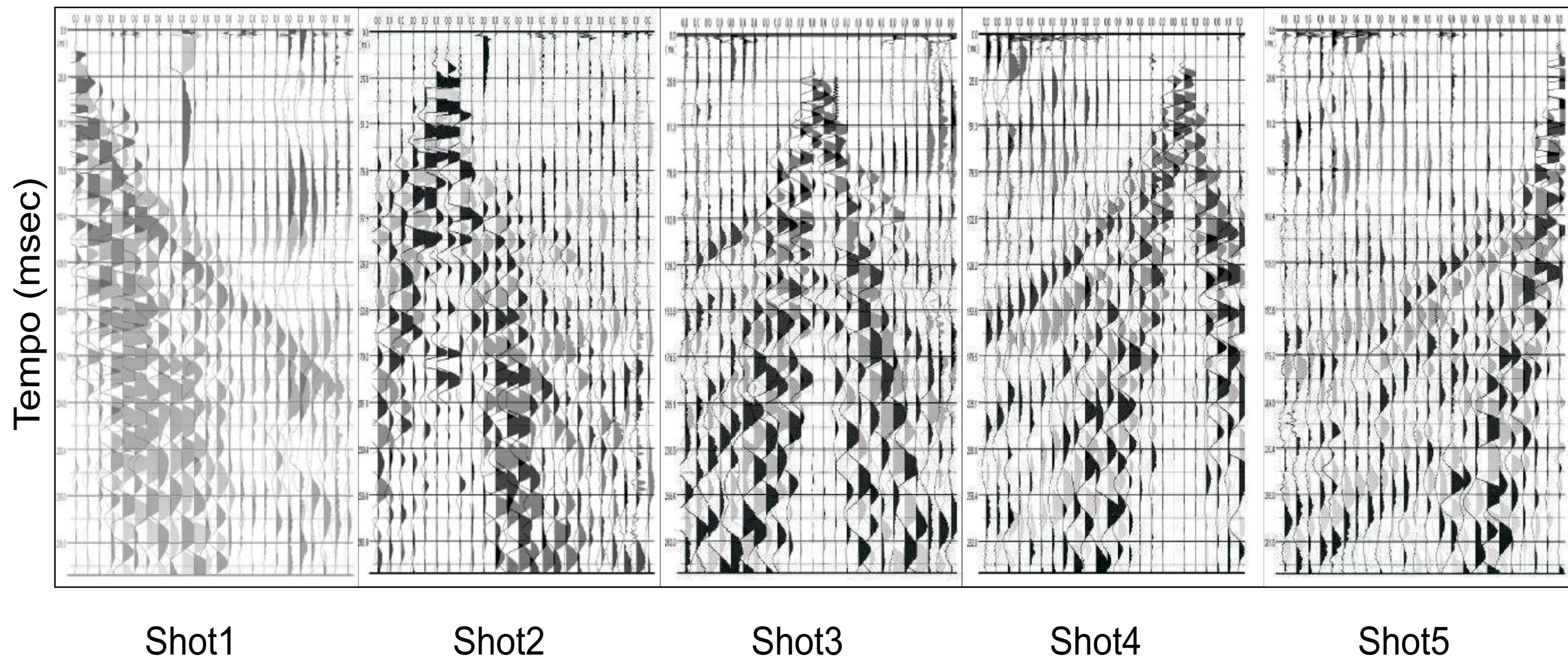
Geofoni  
Distanza in m

Profilo sismico a rifrazione in onde P  
Frana in località San Giovanni Profiamma  
SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA





**Sismica a rifrazione in onde S**  
**Profilo S2**  
**Località San Giovanni Profiamma**  
**Comune di Foligno**  
**Geofoni**

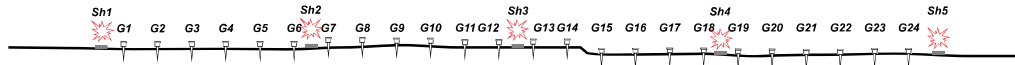


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

DATI ACQUISITI ED ELABORATI

WSW

ENE



PROFILO n° S2

ESEGUITO IL: 07/08/2014

LOCALITÀ: San Giovanni Profiamma UBICAZIONE: Comune di Foligno

## GEOMETRIA DEL DISPOSITIVO

numero geofoni	24	distanza intergeofonica (m)	5	lunghezza base sismica (m)	120	numero shot	5
----------------	----	-----------------------------	---	----------------------------	-----	-------------	---

distanze shot point (m)	0,0	30,0	60,0	90,0	120,0	
quote shot point (m)	15,0	10,5	6,0	3,0	0,0	

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
distanze geofoni (m)	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5	112,5	117,5
quote geofoni (m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## FIRST BREAK TIME (ms)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
Sh1	13,4	23,7	30,9	37,6	43,3	51,5	61,3	72,1	76,8	84,5	100,5	106,1	112,8	127,8	136,0	140,1	145,8	148,9	157,1	167,4	176,7	179,8	186,0	190,1
Sh2	69,6	65,4	59,8	37,1	26,3	18,0	14,9	41,2	62,9	75,7	85,5	91,2	98,4	104,1	109,2	111,8	113,3	117,0	121,6	124,7	128,3	131,9	134,0	136,5
Sh3	122,1	116,4	106,7	103,6	102,5	99,9	94,8	76,3	57,7	51,0	38,6	17,5	21,1	47,4	64,9	73,7	76,8	84,5	93,3	99,4	105,6	108,7	120,1	126,8
Sh4	141,7	137,1	133,4	129,8	124,2	119,5	110,8	103,6	95,3	91,2	88,6	85,0	81,9	75,2	70,6	42,3	32,5	19,1	14,9	36,1	68,5	76,8	83,5	88,6
Sh5	164,4	159,2	156,1	152,5	151,0	148,9	146,3	142,7	141,7	136,0	131,9	128,8	123,7	115,4	110,3	104,1	89,7	86,0	81,4	78,3	67,5	52,0	43,8	14,4

	Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5
layer 1	186	166	183	221	172
layer 2	586	460	442	717	628
layer 3	773	1226	910	922	1350
layer 4					

VELOCITÀ CALCOLATE (m/s)

	rifrattore 1	2.02	1.29	2.64	3.34	5.94
PROFONDITÀ RIFRATTORI (m)	rifrattore 2	8.17	3.79	4.41	3.17	1.38
	rifrattore 3					

IDROGEOTEC S.N.C.

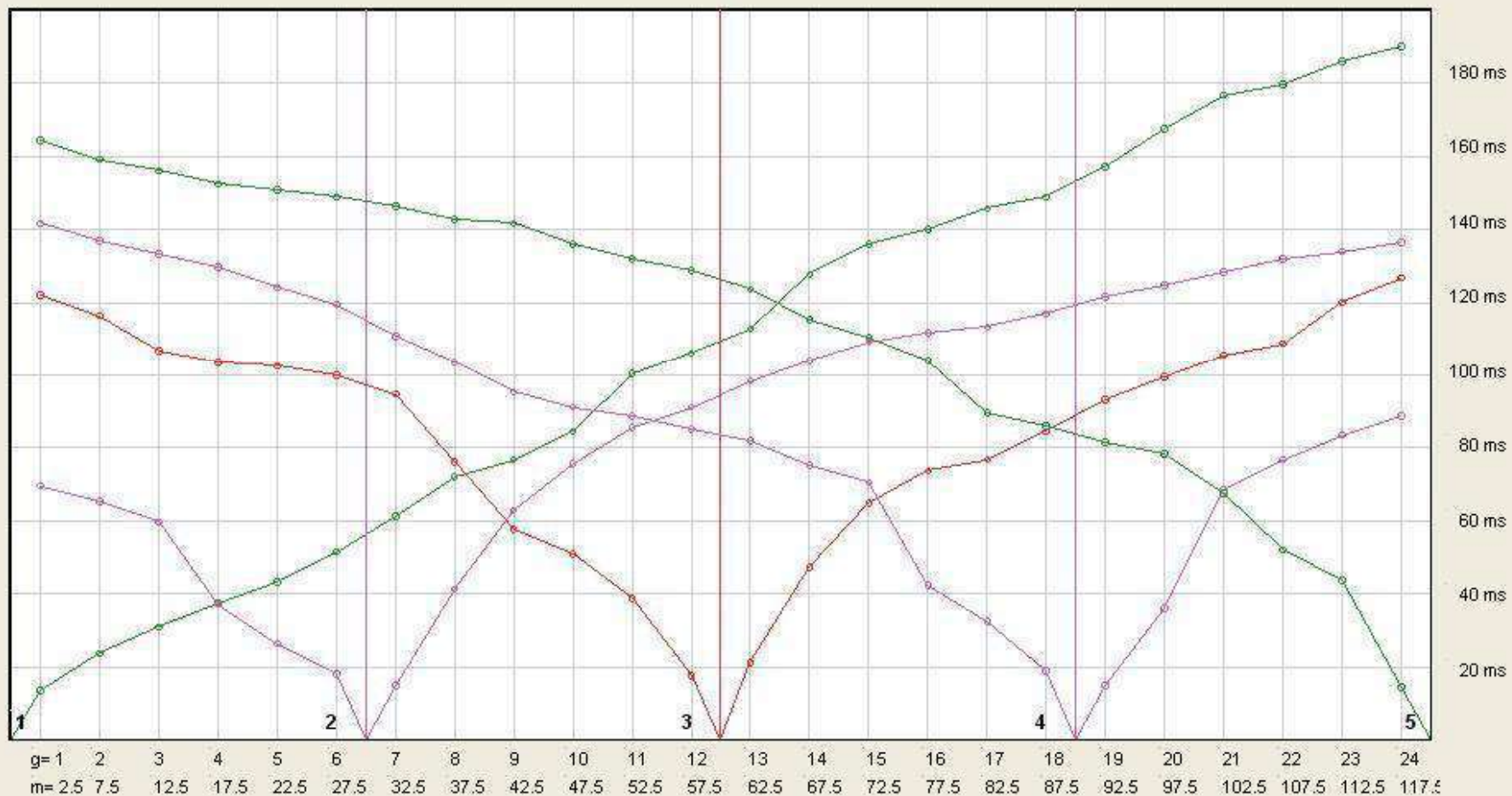


# **Dromocrona- Profilo sismico S2** **Località San Giovanni Profiamma** **Comune di Foligno**

Coord= 118 meters 196ms

Velocity=

Tempi

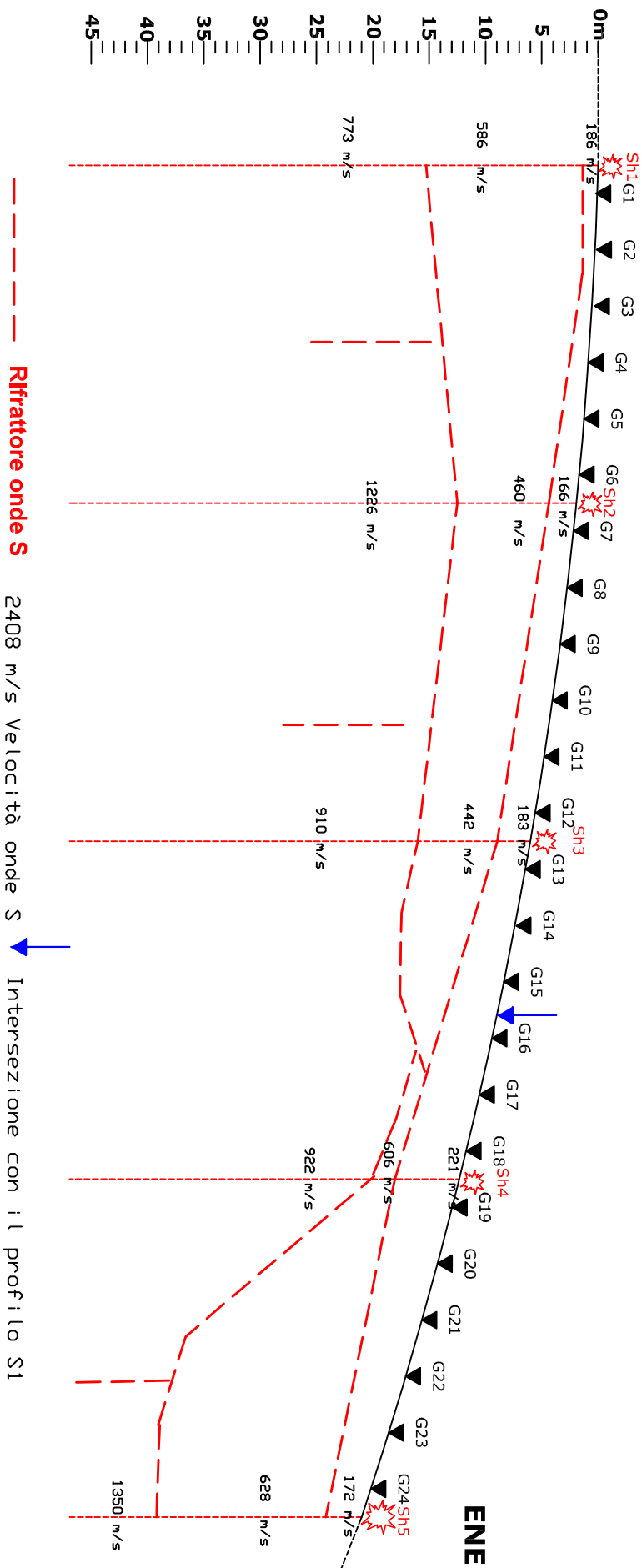


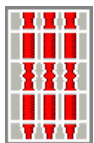
Geofoni  
Distanza in m



Profilo sismico a rifrazione in onde S  
Frana in località San Giovanni Profiamma  
SEZIONE SISIMICA INTERPRETATIVA

Profilo \_ S2  
WSW





**REGIONE UMBRIA Servizio Geologico e Sismico**



**Osservatorio Sismico "A. Bina"**



**Comune di Foligno**

## **FRANA DI COLLE SAN GIOVANNI (FOLIGNO – PG)**

### **CARATTERIZZAZIONE DEI DEPOSITI ATTRAVERSO INDAGINI GEOFISICHE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH, MASW IN ONDE DI LOVE E MISURA DI MICROTREMORI**

#### **INDAGINI COMBinate DI:**

- 1) SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE SH**
- 2) INDAGINI MASW IN ONDE DI LOVE**
- 3) MISURA DI MICROTREMORI E PROCESSI DI INVERSIONE**



Ricerca scientifica svolta nell'ambito del rapporto di Convenzione tra  
Regione Umbria e Osservatorio Sismico "A. Bina"

11 aprile 2013

# **FRANA DI COLLE SAN GIOVANNI (FOLIGNO) CARATTERIZZAZIONE SISMICA LUNGO TRE PROFILI SISMICI**

## **INDAGINI COMBinate DI:**

- 1) SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P ED SH**
- 2) INDAGINI MASW IN ONDE RAYLEIGH E LOVE**
- 3) MISURA DI MICROTREMORI. ANALISI HVSr (METODO NAKAMURA)**

- Valutazione delle velocità delle onde sismiche S.
- Interpretazione sismo stratigrafica. Ricostruzione geometrica del piano di scorrimento

## **Gruppo di Lavoro**



### **REGIONE UMBRIA**

Dott. Geol. **Arnaldo Boscherini**  
Dirigente Servizi Tecnici Regionali  
Dott. Geol. **Andrea Motti**  
Responsabile tecnico  
Geol. **Stefano Bisogno**



Per il Comune di Foligno:  
Geol. **Vincent Ottaviani**



### **OSSERVATORIO SISMICO "A. BINA"**

Dott. **Padre Martino Siciliani**  
Direttore

Dott. Geol. **Michele Arcaleni**  
Responsabile settore Indagini  
Sismiche

**Dott. Geol. Alessia Passeri**

Ricerca scientifica svolta nell'ambito del rapporto di **Convenzione** esistente tra Regione Umbria e l'Osservatorio Sismico "A. Bina" di Perugia.

Aprile 2013



## INTRODUZIONE

Viene realizzata una campagna geofisica integrata di sismica a rifrazione in onde SH, Masw in onde di Love e misura di microtremori in una zona coinvolta da un recente movimento franoso, presso Colle San Giovanni di Foligno, attraverso l'esecuzione e l'analisi di tre profili sismici effettuati.

Lo scopo principale è quello di ottenere informazioni utili, in termini di velocità delle onde sismiche S, per poter ricostruire geometricamente il piano di scorrimento della frana lungo i profili attraverso interpretazioni sismostratigrafiche.

Per raggiungere l'obiettivo prefissato, vengono utilizzati i metodi congiunti di sismica a rifrazione in onde SH e MASW (con elaborazione in tecnica tomografica e profili a tracce coincidenti) ed acquisizioni di microtremori al centro di ogni stendimento con geofono 3D a larga banda (frequenza di risonanza 0.2 Hz, Lennartz 5s).

Il progetto si configura come ricerca scientifica effettuata nell'ambito della Convenzione esistente tra la Regione Umbria e l'Osservatorio Sismico "A. Bina".

In seguito all'elaborazione dei dati, vengono forniti:

- **ricostruzione geometrica del piano di scorrimento** (interpretativa) lungo le linee dei profili;
- **valutazione delle velocità delle onde sismiche S** dei depositi coinvolti dal movimento gravitativi e di quelli sottostanti.
- **determinazione di contrasti di rigidità associabili al passaggio tra corpo di frana e substrato;**

Naturalmente le valutazioni formulate nella presente ricerca si basano sui soli dati geofisici acquisiti che, per la loro stessa natura, vengono definiti "indiretti". Tali risultati necessitano, pertanto, di indagini dirette di taratura per essere considerati quantitativi.

**DESCRIZIONE TECNICA RIASSUNTIVA DELLE INDAGINI EFFETTUATE ED  
APPARECCHIATURE UTILIZZATE**

Ambito indagine:	<b>RICERCA SCIENTIFICA - INDAGINI GEOFISICHE COMBinate PER LO STUDIO DI UN RECENTE MOVIMENTO GRAVITATIVO</b>
Tipo di indagini:	<b>SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH</b> - N. 3 PROFILI DI SISMICA A RIFRAZIONE IN <b>ONDE SH</b> di lunghezza 84 m. Acquisizioni a 12 canali, n. 5 punti di energizzazione per profilo, elaborazione in tecnica tomografica, geofoni orizzontali. - N. 3 PROFILI <b>M.A.S.W. IN ONDE DI LOVE</b> (effettuati a scopo puramente qualitativo)  - N. 3 punti di acquisizione di rumore di fondo (microtremori). Durata 10 minuti, acquisizione con geofono 3D Lennartz 5s (frequenza di risonanza 0.2 Hz)
Località:	Colle San Giovanni
Strumentazione:	Acquisitore PASI mod. 16S/24 (sismografo a 12 canali) per Rifrazione; n. 12 geofoni orizzontali da 14 Hz; n. 1 geofono 3d 5s Lennartz
Software utilizzati	SeisOpt 2D, SeisOpt Picker, WinMasw Pro ,Geopsy

## LOCALIZZAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE

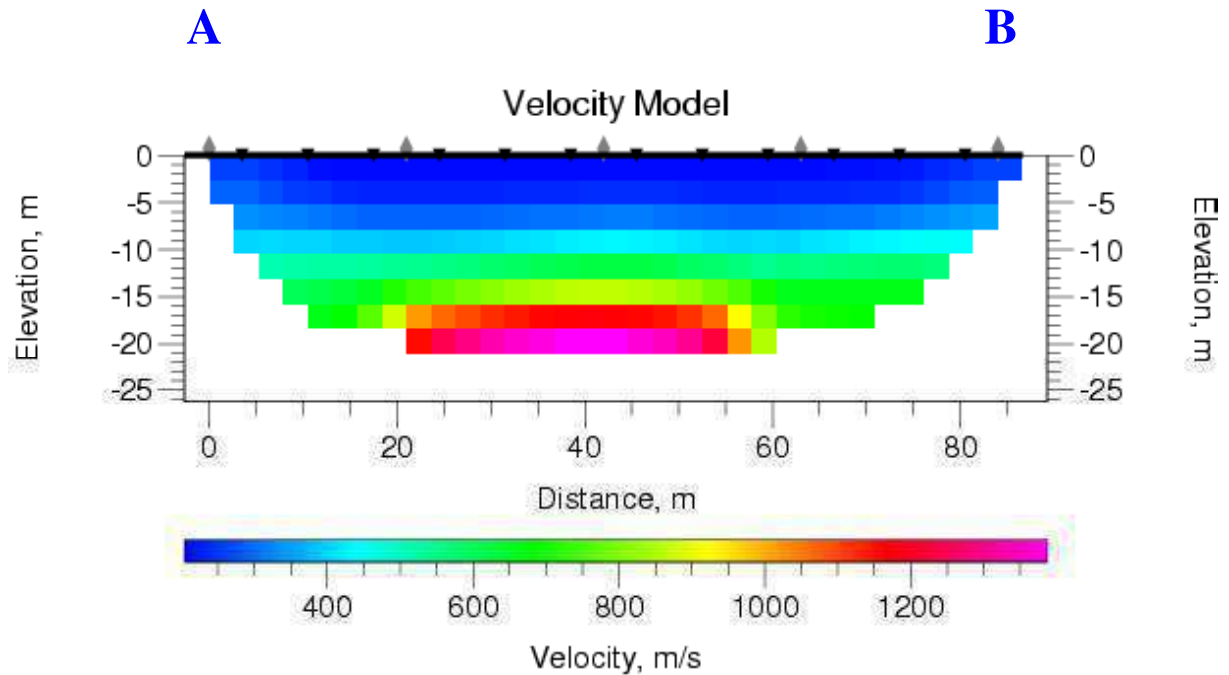


Localizzazione dei tre profili sismici effettuati (sismica a rifrazione in onde Sh + masw in onde di love a traccia coincidente) e dei tre punti di indagine HVSR (misura di microtremori, tecnica Nakamura).

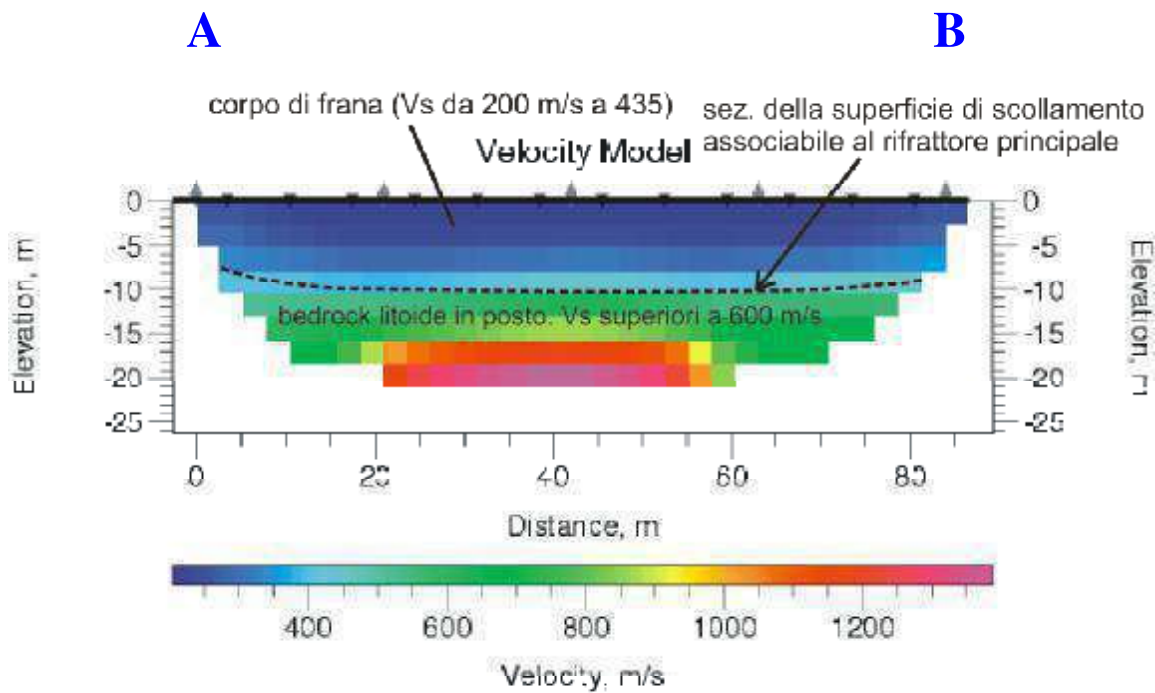


# RISULTATI SISMICA A RIFRAZIONE

## PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE A-B onde SH



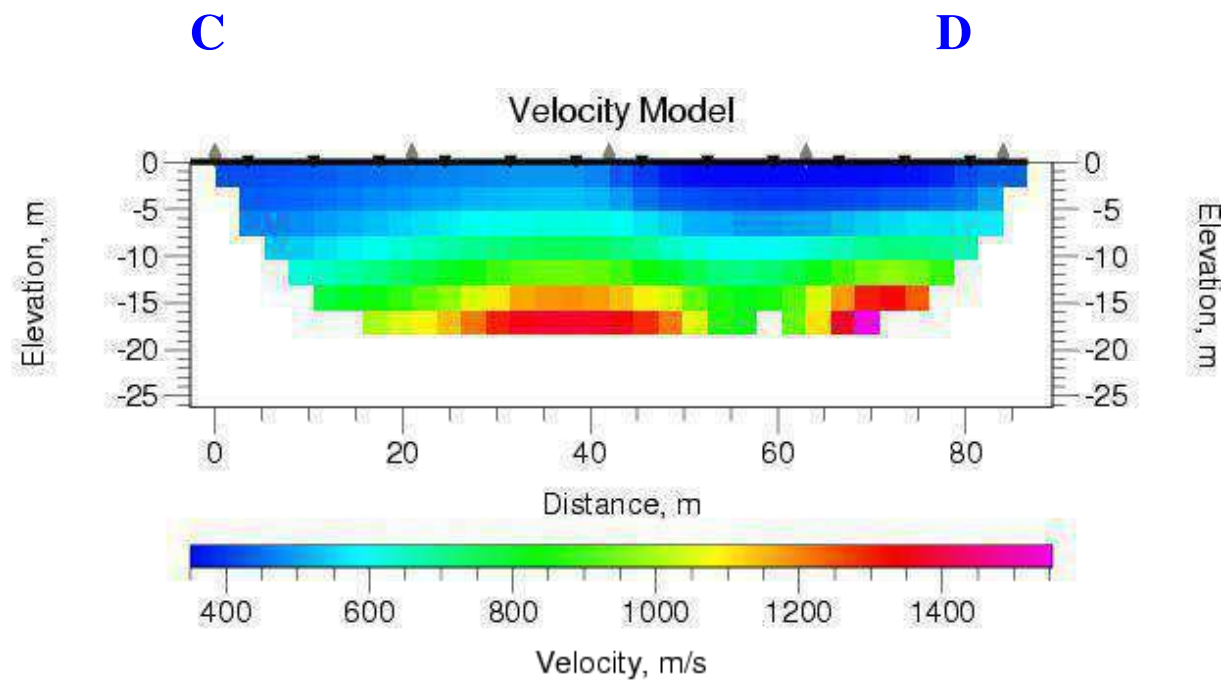
## INTERPRETAZIONE



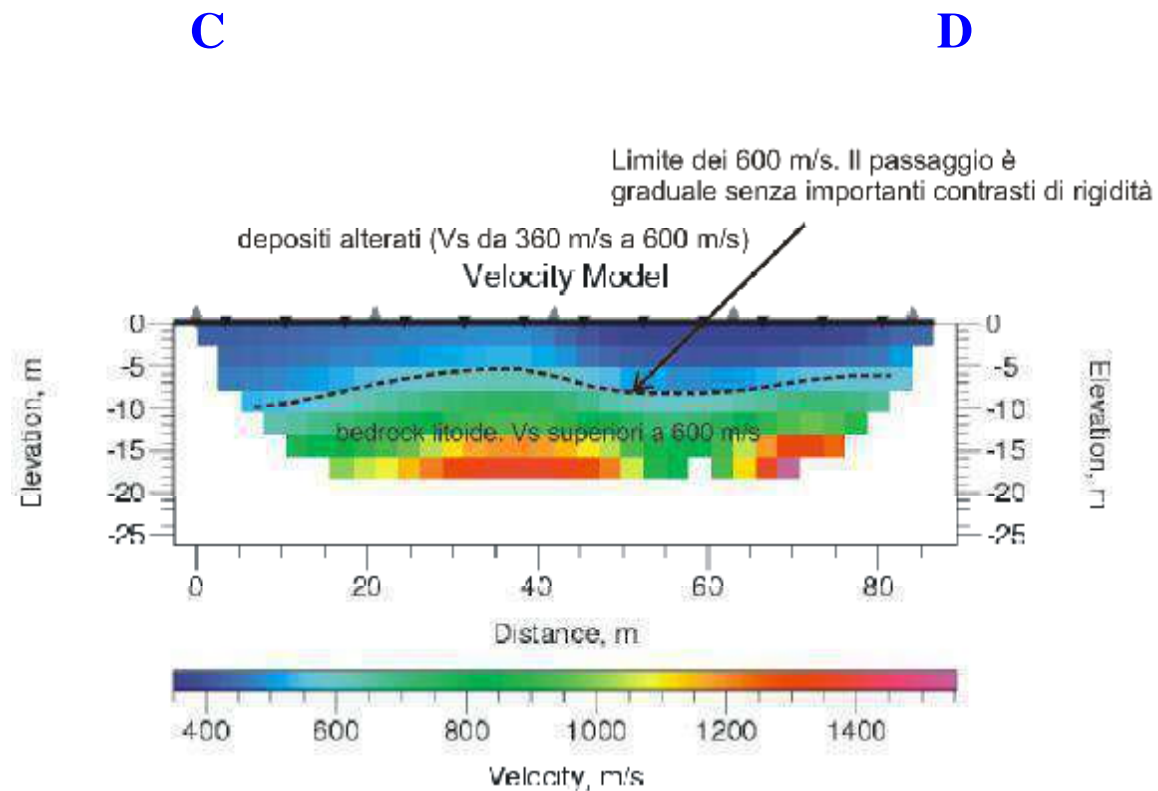
Considerazioni sul profilo A-B:

Si nota un'importante contrasto di rigidità alla profondità di circa 10 m dal p.c. Sopra tale limite le Vs posseggono valori molto bassi (da 200 a 435 m/s), associabili a depositi molto alterati, coinvolti nel movimento franoso. Sotto il limite segnalato le Vs risultano in rapida crescita da 600 m/s in poi. Tali valori risultano associabili a bedrock litoide in posto.

## PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE C-D onde SH



## INTERPRETAZIONE

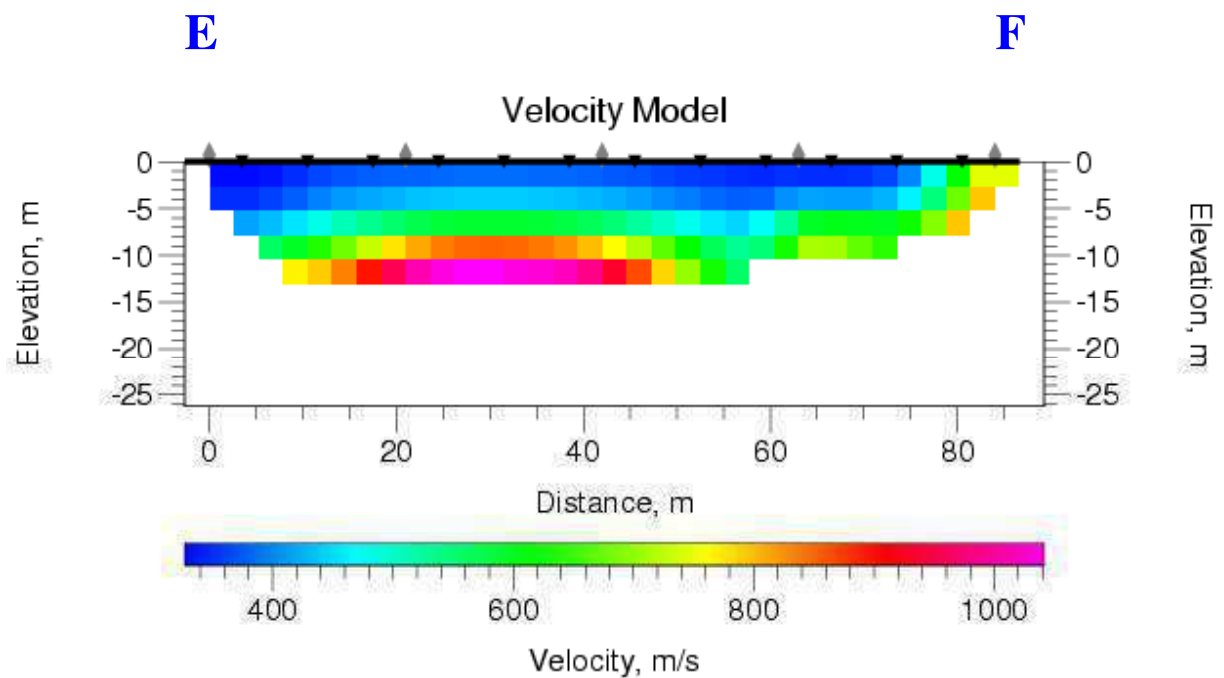




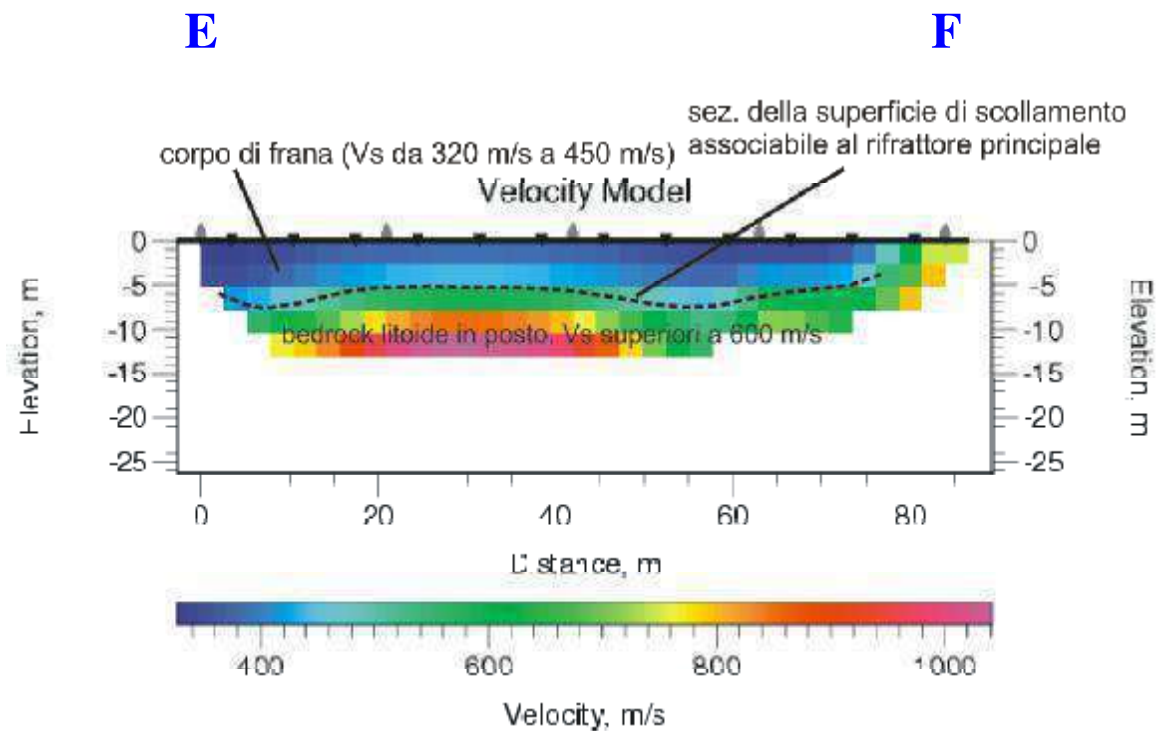
Considerazioni sul profilo C-D:

Rispetto al profilo A-B, in questo caso si nota che le Vs dei depositi più superficiali risultano possedere valori più alti (da 360 in poi). Vi è da segnalare, inoltre, che non esiste un vero e proprio contrasto di rigidità come nel profilo A-B. L'aumento delle Vs fino a 600 m/s risulta infatti più graduale rispetto al profilo precedente. Tale fattore lascia ipotizzare un miglioramento delle proprietà geotecniche dei depositi più superficiali rispetto al profilo A-B (a condizione che si tratti di depositi litologicamente simili).

## PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE E-F onde SH



## PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE E-F



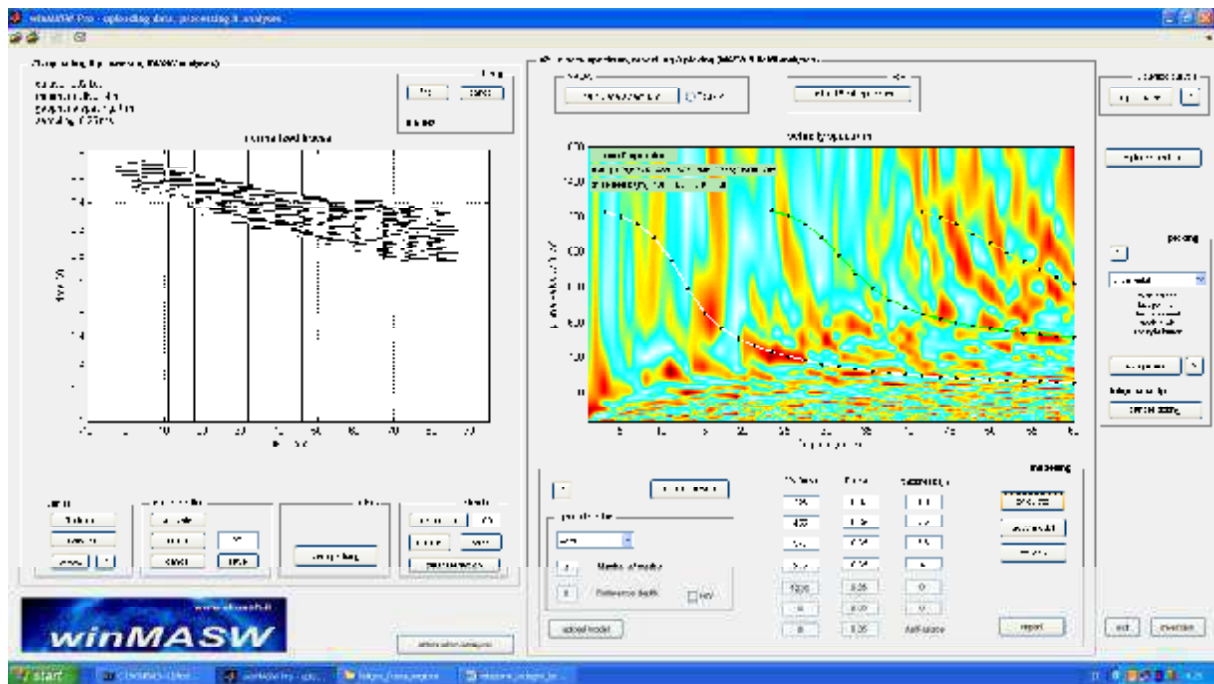
Considerazioni sul profilo E-F:

Rispetto al profilo A-B, in questo caso il contrasto di rigidità principale risulta più superficiale, con una profondità media dell'ordine dei 5-7 m. I depositi posti sopra l'ipotetica superficie di scollamento risultano possedere  $V_s$  relativamente basse, associabili a depositi molto alterati e quindi coinvolti nel movimento franoso.



## INDAGINI CON TECNICA M.A.S.W.

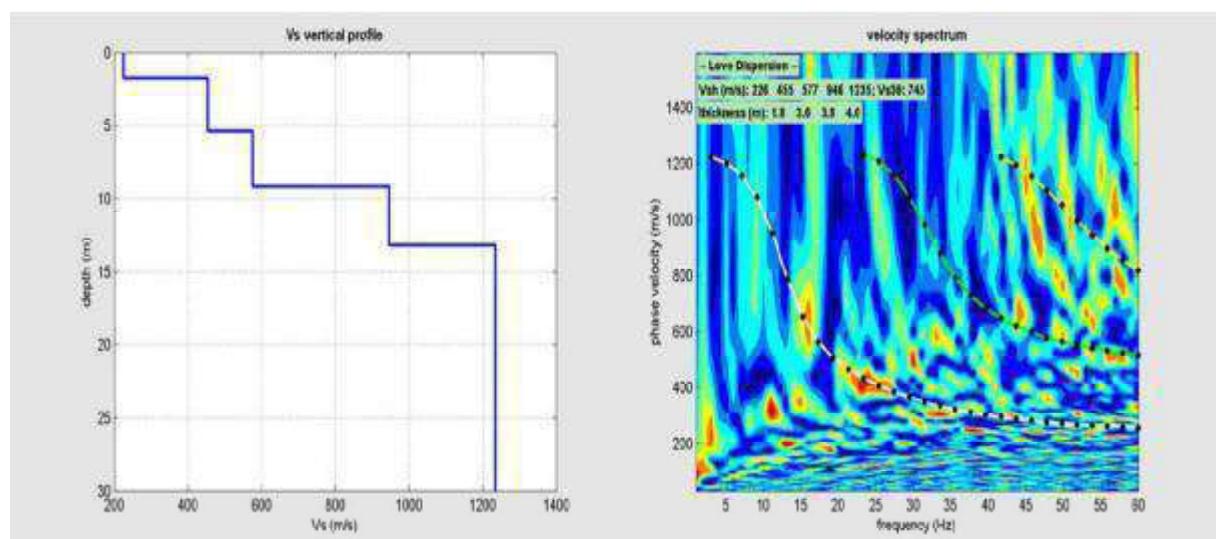
I dati masw sono stati assunti a titolo puramente qualitativo a causa dei limiti stessi dell'indagine che ipotizza strati isotropi piano paralleli e quindi condizioni non associabili a zone di frana.



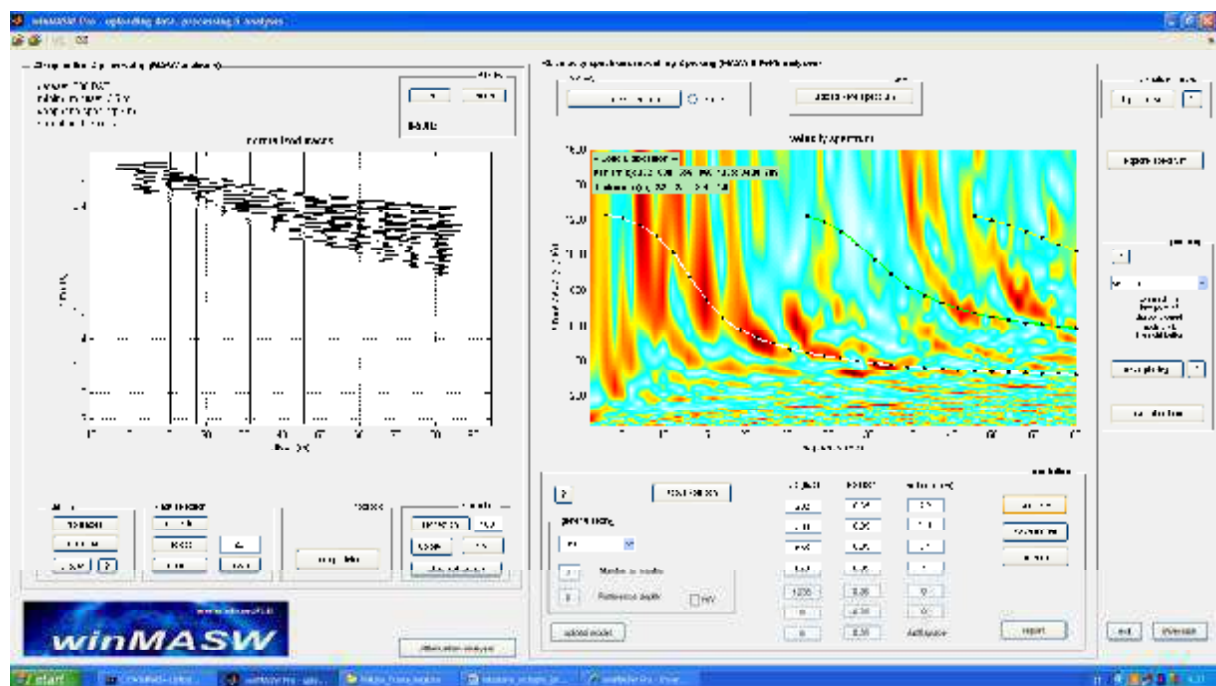
Profilo masw A-B



Colonna sismostratigrafica qualitativa profilo A-B



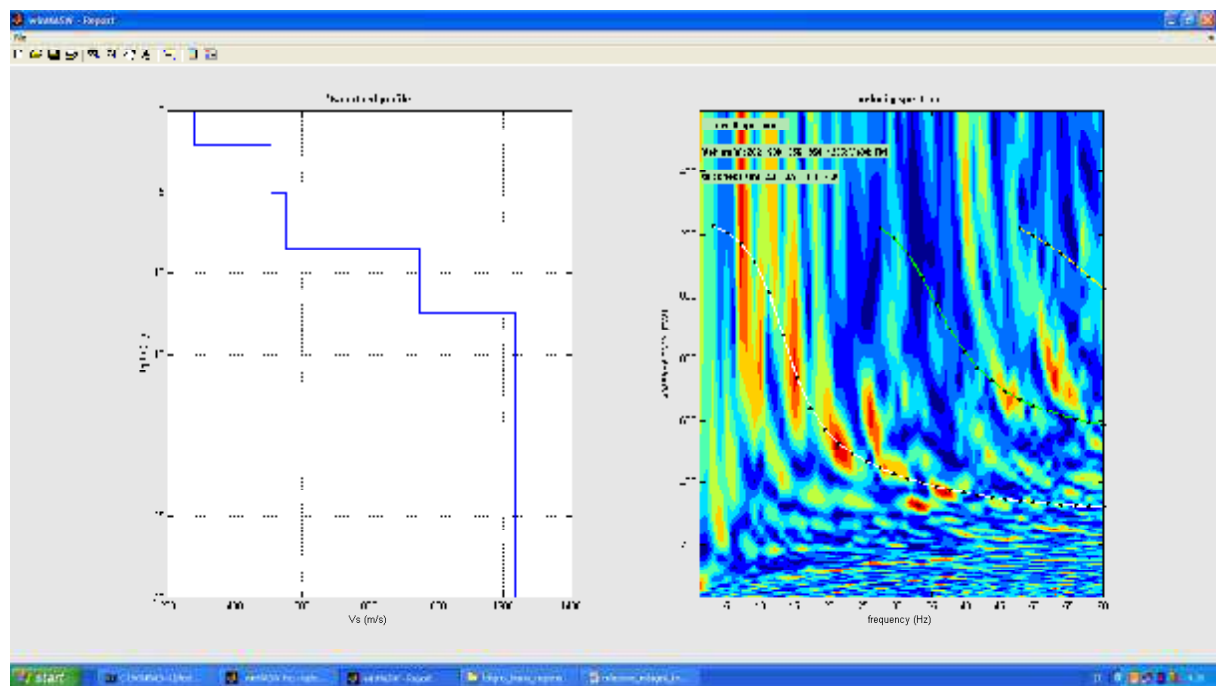
Verticale di  $V_s$  qualitativa e spettro di velocità profilo A-B



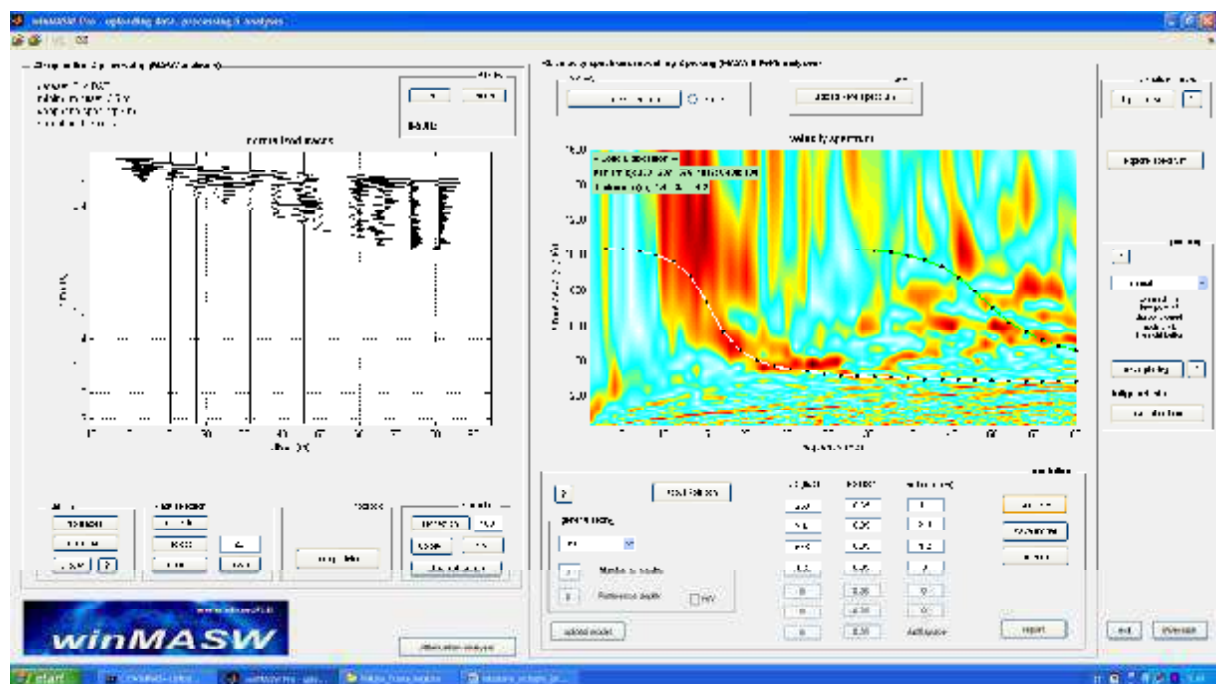
Profilo masw C-D



Colonna sismostratigrafica qualitativa profilo C-D



Verticale di  $V_s$  qualitativa e spettro di velocità profilo C-D

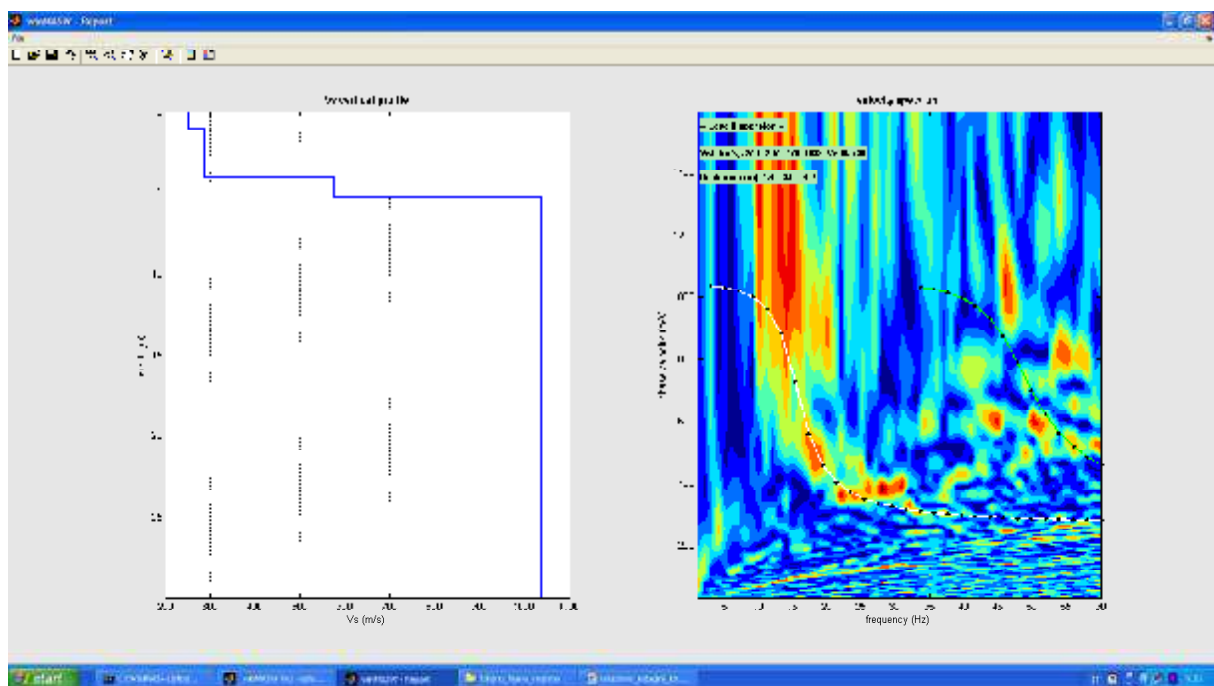


Profilo masw E-F





Colonna sismostratigrafica qualitativa profilo E-F



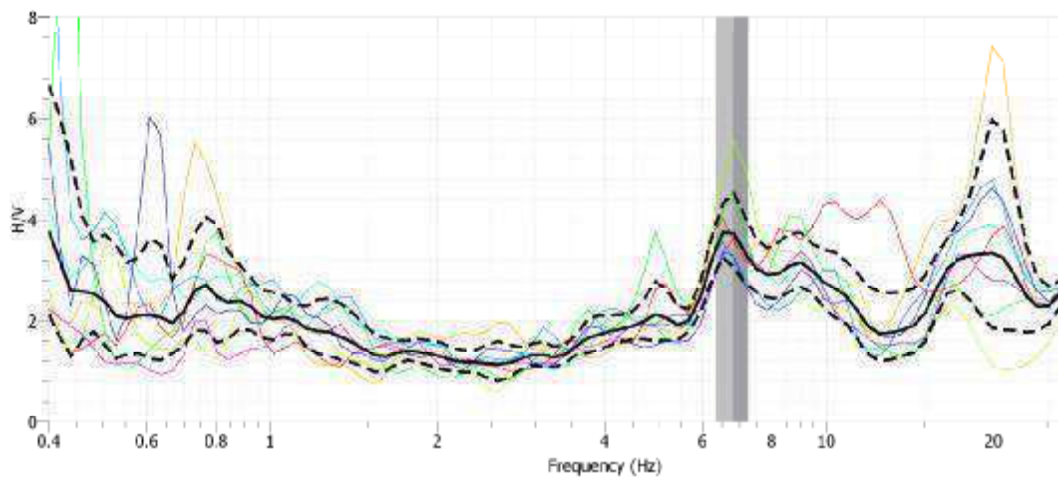
Verticale di Vs qualitativa e spettro di velocità profilo E-F

Considerazioni sui dati masw.

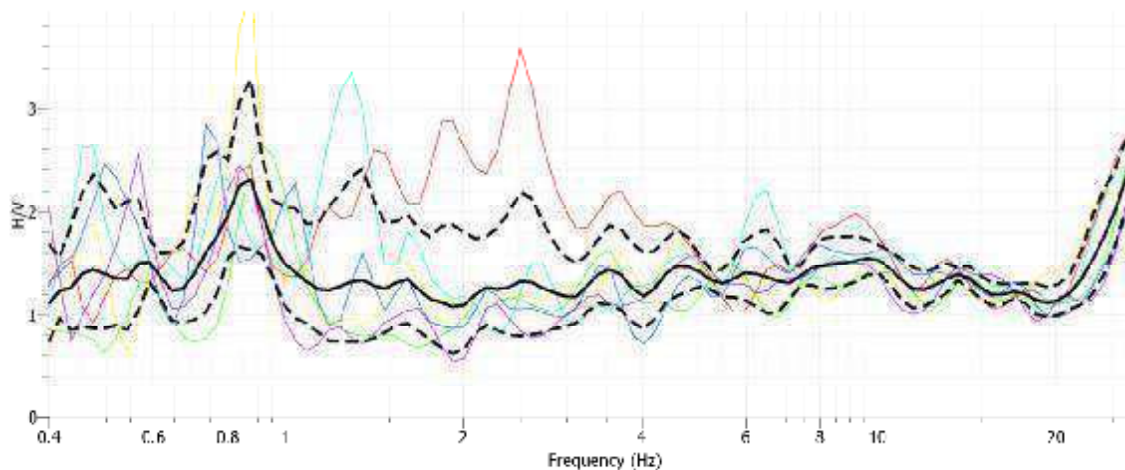
Anche se assunti con carattere puramente qualitativo, i dati masw acquisiti sulle stesse tracce dei profili di sismica a rifrazione in onde Sh confermano le affermazioni fatte precedentemente. In particolare:

- il profilo masw A-B mette in evidenza un importante contrasto di rigidità a profondità di circa 10 m;
- il profilo masw C-D mette in evidenza che la crescita di  $V_s$  con la profondità risulta più graduale e che le  $V_s$  più superficiali risultano più alte nel profilo C-D rispetto che nel profilo A-B;
- il profilo masw E-F conferma che il piano di scollamento risulta, in questa sezione, meno profondo rispetto a quello individuato nel profilo A-B.

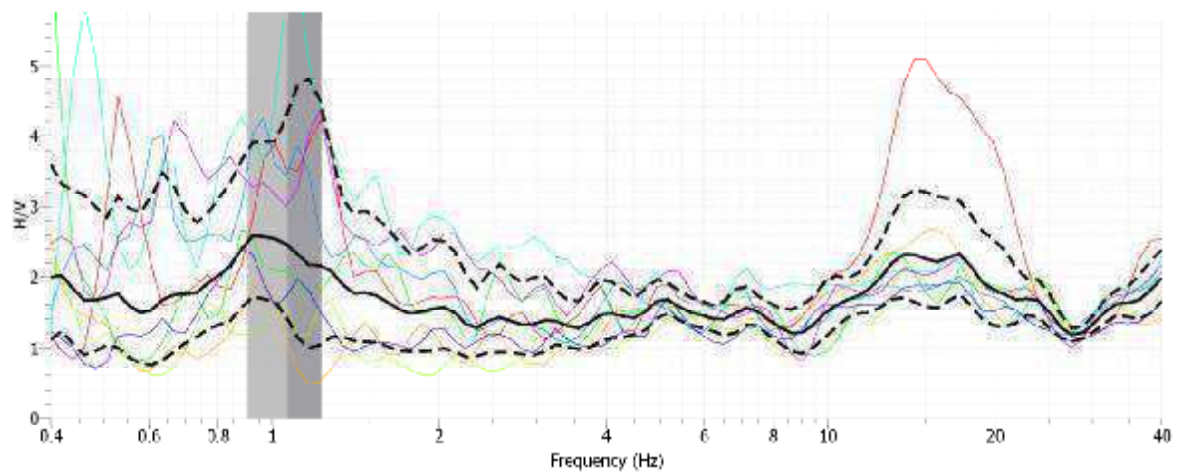
## RISULTATI DELLE ACQUISIZIONE HVSR



Punto di indagine HVSR 01. Grafico F-H/V. Si notano dei picchi molto evidenti a frequenze di circa 7 Hz e 20 Hz. La frequenza di risonanza, circa 7 Hz, è associabile al piano di scollamento individuato nel profilo A-B. Per tale picco il valore H/V risulta di circa 4).



Punto di indagine HVSR 02. Grafico F-H/V. Lo spettro risulta “piatto” in quanto i valori di H/V risultano inferiori a 2 per tutta la banda di frequenze analizzate (a parte un picco con valore H/V molto contenuto, comunque sotto 1 Hz, quindi a profondità notevoli). Quindi non sono evidenti particolari contrasti di rigidità superficiali.



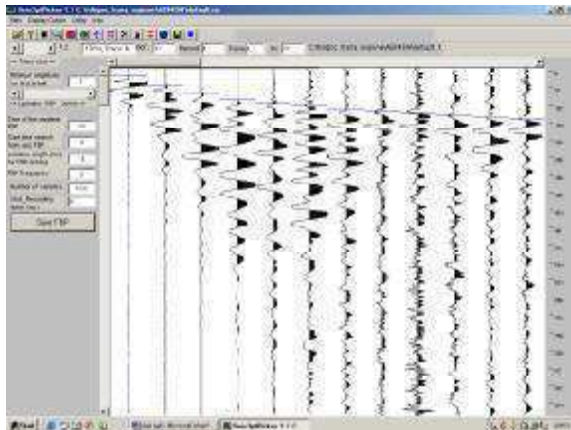
Punto di indagine HVSR 03. Grafico F-H/V. Il picco a 15 Hz, con H/V superiore a 2 risulta associabile al piano di scollamento individuato nel profilo E-F.

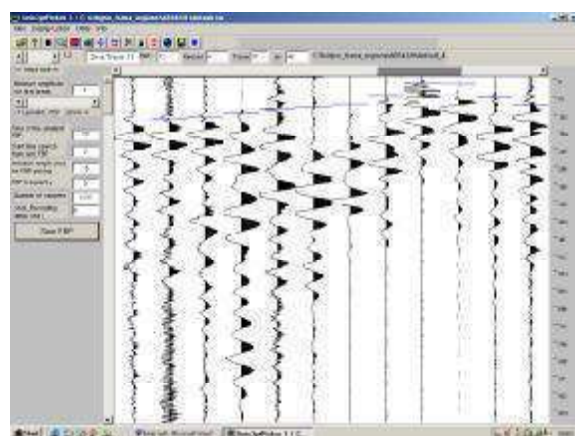
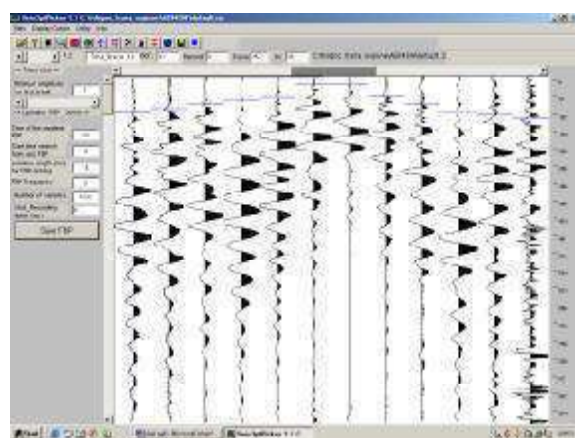
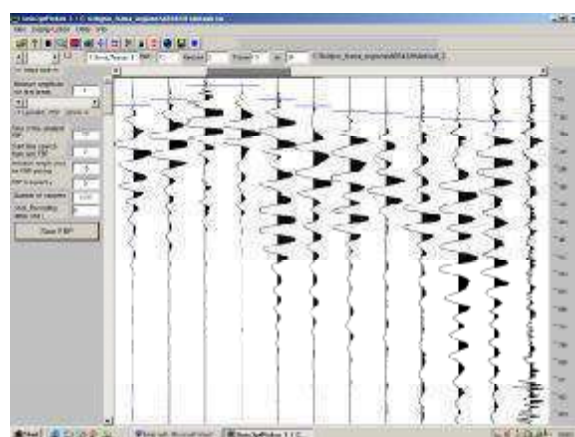


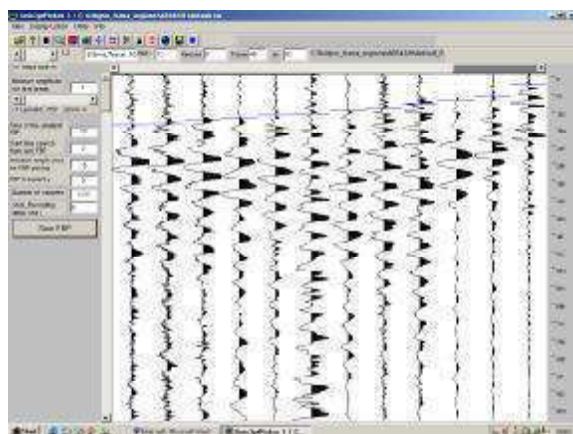
## Sismogrammi

Seguono i sismogrammi acquisiti nei tre profili di sismica a rifrazione. Per la valutazione della loro qualità è necessario tenere conto dei limiti stessi del sito in esame. La zona nella quale vengono effettuati i profili si trova infatti su una frana, quindi con presenza di fenditure, irregolarità morfologiche, vegetazione ecc e non vi è stato il tempo di intervenire per migliorare le condizioni delle tracce (tosatura erba, correzioni di quota ecc.). Inoltre è necessario considerare che, a causa dell'inaccessibilità del mezzo fuoristrada, non è stato possibile impiegare quest'ultimo come contrappeso sopra la trave (viene utilizzato, in alternativa, il peso di due persone). Tali fattori hanno contribuito alla diminuzione della qualità delle tracce che, comunque, vengono ritenute valide, almeno a carattere qualitativo, per la determinazione del fenomeno rilevato. La scelta di utilizzare 12 canali invece dei 24 è stata dettata dal fatto che i profili sismici risultano relativamente corti (84 m) e quindi anche con 12 canali vi è un buon grado di dettaglio. Oltre a questo, naturalmente, vi è anche da considerare che i tempi di acquisizione ed elaborazione, con 12 canali, risultano ridotti (i risultati vengono forniti, in linea con quanto richiesto dalla committenza, il giorno dopo quello dell'acquisizione). Si ritiene che i n. 5 punti di scoppio effettuati per ogni profilo siano più che sufficienti per valutare eventuali eteropie laterali. Si ritiene che la scelta della tecnica di sismica a rifrazione in onde SH (analizzata con tecnica tomografica), si sia rilevata ottima allo scopo della ricerca in questione (valutazione qualitativa del piano di scollamento nel dissesto in esame).

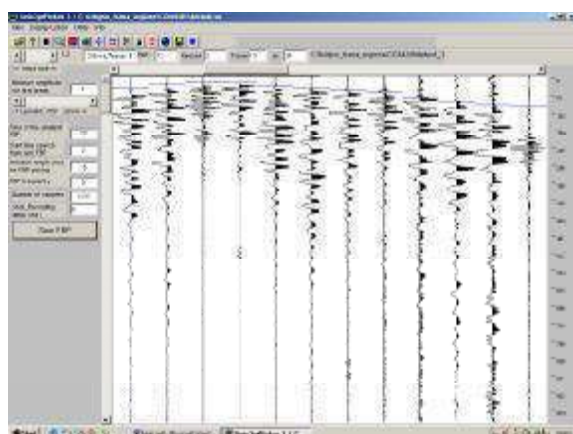
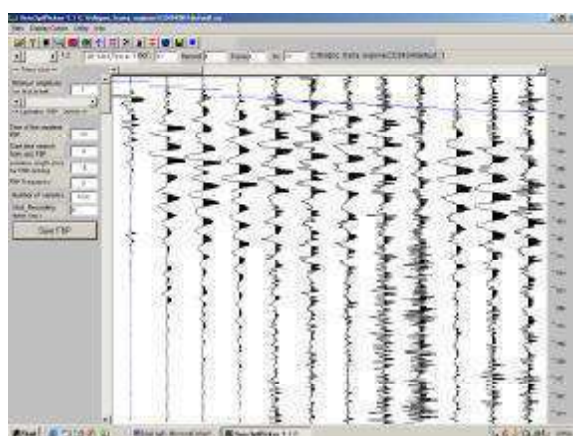
### Profilo A-B







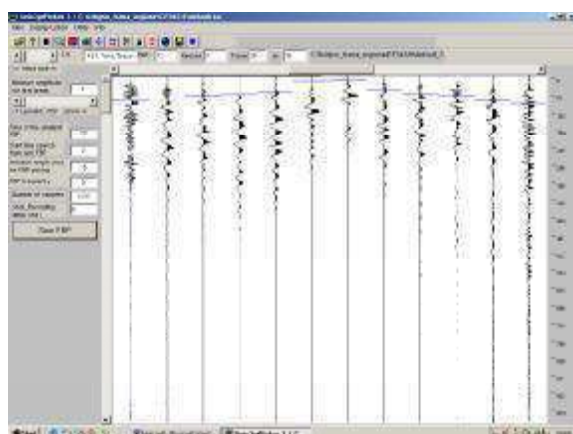
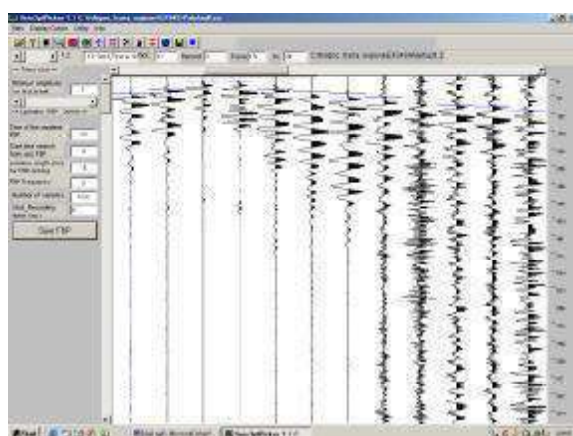
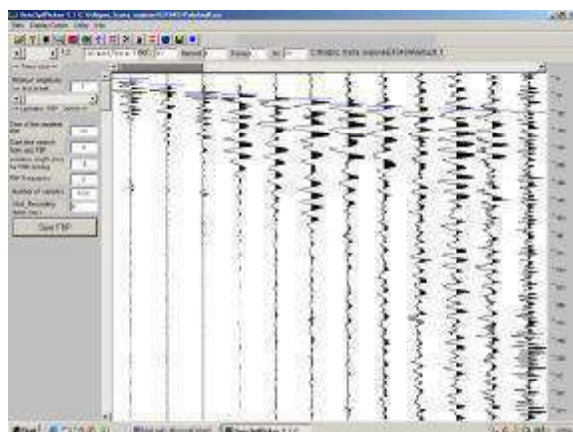
Profilo C-D







## Profilo E-F





## CONCLUSIONI

Sulla base dei dati a disposizione è possibile affermare che, lungo il profilo A-B, si individua un importante rifratte sismico associabile al piano di scollamento. La profondità di tale superficie, rispetto all'attuale p.c., risulta essere di circa 10 m. Sopra tale limite i depositi posseggono Vs molto basse ( da 200 m/s fino a circa 435 m/s), associabili a depositi coinvolti nel movimento franoso. Sotto questi depositi si nota un netto aumento della velocità delle Vs, associabili a bedrock litoide in posto.

In corrispondenza del profilo C-D non sono stati rilevati rifrattori importanti associabili ad rilevanti contrasti di rigidità. Le Vs crescono gradatamente con la profondità e le Vs dei depositi più superficiali risultano essere leggermente superiori rispetto a quelle individuate nel profilo A-B, anche se. In tutti e due i casi, risultano associabili a depositi alterati.

Il corrispondenza del profilo E-F viene rilevata l'esistenza di un altro importante rifratte sismico associabile al piano di scollamento, in virtù delle Vs relativamente basse dei depositi più superficiali e dell'andamento delle Vs sotto tale limite. In questo caso la profondità del rifratte risulta leggermente inferiore rispetto a quella individuata nel profilo A-B. Tale profondità varia infatti da circa 5 a circa 7 m dall'attuale p.c.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





