



UNIONE MONTANA ALTA VAL TANARO

Provincia di Cuneo

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

oggetto

Risistemazione dell'alveo e protezione idraulica
di tratti del torrente Armella e del rio Chiappino

Estremi di legge:

- Delibera A.T.O. n.6 del 26.05.2017
- Regio Decreto n.523 del 25.07.1904 ed s.m.i.
- Decreto Legislativo n.50 del 19.04.2016 ed s.m.i.

Progettisti

GEOL.ALDO ACQUARONE
via Aleramo, 129
12075 Garessio (CN)
aldo.acquarone@gmail.com
aldoacquarone@epap.sicurezzapostale.it

TIMBRO E FIRMA

Committente

**UNIONE MONTANA
ALTA VAL TANARO**
via al Santuario n.2
12075 Garessio (CN)

allegato

11a

tipo allegato

RELAZIONE
GEOLOGICA

scala

1

creato da:

GEOL. ALDO ACQUARONE

revisione n.

data e luogo di emissione

ORMEA, APRILE2018

I N D I C E

1.	PREMESSA	1
2.	- CONSIDERAZIONI GENERALI	2
3.	- INQUADRAMENTO GENERALE	3
3.1.	Torrente Armella	3
3.1.	Rio Chiappino	5
4.	- INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	6
5.	- LINEAMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI	6
6.	- INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
7.	- CARATTERIZZAZIONE TECNICA DEI TERRENI	13
8.	- DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO TECNICHE	14
8.1.	Torrente Armella	14
8.2.	Rio Chiappino	15
8.3.	Indicazioni geologico tecniche generali	15

1. PREMESSA

L'Unione Montana Alta Val Tanaro, vista la D.G.R. 32-5209 del 19.06.2017 e della Deliberazione A.T.O. n.6 del 26 maggio 2017 riguardante la devoluzione dell'annualità 2017 in favore delle aree montane colpite dall'Alluvione del Novembre 2016, sulla scorta dei programmi di intervento per la risoluzione dei dissesti, ha incaricato lo scrivente di eseguire l'indagine geologico-tecnica in merito ai lavori di risistemazione dell'alveo e protezione idraulica di alcuni tratti del torrente Armella e del rio Chiappino in comune di Ormea.

A tal fine sono stati inizialmente predisposti i rilievi topografici e geologico tecnici, è stata effettuata una ricerca delle principali problematiche che hanno interessato i tratti torrentizi e si sono quindi individuate le principali strategie d'intervento.

La scelta tipologica degli interventi è stata effettuata in pieno accordo tra il geologo ed i tecnici progettisti tenendo in debita considerazione la situazione emersa dalle propedeutiche considerazioni geologico – tecniche, idrogeologiche ed idrauliche.

Nella presente relazione sono illustrate le strategie d'intervento, le considerazioni geologico tecniche sulle opere e le lavorazioni previste. Si rimanda agli elaborati grafici progettuali per ulteriori chiarimenti.

Sulla scorta delle indicazioni ricevute, effettuati gli opportuni rilievi ed accertamenti in loco, si espone quanto segue.

2. - CONSIDERAZIONI GENERALI

Durante l'evento alluvionale del novembre 2016, l'alta Val Tanaro è stata pesantemente colpita da dissesti legati alla dinamica dei versanti e da esondazioni, alluvionamenti ed erosioni connesse alla dinamica fluviale e torrentizia.

In particolare analizzando la situazione del Torrente Armella e del Rio Chiappino nell'ambito considerato risulta evidente come gli interi bacini tributari siano stati pesantemente coinvolti dall'evento di piena.

I tratti in cui la portata dei torrenti è rimasta prevalentemente contenuta dalle opere di difesa spondale preesistenti sono stati interessati da fenomeni erosivi del corso d'acqua. Le condizioni di deflusso hanno mantenuto durante la piena elevatissima energia che ha provocato diffuse erosioni di fondo e di sponda con conseguenze su molte difese spondali che si presentano quindi scalzate, danneggiate o parzialmente distrutte.

Solo localmente il considerevole trasporto solido alimentato anche dai tributari laterali, ha comportato accumuli che necessitano di disalveo o rimodellamento per ridefinire le sezioni di deflusso.

Il presente progetto, si pone come obiettivo quello di andare a ripristinare condizioni di sicurezza statica ed idraulica dei luoghi e dei manufatti, realizzando le necessarie sistemazioni delle opere di difese spondale ed il ripristino delle sezioni di deflusso dei tratti di corso d'acqua considerati.

Gli interventi in progetto integrano altri lavori effettuati in fase d'emergenza (chiusura delle grandi voragini e sottomurazione muri spondali in Piazza della Libertà lungo l'Armella) e saranno completati / integrati da successivi interventi

(pulizia briglie di trattenuta e bacini di sedimentazione) a monte dell'intervento in località Altrarmella.

Per quanto riguarda i lavori attualmente in progetto il materiale proveniente dagli scavi per la predisposizione delle fondazioni / sottofondazione, a seconda delle situazioni, verrà in parte accumulato lungo le sponde o movimentato in alveo nell'ambito del cantiere visto che in taluni contesti l'evento alluvionale ne ha provocato considerevolmente l'abbassamento del fondo.

3. - INQUADRAMENTO GENERALE

Gli interventi in progetto sono situati nel comune di Ormea lungo gli alvei del Torrente Armella e Rio Chiappino. Nel dettaglio i siti di interesse si localizzano:

3.1. Torrente Armella

- In località Altrarmella a monte dell'abitato, nell'ambito del parco fluviale dove la piena ha eroso / depositato con evidenti deviazioni d'alveo ed esondazioni su buona parte del fondovalle.

Per inquadrare la situazione si riporta l'ortofotocarta tratta dal portale di Google Maps, che evidenzia la situazione successiva all'evento alluvionale.



Foto n° 1: Zona d'intervento località Altrarmella

- Località Capoluogo – Piazza della Libertà: nel tratto urbano durante l'evento alluvionale l'elevata energia della corrente di piena ha comportato

l'esteso scalzamento delle difese spondali esistenti. In alcuni tratti i muri spondali sono parzialmente crollati con danni considerevoli alla viabilità adiacente al corso d'acqua e concreto pericolo per le abitazioni. Una voragine ha inghiottito alcune vetture parcheggiate e per fortuna non ci sono stati danni diretti alle persone. Con lavori già eseguiti sono stati ripristinati i muri spondali ed alcuni tratti di sottofondazione e sistemazione del fondo alveo. Il presente intervento completa i lavori ancora necessari ed indispensabili nel tratto urbano.



Foto n° 2: Zona d'intervento località Altrarmella

Nell'ingrandimento fotografico sopra riportato è ben visibile la voragine che era presente a monte della Piazza della Libertà ed il ripristino dell'asfalto in adiacenza del monumento degli alpini dove vennero inghiottite le autovetture. L'intervento comporta lavorazioni di completamento soprattutto nel tratto d'alveo situato al di sotto della Piazza.

- Località capoluogo confluenza Armella – Tanaro: nel tratto terminale del Torrente Armella sono presenti depositi di detrito in alveo con riduzione significativa delle sezioni di deflusso. Il sovralluvionamento riduce considerevolmente le sezioni di deflusso. Tuttavia in corrispondenza di opere in alveo l'erosione è localmente prevalente sul deposito: una soglia di fondo e l'arginatura in sinistra Tanaro sono scalzate da fenomeni erosivi diffusi



Foto n° 3: Zona d'intervento località confluenza Armella – Tanaro

3.1. Rio Chiappino

- In località Chiappino a cavallo del ponte sulla Strada Statale n° 28 fino alla confluenza del rio laterale nel Fiume Tanaro sono presenti tratti di difesa spondale distrutti e muri e traverse sotto scalzati. L'intervento in progetto prevede il ripristino delle difese spondali e la sottomurazione delle opere scalzate. I danni subiti dalle opere spondali esistenti rappresentano l'effetto della piena straordinaria e della conseguente elevata energia erosiva di fondo e di sponda dei corsi d'acqua sviluppatasi in modo marcato in occasione dall'evento alluvionale del novembre 2016.



Foto n° 4: Zona d'intervento località confluenza Armella – Tanaro

4. - INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Le informazioni di carattere topografico relative alle zone in studio sono compendiate:

- nella Carta Tecnica Regionale, sezioni 244070 - 244030 alla scala 1:10.000.
- nella Cartografia Catastale del comune di Ormea

Nello specifico elaborato di progetto sono riportate le cartografie citate con individuazione delle zone di intervento.

5. - LINEAMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Per un inquadramento geologico generale si segnala il Foglio n° 91 BOVES della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e le relative Note Illustrative, la guida geologica regionale "Alpi Liguri" edita a cura della Società Geologica Italiana e gli elaborati geologici allegati al P.R.G.C.

Si riporta anche l'estratto della recente Carta Geologica Interattiva del Piemonte (Progetto GeoPiemonteMap) con relativa legenda.

La Valle Tanaro è impostata in litotipi appartenenti alla Zona Brianzonese, una delle principali unità tettonico - stratigrafiche dell'arco alpino occidentale.

**- Evento alluvionale del novembre 2016 - Comune di Ormea –
Risistemazione dell'alveo e protezione idraulica di tratti del torrente Armella e del rio Chiappino**

In particolare, nell'area in esame affiorano litotipi appartenenti al “tegumento permio - carbonifero” della formazione vulcanica dei porfiroidi del Melogno.



Figura n° 1: Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, foglio 91 Boves con individuazione dell'area in esame.

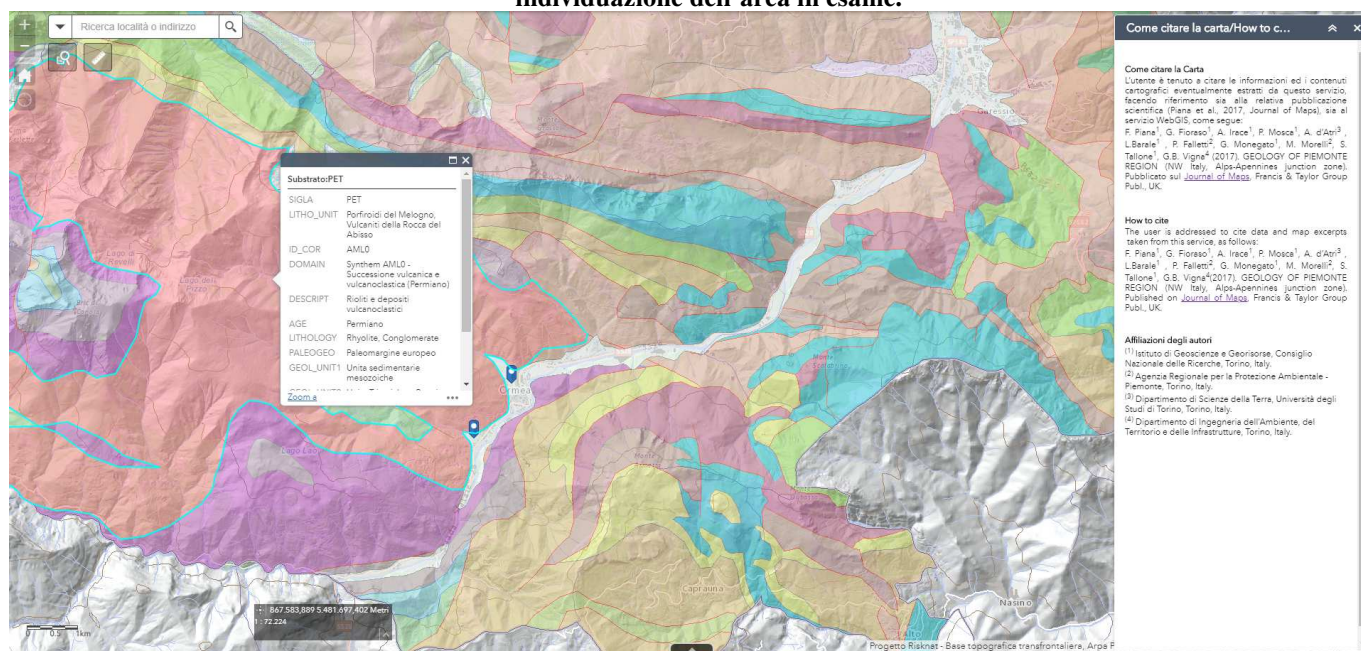


Figura n° 2: Estratto della Carta Geologica Interattiva del Piemonte (Progetto GeoPiemonteMap) in scala 1:250.000 con individuazione dell'area in esame.

“estratto da (Piana et al., 2017, Journal of Maps), servizio WebGIS: F. Piana¹, G. Fioraso¹, A. Irace¹, P. Mosca¹, A. d'Atri³, L.Barale¹, P. Falletti², G. Monegato¹, M. Morelli², S. Tallone¹, G.B. Vigna⁴ (2017). GEOLOGY OF PIEMONTE REGION (NW Italy, Alps-Apennines junction zone). Pubblicato sul Journal of Maps, Francis & Taylor Group Publ., UK. “

Nei settori d'intervento (in alveo) il substrato roccioso non è praticamente mai in affioramento perché celato da coltri di prodotti sciolti di età quaternaria, riconducibili essenzialmente a sedimentazione alluvionale.

Si riportano alcune foto significative dei vari interventi con evidenziata la situazione litologica.



Foto n° 5: intervento località Altrarmella; l'alveo di piena è impostato in depositi alluvionali a granulometria grossolana prevalente.



Foto n° 6: intervento località capoluogo – Piazza della Libertà; l'alveo, completamente limitato da opere di difesa spondale di diversa tipologia e periodo costruttivo. L'alveo è impostato in depositi alluvionali a granulometria grossolana prevalente.

- Evento alluvionale del novembre 2016 - Comune di Ormea –
Risistemazione dell'alveo e protezione idraulica di tratti del torrente Armella e del rio Chiappino

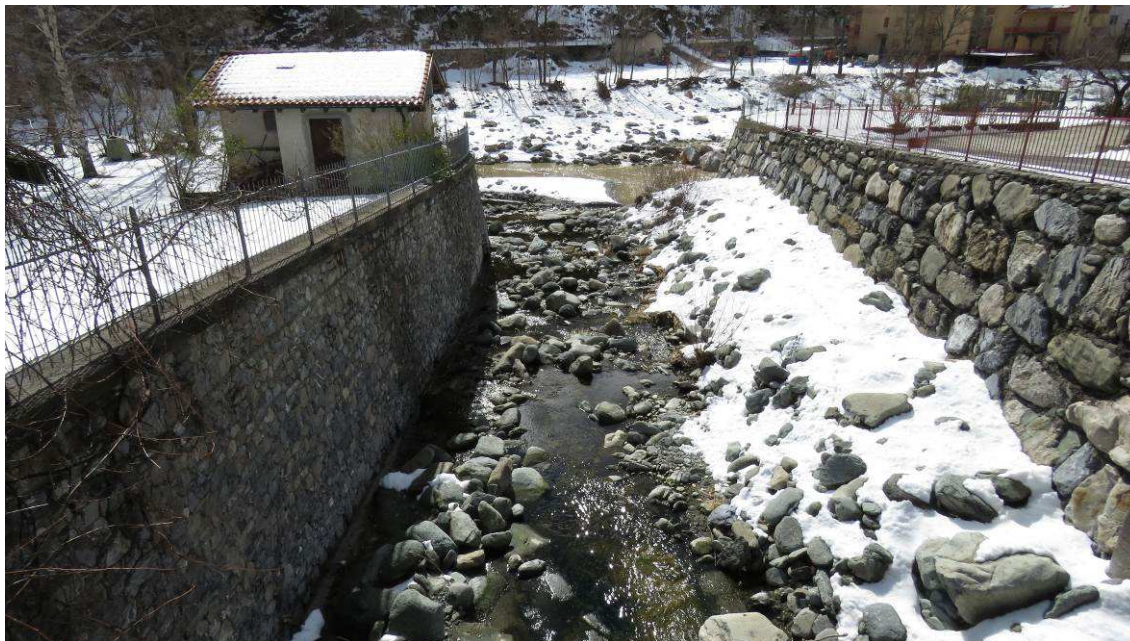


Foto n° 7: intervento località confluenza Armella Tanaro; l'alveo, completamente limitato da opere di difesa spondale di diversa tipologia. L'alveo è impostato in depositi alluvionali a granulometria grossolana prevalente.



Foto n° 8: intervento località Chiappino, a monte della Strada Statale n° 28; l'alveo, completamente limitato da opere di difesa spondale di diversa tipologia. L'alveo è impostato in depositi alluvionali a granulometria grossolana prevalente.



Foto n° 9: intervento località Chiappino, appena a valle della Strada Statale n° 28; l'alveo, completamente limitato da opere di difesa spondale di diversa tipologia. L'alveo è impostato in depositi alluvionali a granulometria grossolana prevalente.

Dal punto di vista idrogeologico si rileva che i depositi alluvionali sono caratterizzati da un buon grado di permeabilità primaria (per porosità) e costituiscono acquifero che ospita una falda idrica di tipo libero, ossia non confinata superiormente ("falda freatica").

La falda è sostenuta dal basamento roccioso, pressoché impermeabile, che determina un limite di permeabilità definito, ad alcuni metri di profondità.

In occasione dei sopralluoghi si sono potute osservare locali emergenze idriche puntuali, allineate lungo la sponda dell'alveo, a testimonianza che, nel settore, la falda idrica alimenta il corso d'acqua e, inoltre, a conferma del limite di permeabilità rappresentato dal substrato cristallino.

I lavori di ripristino delle difese spondali non interferiscono negativamente con la falda non creandone ostacolo o deviazione.

6. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La dinamica evolutiva dei corsi d'acqua e la tendenza erosionale e al dissesto spondale, è stata evidenziata nei recenti gravosi eventi alluvionali, tra cui, prima dell'evento del novembre 2016, quello del novembre 1994 e 2000.

Morfograficamente in questi tratti i torrenti in questione possono essere considerati di tipo unicursale, stabili nel proprio alveo, privi generalmente di barre e di isole vegetate.

Gli alvei nei tratti urbanizzati sono totalmente artificiali, contenuti in sponde definite nei tempi passati da interventi di sistemazione di diversa tipologia ed efficacia.

Per quanto riguarda l'Armella esiste poi un lungo tratto coperto, a seguito di interventi edilizi degli anni 60/70 del secolo scorso.

Periodicamente le opere esistenti sono soggette a problematiche di erosione / scalzamento, durante gli eventi di piena a carattere eccedente le piene ordinarie.

Gli ambiti di intervento sono compresi in settori di conoide allo sbocco sul fondovalle principale del Fiume Tanaro, settori in cui i torrenti dovrebbero avere tendenze naturali al deposito ma le opere di contenimento e difesa spondale comportano il permanere di elevate velocità della corrente di piena e la conseguente tendenza all'erosione di fondo.

La tendenza evolutiva di tipo erosionale, sottolineata dalla costante attività di reincisione dei propri depositi alluvionali, sino a scalzare le fondazioni delle opere di difesa e le briglie / soglie trasversali.

Nei tratti urbani, durante le piene ordinarie, caratterizzate da portate moderate e velocità della corrente più contenuta negli alvei spesso si formano depositi temporanei di detriti torrentizi che però vengono generalmente ripresi in carico dalle piene più consistenti.

Per limitare il danneggiamento delle opere e garantirne quindi una maggior durata ed efficacia nel tempo, dovranno essere realizzate fondazioni maggiormente approfondite ed ancorate ai blocchi rocciosi esistenti in alveo.

Particolare cura andrà adottata nella scelta dei materiali litoidi e nella tipologia di calcestruzzi, per garantire maggiore resistenza all'erosione / abrasione.

Nella pagina seguente si riportano gli stralci delle Carta Geomorfologica, dei dissesti e della dinamica fluviale tratta dal piano regolatore comunale, che riportano in dettaglio il quadro del dissesto, derivante dall'analisi dell'evento alluvionale del novembre 1994 e ben sovrapponibile all'evento alluvionale del novembre 2016.

**- Evento alluvionale del novembre 2016 - Comune di Ormea –
Risistemazione dell'alveo e protezione idraulica di tratti del torrente Armella e del rio Chiappino**

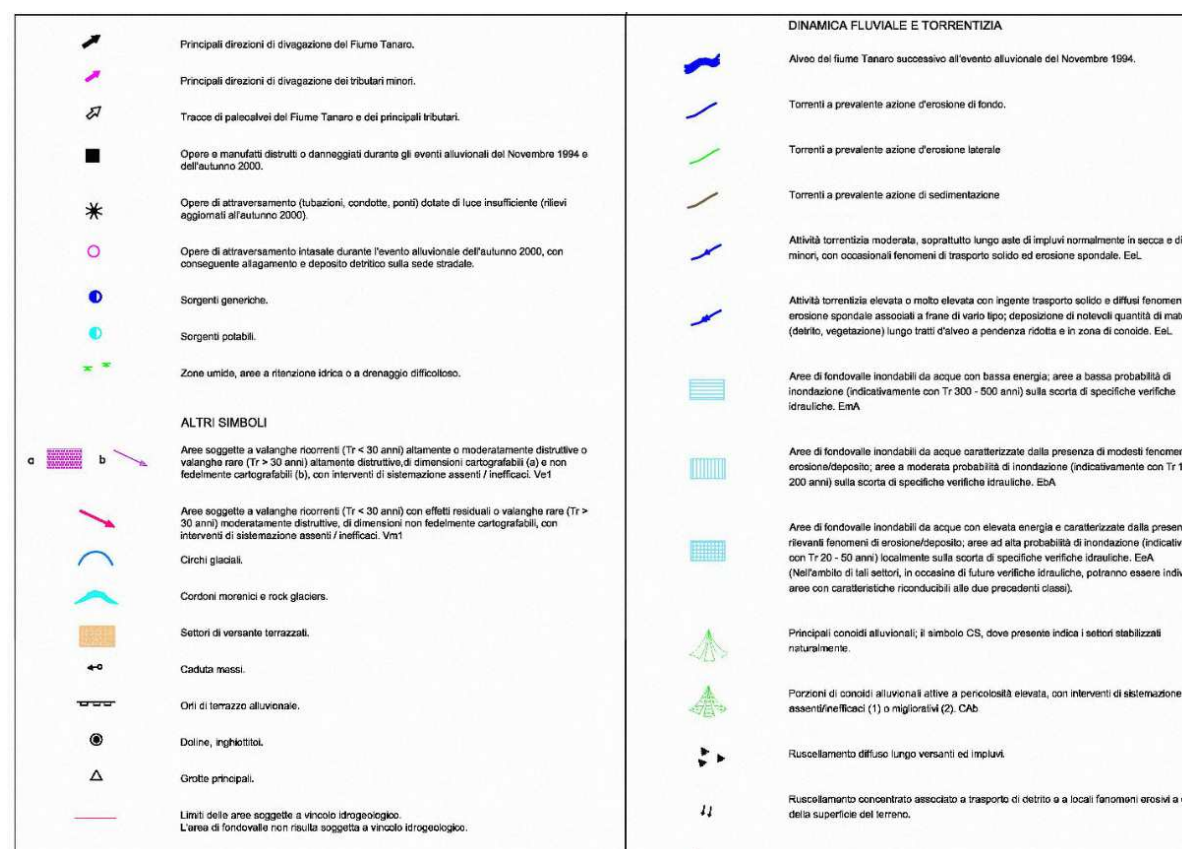
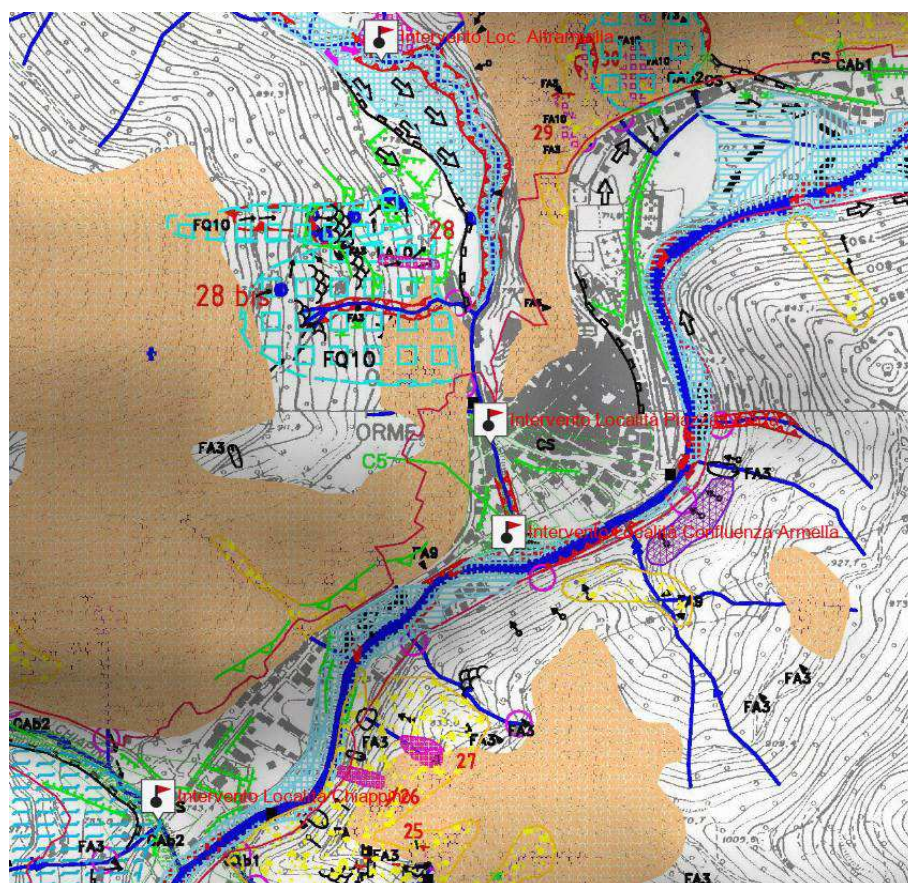


Figura n° 3: cartografia del quadro del dissesto lungo i tratti d'alveo d'intervento e relativa legenda

7. - CARATTERIZZAZIONE TECNICA DEI TERRENI

Dato il semplice assetto stratigrafico locale, agevolmente evidenziabile tramite un rilievo di superficie, in questa fase d'indagine non si è ritenuto di predisporre l'esecuzione di particolari prove geognostiche in sito.

La successione stratigrafica dei terreni può essere sintetizzata come segue:

-da 0.00 a 3.00 – 4.00 m depositi alluvionali grossolani ghiaiosi sabbiosi ciottolosi con blocchi;

- oltre i 3.00 – 4.00 m (dal fondo alveo) segue il substrato prequaternario.

Sono state eseguite indagini sismiche lungo la sponda del Torrente Armella, appena a valle dell'intervento in località capoluogo; si riporta in allegato la relativa relazione di sintesi che conferma i dati di rilievo geologico tecnico effettuato in sito.

Per quanto riguarda la caratterizzazione meccanica dei depositi alluvionali e terreno di riporto, con riferimento ai rilievi condotti, all'esperienza maturata in contesti strettamente analoghi ed ai dati reperibili in letteratura (LAMBE & WHITMAN, 1969; NAVFAC, 1971; LANCELLOTTA, 1987), si sono adottati in via preliminare i seguenti intervalli di valori dei parametri geotecnici fondamentali:

Parametri geotecnici	Depositi alluvionali: sabbie e ghiaie con ciottoli
γ [kN m ⁻³]	15÷18
γ_{sat} [kN m ⁻³]	19 ÷21
ϕ' [°]	30÷33
Cu [kPa]	0

Non si ritiene necessaria la caratterizzazione del substrato prequaternario in quanto le opere previste in progetto non raggiungeranno la roccia in posto.

8. – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CONSIDERAZIONI

GEOLOGICO TECNICHE

8.1. Torrente Armella

- Località Altrarmella a monte dell'abitato

È prevista la riprofilatura delle sponde e di un tratto di alveo del torrente Armella, tramite movimentazione di materiale lapideo in loco, al fine di ripristinare le sezioni di deflusso attualmente compromesse ed evitare esondazioni in corrispondenza a piene a carattere ordinario delle adiacenti proprietà comunali adibite a parco ed area verde.

L'area nel complesso rimarrà comunque di pertinenza fluviale ed in occasione di successivi eventi molto gravosi l'erosione e l'esondazione comporteranno la riattivazione dell'intero settore d'alveo di piena.

Per la protezione dell'abitato posto a valle rimarrà prioritario il completamento dell'intervento di ripristino della briglia filtrante / bacino di sedimentazione posto più a monte.

Di tale intervento, già finanziato, è prevista prossimamente la progettazione.

La pista di cantiere predisposta per la realizzazione del presente intervento sarà idonea anche per il successivo ripristino della briglia di cui sopra.

- località capoluogo

È previsto il ripristino dell'efficienza idraulica del tratto tombinato del torrente Armella sottostante la piazza della Libertà e relativo e contestuale consolidamento fondazionale delle difese spondali esistenti.

Sarà così completato l'intervento in parte realizzato più a monte dove l'erosione aveva parzialmente distrutto alcuni tratti di muro spondale con apertura di voragini nel piano viabile.

Il fondo alveo sarà sistemato con pietrame e cemento per evitare il più possibile successive erosioni di fondo.

A valle del ponte della strada statale, al termine del tratto tombinato, il ripristino della traversa preesistente dovrà essere realizzato con setto antiscazzamento

ben approfondito (indicativamente almeno 1.5 / 2 m) ed ancorato ai grossi massi esistenti.

➤ In località confluenza Armella Tanaro

Nel torrente Armella immediatamente a monte della confluenza con il fiume Tanaro è prevista la movimentazione di materiale nell'alveo al fine di ripristinare le sezioni idrauliche del tratto canalizzato a valle del ponte di via degli Orti; è inoltre prevista la movimentazione di materiale nell'alveo del fiume Tanaro sempre al fine di ripristinare le sezioni di deflusso del Tanaro nel tratto di confluenza e consolidare la parte fondazionale delle difese spondali parzialmente scalzate in sponda sinistra, a valle della soglia esistente.

8.2. Rio Chiappino

Nel rio Chiappino è prevista la ricostruzione della difesa spondale in destra orografica a monte della statale 28, la sottomurazione della difesa spondale in sinistra orografica a monte e valle del ponte stesso e contestualmente il ripristino della soglia antierosione posta immediatamente a valle delle spalle del ponte, scalzata e sifonata.

Alla confluenza con il fiume Tanaro è inoltre prevista la movimentazione di materiale nell'alveo al fine di ripristinare la sezione di deflusso del tratto di confluenza.

Il materiale proveniente dagli scavi di fondazione sarà impiegato in loco per riempire le nicchie di erosione spondale e ripristinare la continuità del profilo delle sponde.

Per l'esecuzione dei lavori in alveo a monte della statale occorrerà realizzare un tratto di savanella, al fine di poter operare in assenza di acqua; al termine dei lavori verrà ripristinato lo stato naturale del corso d'acqua, senza asportazione di materiale dall'alveo.

8.3. Indicazioni geologico tecniche generali

In generale i lavori in progetto non comportano particolari difficoltà operative. Lo scavo di fondazione per l'ammorsamento dei setti antiscalzamento prevedrà

localmente demolizione di masse rocciose in posto che dovrà avvenire attraverso l'impiego di adeguati mezzi escavatori/martelloni demolitori. Una problematica particolare sarà la difficoltà di manovra nel tratto sotto la Piazza della Libertà, essendo presente per l'intero tratto un solettone armato di altezza limitata.

Tutti i lavori nell'abitato dovranno essere realizzati con tutte le cautele del caso essendo presenti sottoservizi e fondazioni in alveo delle abitazioni adiacenti all'alveo.

Per eliminare l'acqua in corrispondenza dei getti delle fondazioni potranno essere usate anche adeguate pompe ad immersione.

Tutte le lavorazioni dovranno essere eseguite in periodi di portata di magra ed avendo cura di causare il minor disturbo alla fauna ittica. In particolare i getti in cls delle fondazioni dovranno essere eseguiti in modo tale da evitare dilavamenti del cls e conseguente inquinamento del torrente.

Nella realizzazione di tutte le lavorazioni si dovrà usare un calcestruzzo di buona qualità e di comprovata resistenza all'abrasione / erosione.

I massi per la realizzazione delle scogliere, soglie e platee dovranno essere di dimensioni ciclopiche e di litologia non geliva e non fratturata od alterata.

Laddove presenti dovranno essere ripristinate la soglie antiscalzamento preesistenti.

Tutti i lavori previsti in progetto dovranno essere soggetti a periodici controlli e manutenzioni con interventi solleciti in caso di erosioni o depositi che modificano sostanzialmente le sezioni di progetto.

Committente: Dott. Geol. Aldo Acquarone

Studio di geologia, idrogeologia e geotecnica
Via Aleramo, 129 - 12.075 - GARESSIO (CN)

Bordighera, li 14 Agosto 2017

Oggetto: Descrizione dei risultati ottenuti dalle prove MASW “Multichannel Analysis of Surface Waves”, dalle prospezioni sismiche a rifrazione e dalle acquisizioni HVSR eseguite nel centro cittadino del Comune di Ormea (CN)

a) Prospezioni sismiche a rifrazione

Sono stati predisposti, il giorno 27-07-2017 n. 2 stendimenti di sismica a rifrazione nella zona del centro cittadino di Ormea, per definire l'andamento delle velocità delle onde p (longitudinali).

Nel dettaglio l'allineamento S1, eseguito nella zona Nord del centro cittadino, vicino alla Chiesa di San Martino Vescovo, in corrispondenza dei giardini in fregio all'edificio sacro (vedere foto 1 sotto allegata), ha una lunghezza pari a 24 m (oltre a 2 m di offset).

L'allineamento S2, eseguito a Sud della stesa S1 e a Sud della SS28 (vedere foto 2 sotto allegata), in corrispondenza di un sentiero, ha una lunghezza pari a 24 m (oltre a 2 m di offset).

Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura consistente in :

- sismografo Ambrogeo ECHO 12/2002;
- 12 geofoni da 4,5 Hz;
- mazza battente;
- pc windows compatibile.

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno.

Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.

Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative. La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 dello stendimento, quindi per le prospezioni sismiche S1 e S2 è pari a circa 8-9 m dal piano di campagna.

In corrispondenza delle stese sismiche S1 e S2 sono state eseguite delle acquisizioni di andata (con battuta a 2 metri dal primo geofono) e di ritorno (con battuta a 2 m dal 12° geofono), è stata eseguita anche una acquisizione centrale (con battuta tra il 6° e il 7° geofono).

Le prospezioni sismiche a rifrazione S1 e S2 sono state interpretate con il metodo GRM (o di Palmer) con il programma Intersism di Geo&Soft.



Posizione indicativa stesa a rifrazione S1, prove Masw S1 e acquisizione HVSr1 (non in scala)



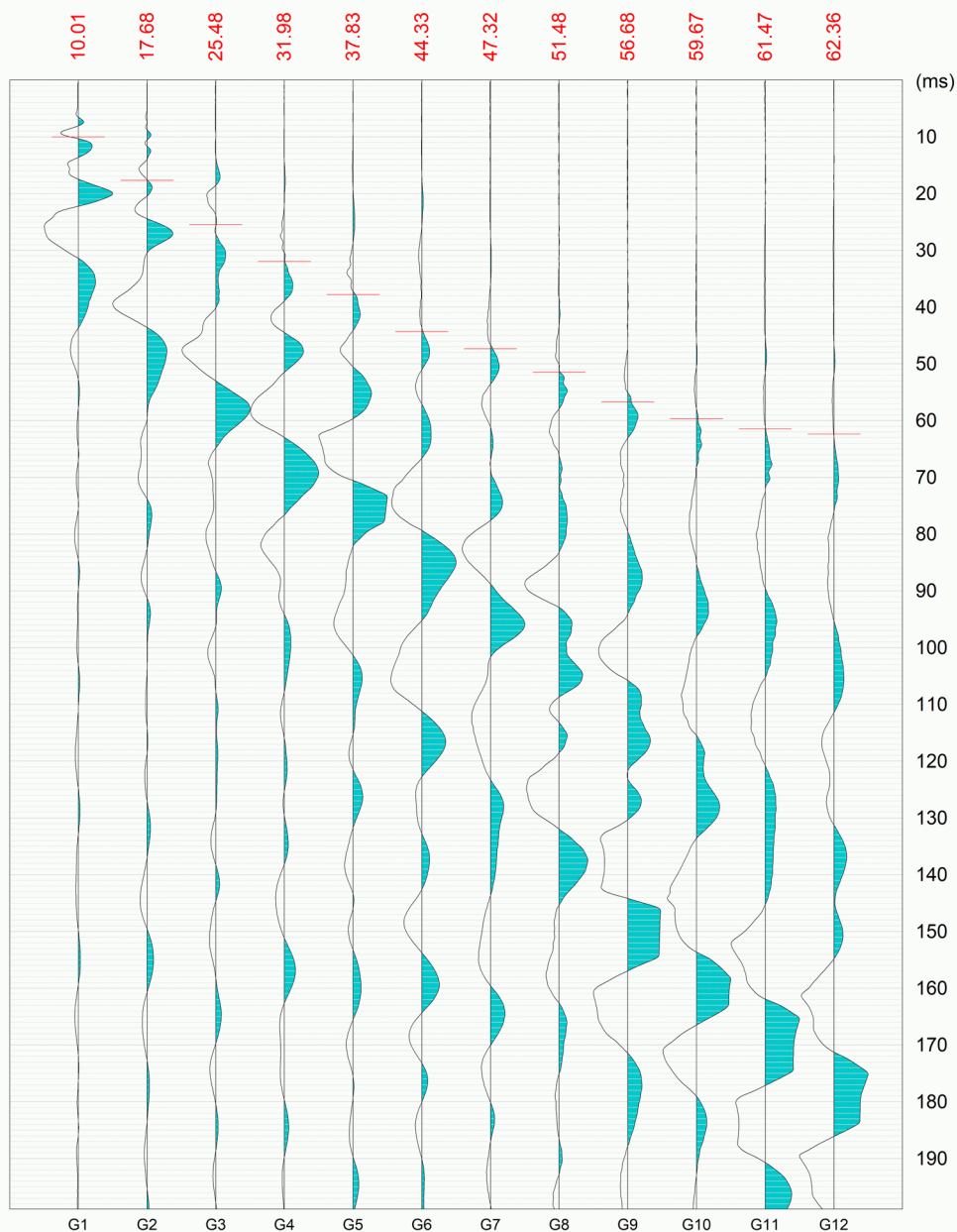
Posizione indicativa stesa a rifrazione S2, prove Masw S2 e acquisizione HVSr2 (non in scala)

Prospezione sismica S1 (zona della Chiesa nel centro cittadino di Ormea):

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Località: centro cittadino Ormea (CN)

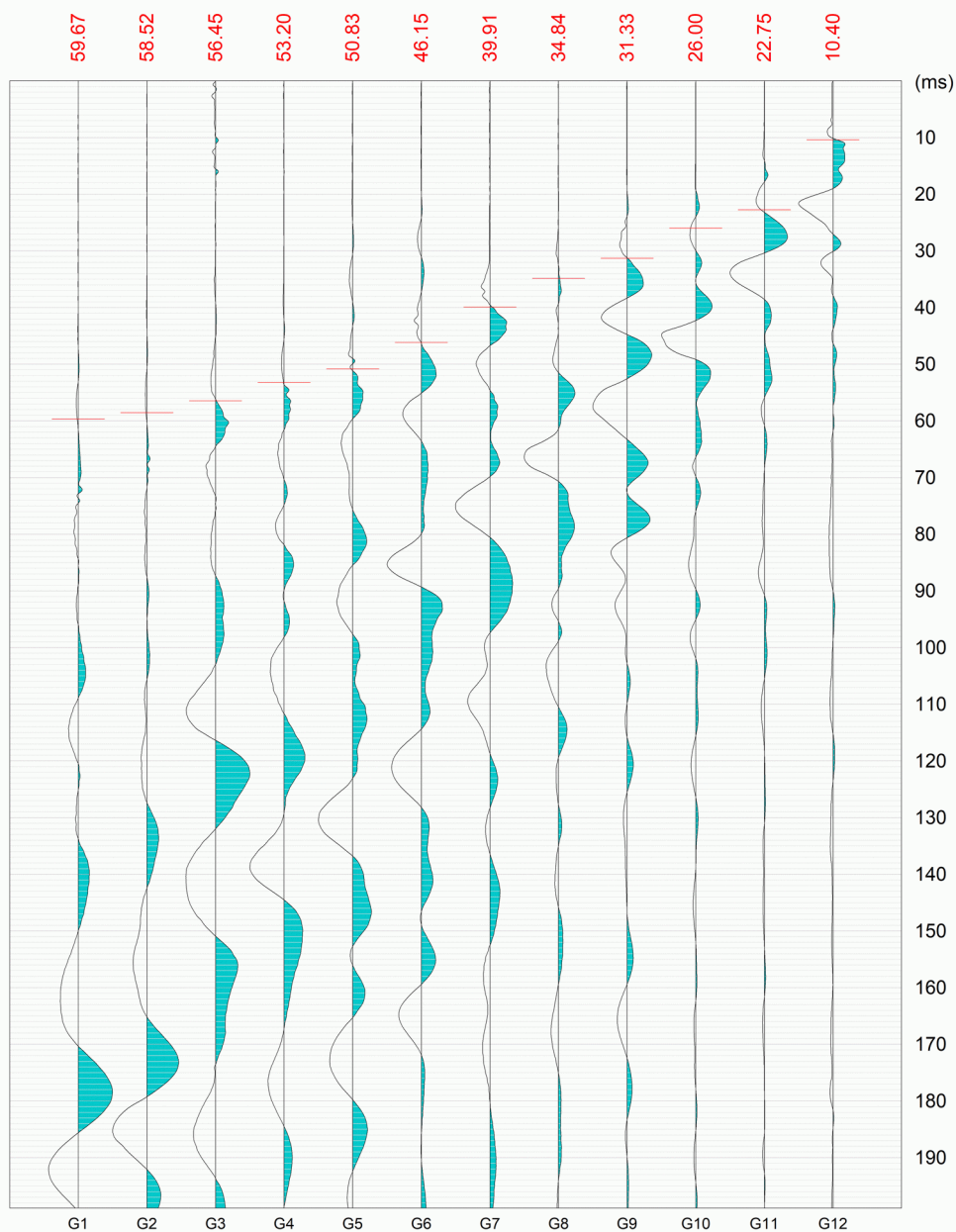


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Località: centro cittadino Ormea (CN)

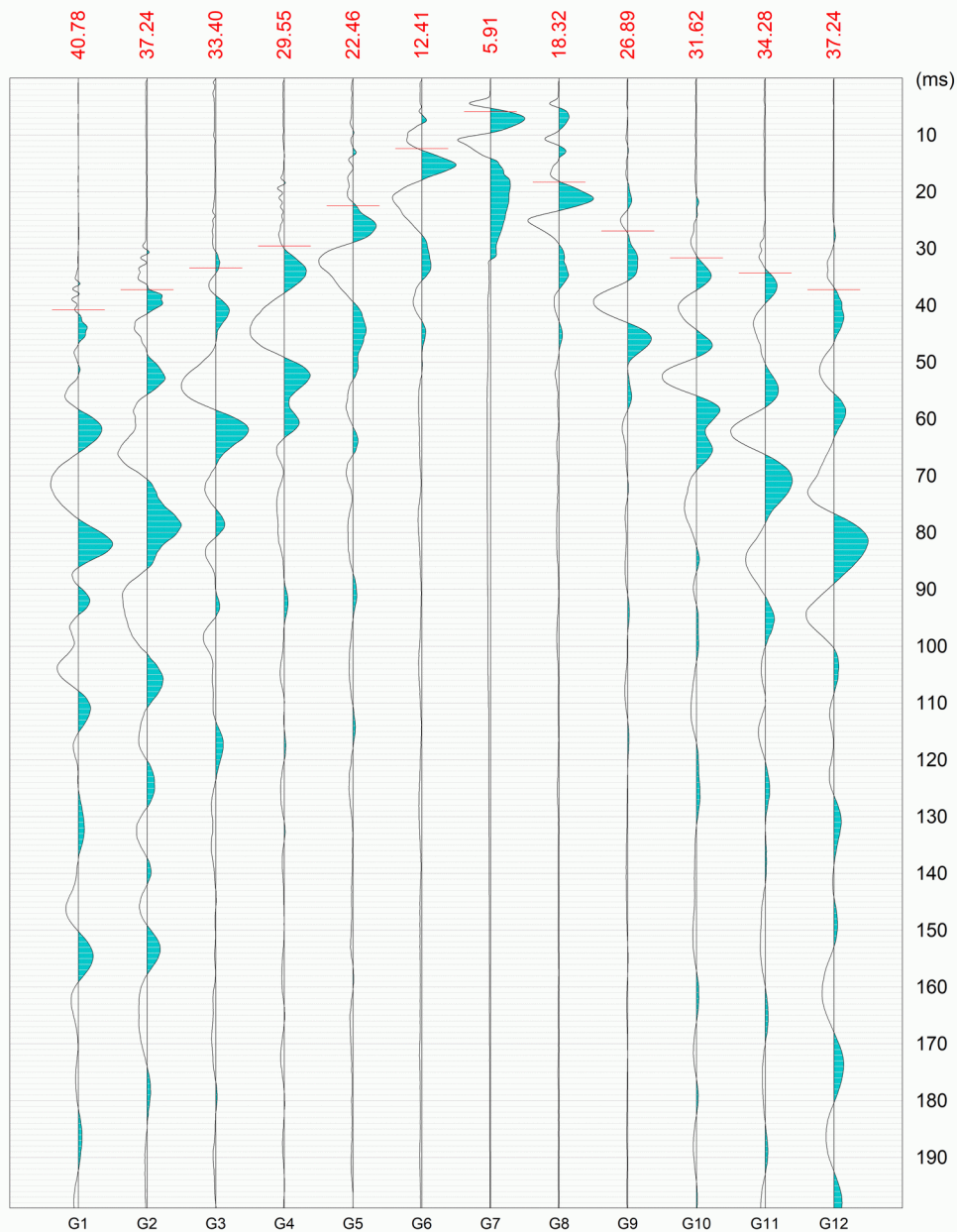


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Località: centro cittadino Ormea (CN)



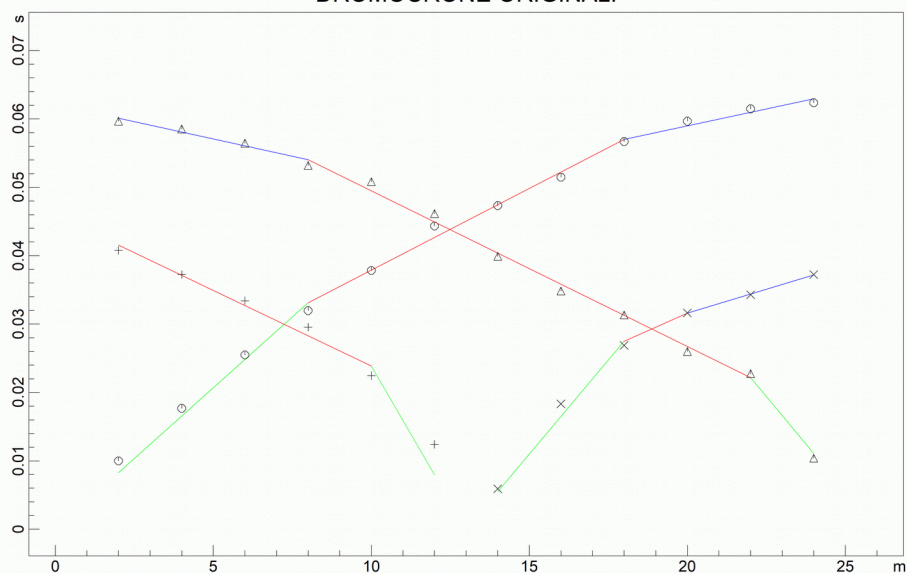
www.geoandsoft.com

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

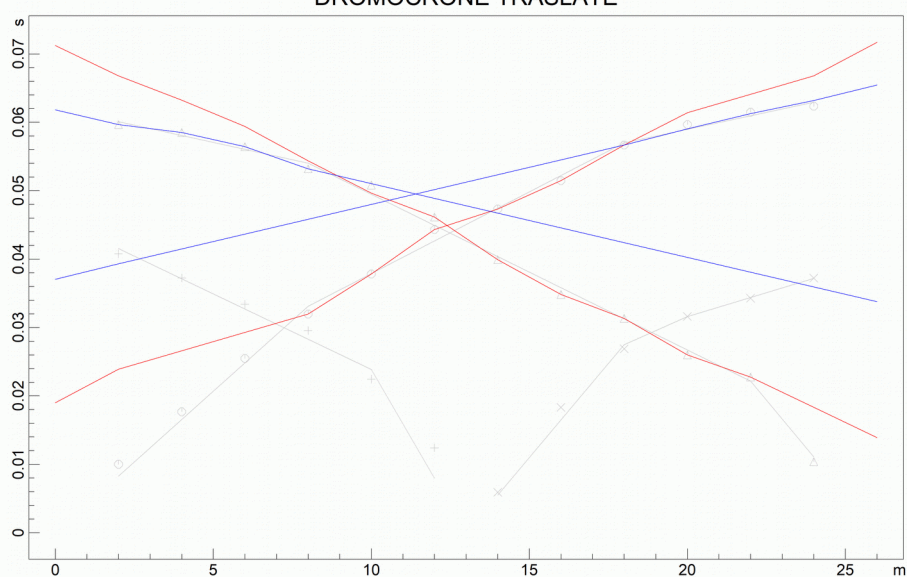
Data: 27-07-2017

Località: centro cittadino Ormea (CN)

DROMOCRONE ORIGINALI



DROMOCRONE TRASLATE

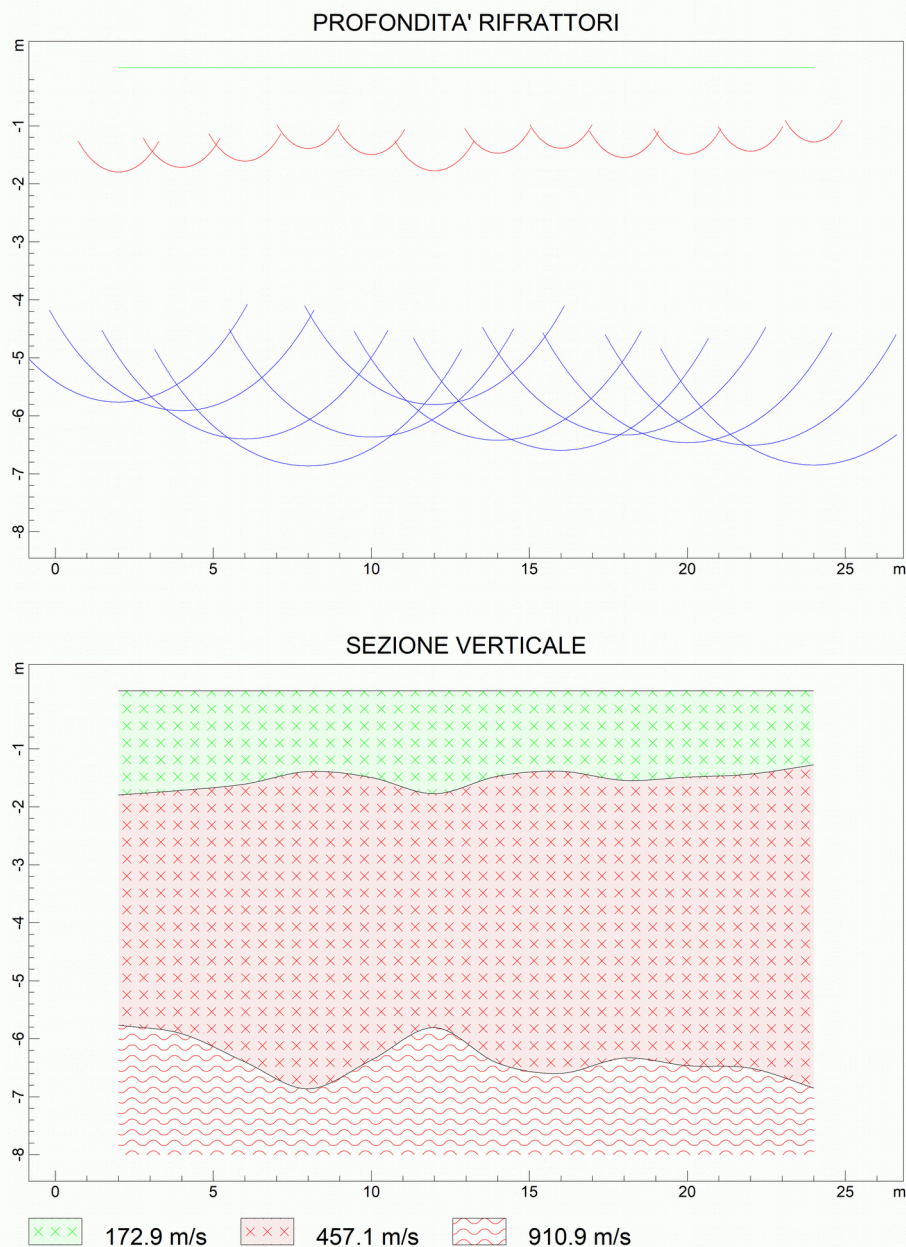


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Località: centro cittadino Ormea (CN)



www.geoandsoft.com

Lo sparo di andata è a sinistra (zona Sud-Est della stesa) dei grafici sopra riportati e lo sparo di ritorno a destra (zona Nord-Ovest della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati :

- da 0 a -1,50 m dal piano di campagna rappresentato dal giardino presente in prossimità della Chiesa – Livello vegetale e riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali (V_p) pari a 0,17 km/s;
- da -1,50 m a -6,00/-6,50 m dal p.c. - Livello costituito probabilmente da coltre detritica/riporti antropici caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,46 km/s;

- da – 6,00/-6,50 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso fratturato (rappresentato nella zona dai Porfiroidi del Melogno), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (V_p) pari a 0,91 km/s.



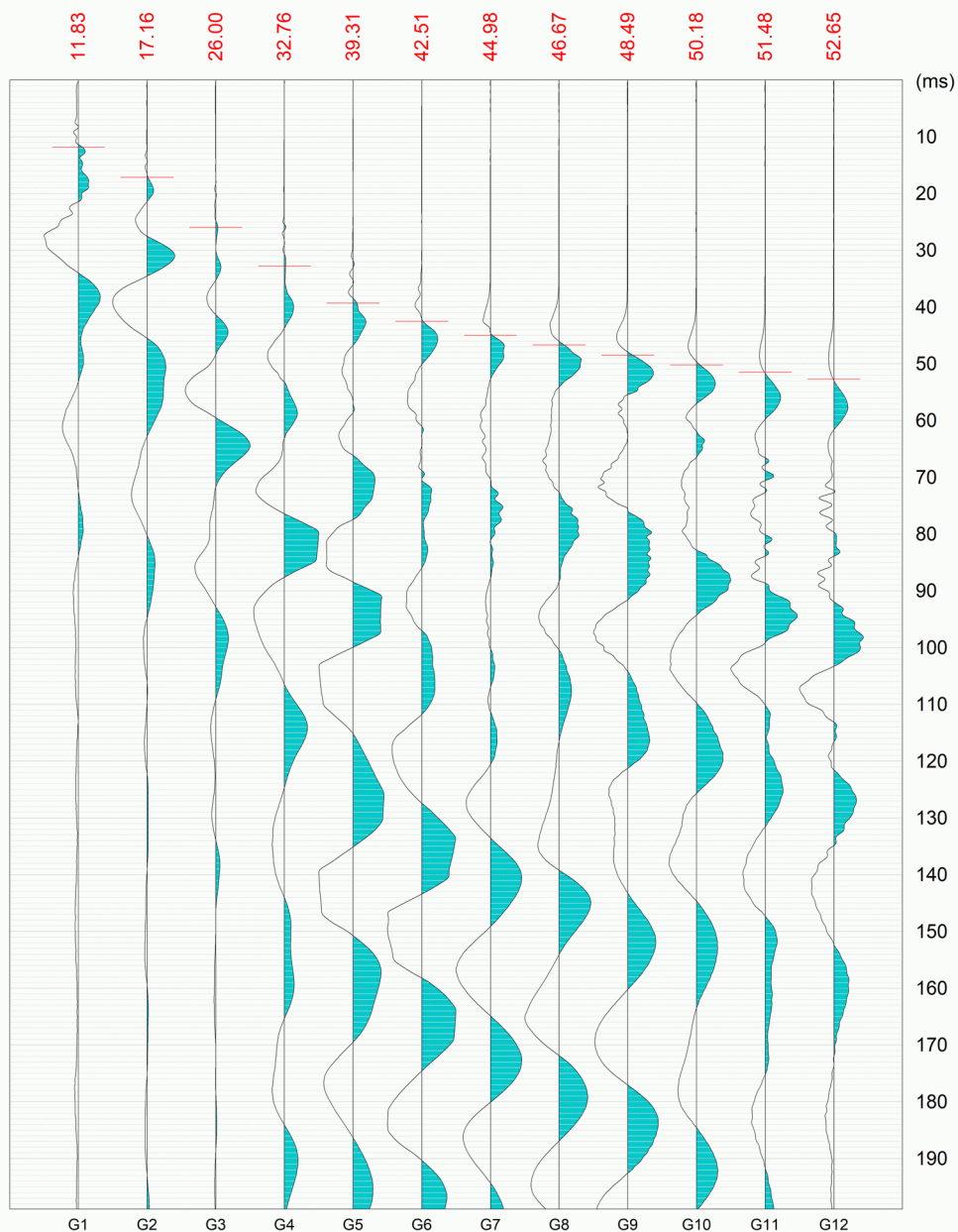
Foto 1 – Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e masw S1

Prospezione sismica S2 (a Sud della stesa sismica S1 e nella zona del centro abitato di Ormea):

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Centro abitato Ormea (CN)

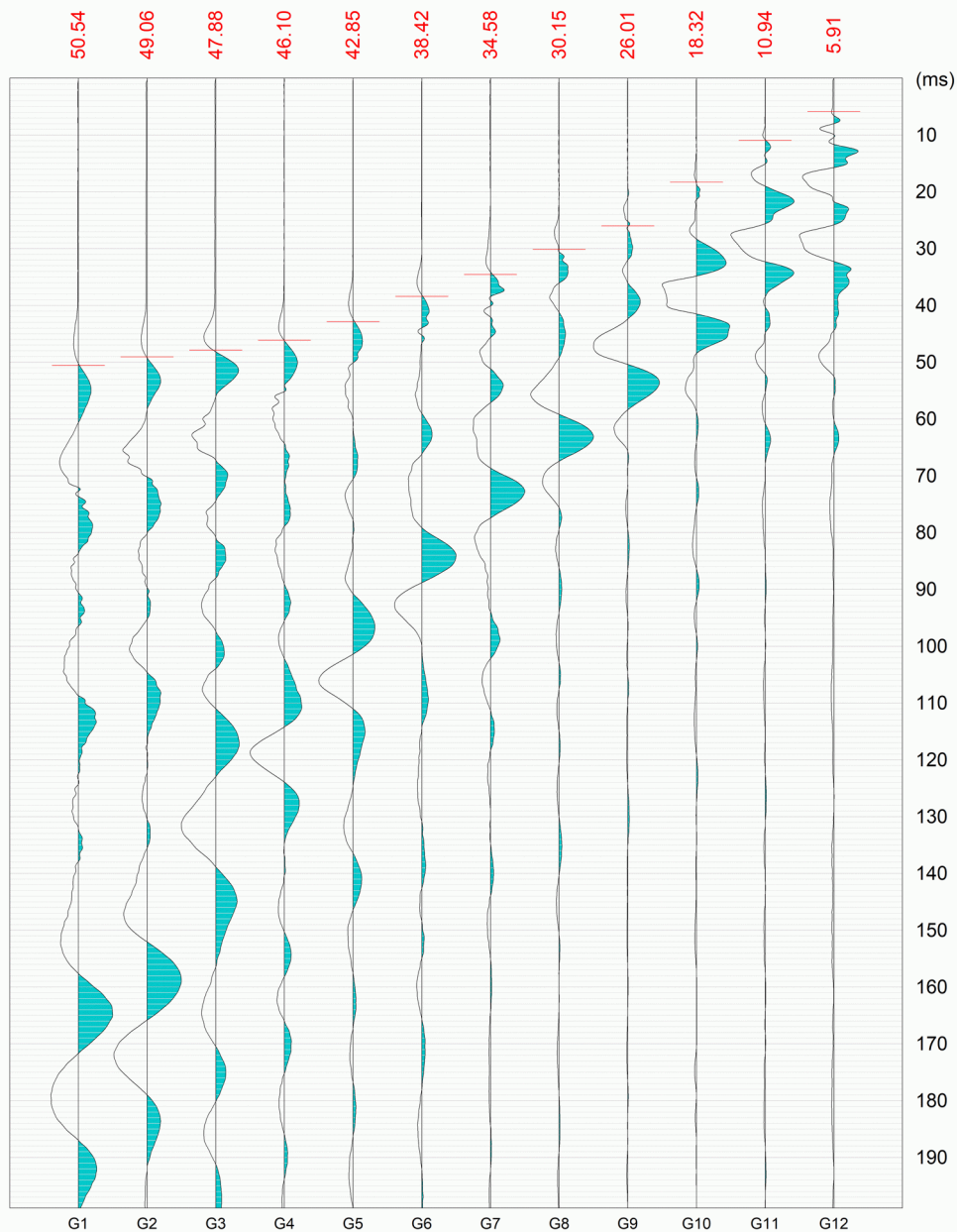


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Centro abitato Ormea (CN)

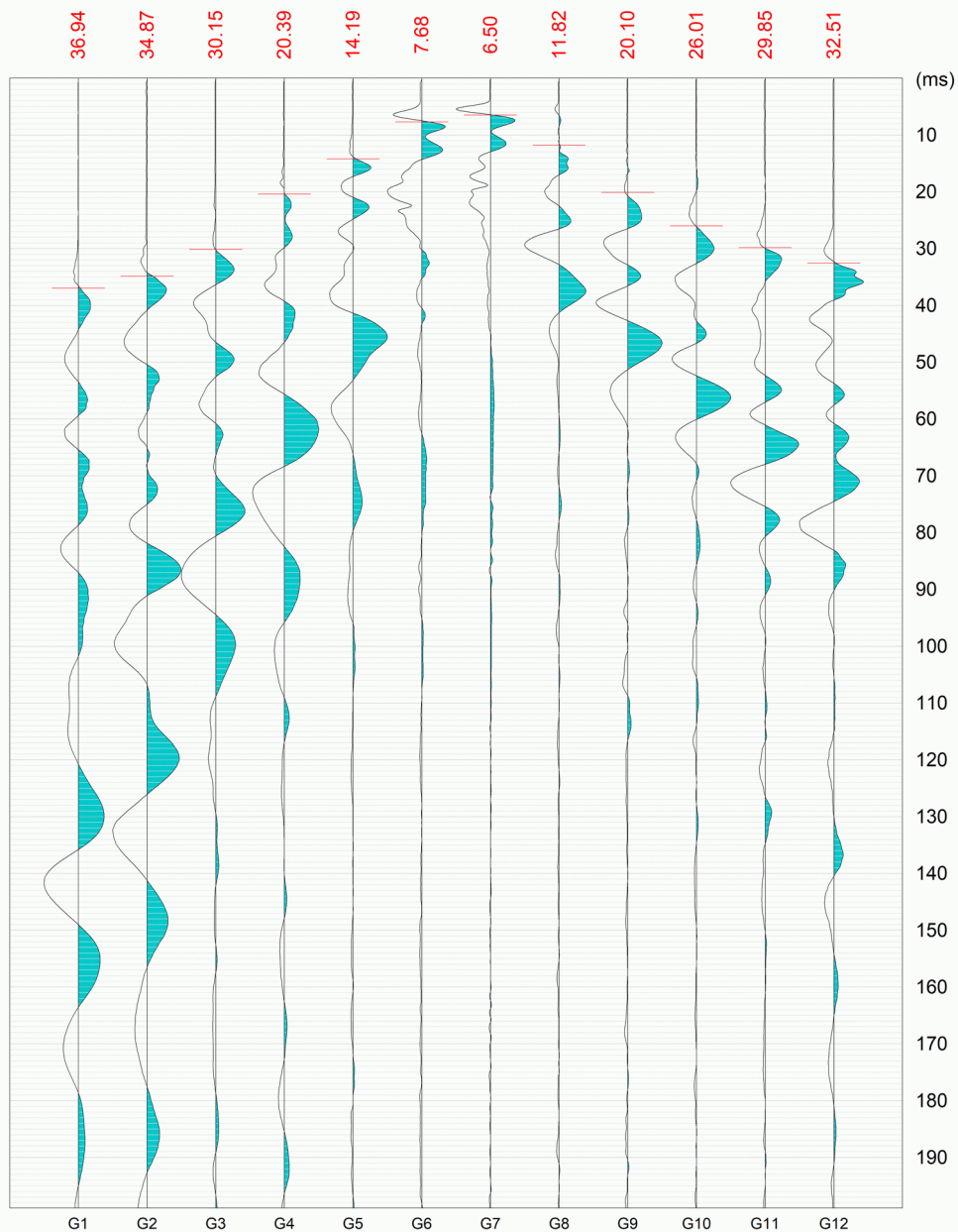


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Centro abitato Ormea (CN)



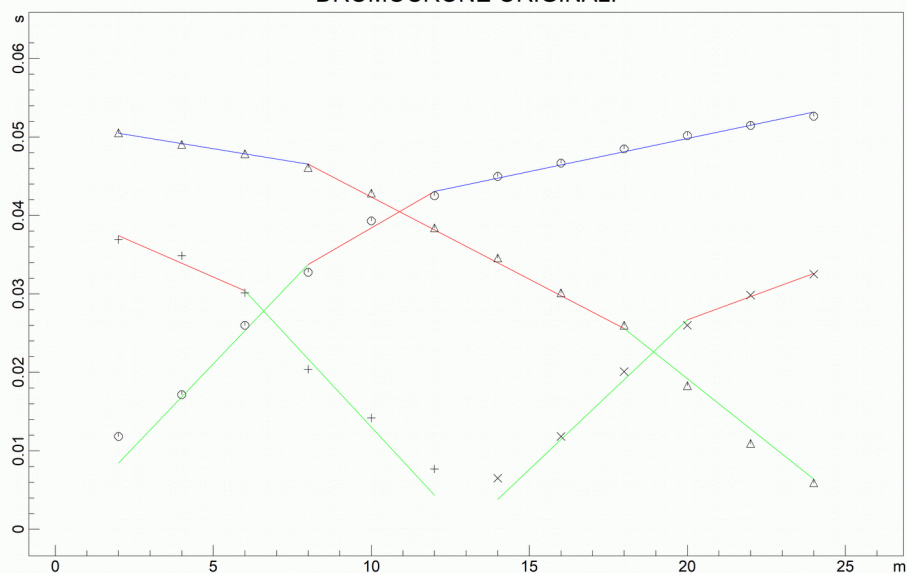
www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

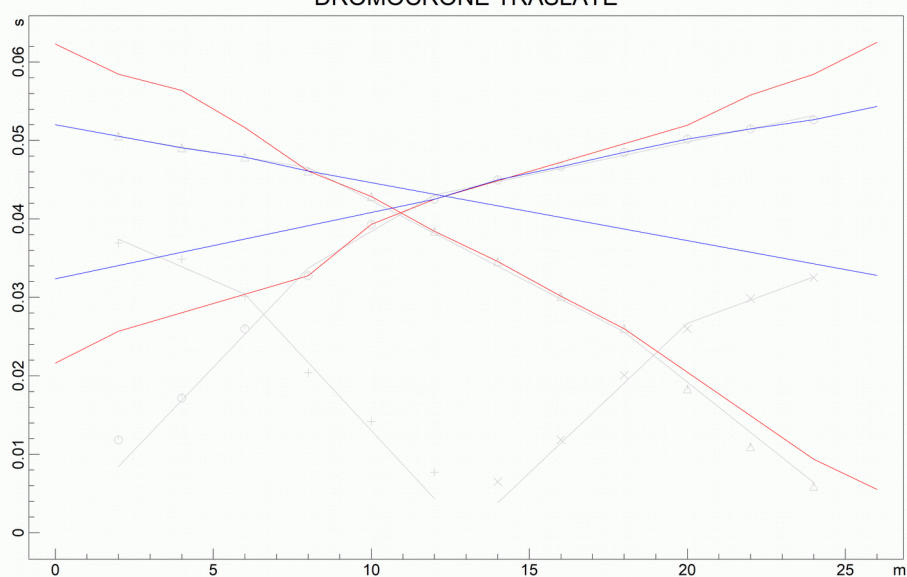
Data: 27-07-2017

Centro abitato Ormea (CN)

DROMOCRONE ORIGINALI



DROMOCRONE TRASLATE

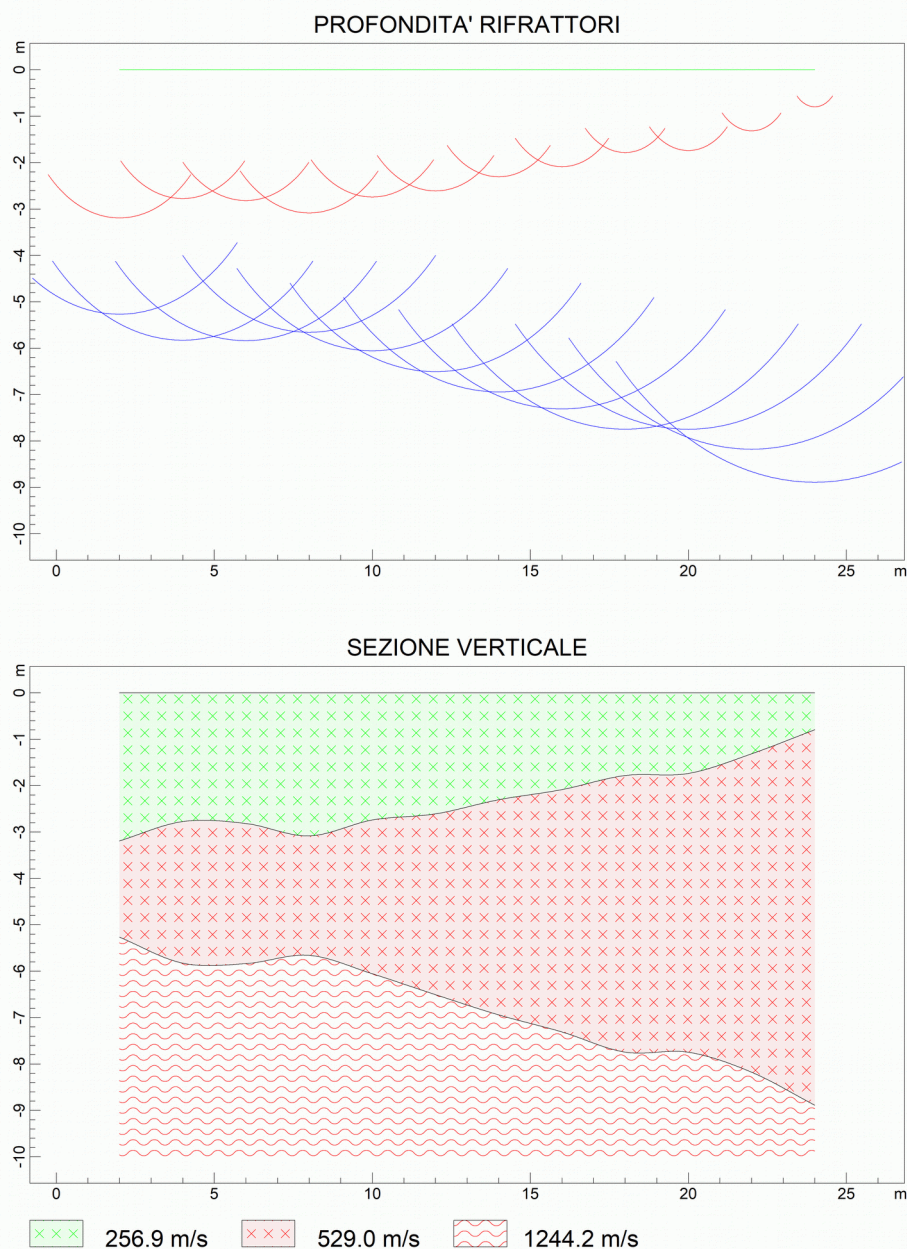


www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)

Data: 27-07-2017

Centro abitato Ormea (CN)



Lo sparo di andata è a sinistra (zona Sud-Ovest della stesa) dei grafici sopra riportati e lo sparo di ritorno a destra (zona Nord-Est della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati :

- da 0 a -3,00/-1,00 m dal piano di campagna rappresentato dal sentiero – Livello vegetale e riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali (V_p) pari a 0,26 km/s;
- da -3,00/-1,00 a -5,00/-9,00 m dal p.c. - Livello costituito probabilmente da Conoidi di deiezione (depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,53 km/s;
- da -5,00/-9,00 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso fratturato (rappresentato nella zona dai Porfiroidi del Melogno), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (V_p) pari a 1,24 km/s.



Foto 2 – Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e masw S2

b) Prove MASW

Per una valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale (V_s) nei primi 30 metri di profondità (a partire dalla quota 0 m costituita per le stese S1 e S2 dall'attuale piano di campagna, vedere foto 1 e 2 allegate), sono state eseguite delle prove MASW.

L'apparecchiatura impiegata è quella descritta nel precedente paragrafo, mentre le acquisizioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno della prospezione sismica S1 e della prospezione sismica S2.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo, nel nostro caso è stato considerato il metodo attivo, ovvero eseguendo una energizzazione tramite mazza battente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW (attivo) consiste in tre fasi (Roma 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo assegnato.

Per l'elaborazione è stato impiegato il software "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma, per una dettagliata descrizione del metodo Masw e del programma fare riferimento a "Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) di Vitantonio Roma (Libri Tecnici Professionali Editrice – 2006).

Nel dettaglio sono state eseguite circa dieci acquisizioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata

effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi della stesa, energizzando con la mazza per una durata ciascuna pari ad un secondo.

Di seguito sono riportate parti della elaborazione del programma MASW di una acquisizione di andata della stesa sismica S1 e parti della elaborazione dello stesso programma di una acquisizione di ritorno della stesa sismica S2:

MASW S1

“Sito: zona Nord centro cittadino di Ormea

Data: 27-07-2017

Stesa sismica S1 – Lunghezza 24 m (2 m offset)

Acquisizione di andata

Redatto da MASW

(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracceD:\RELAZIONI APRILE 2017\Acquarone Aldo\Centro Ormea 27-07-2017\s1\masws1\eg2\ritorno7.sg2

Numero di ricevitori..... 12

Distanza tra i sensori:.....2m

Numero di campioni temporali.....7651

Passo temporale di acquisizione.....0.1307ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a1000ms

I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

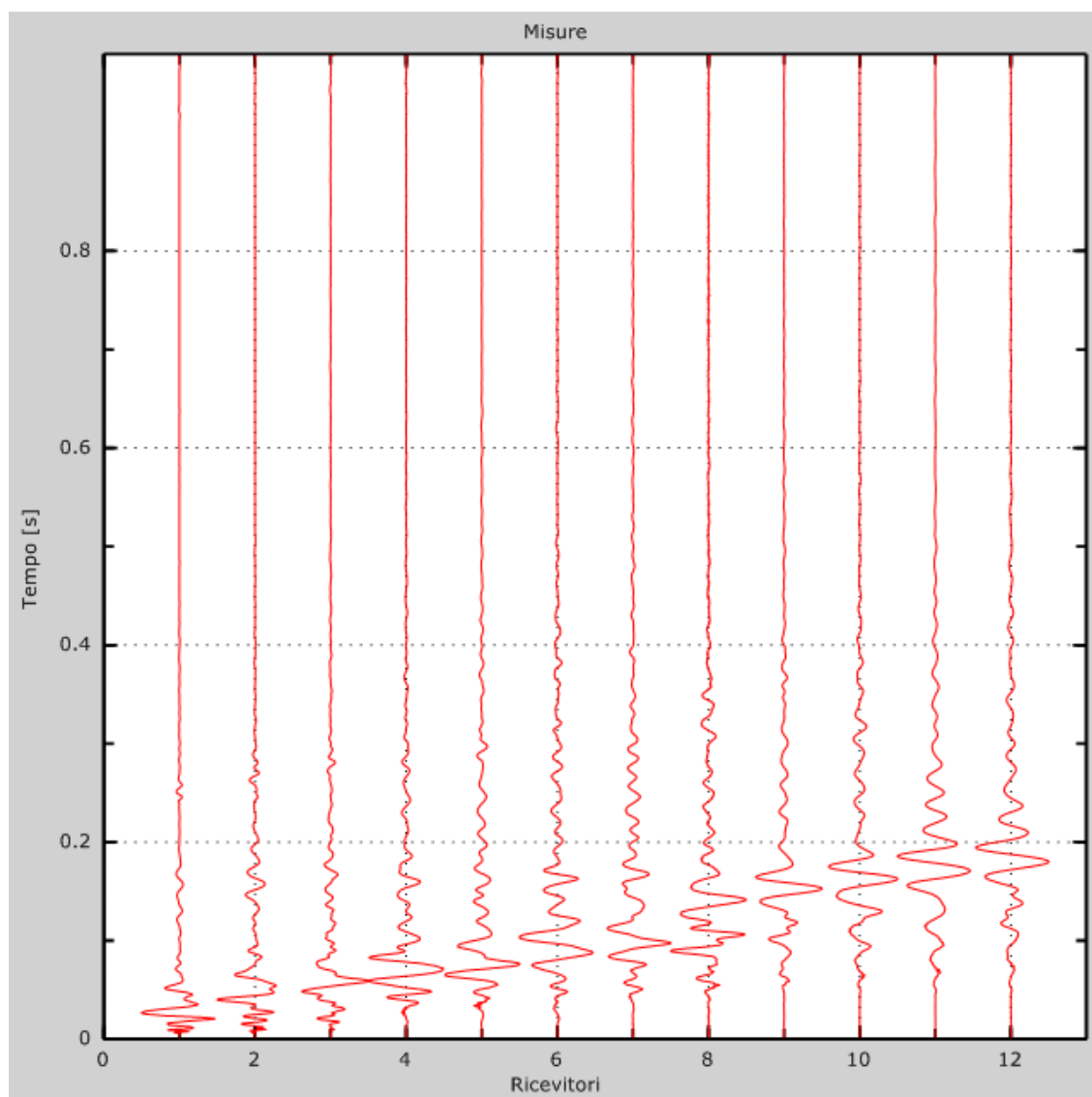


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz
 Frequenza iniziale.....2Hz

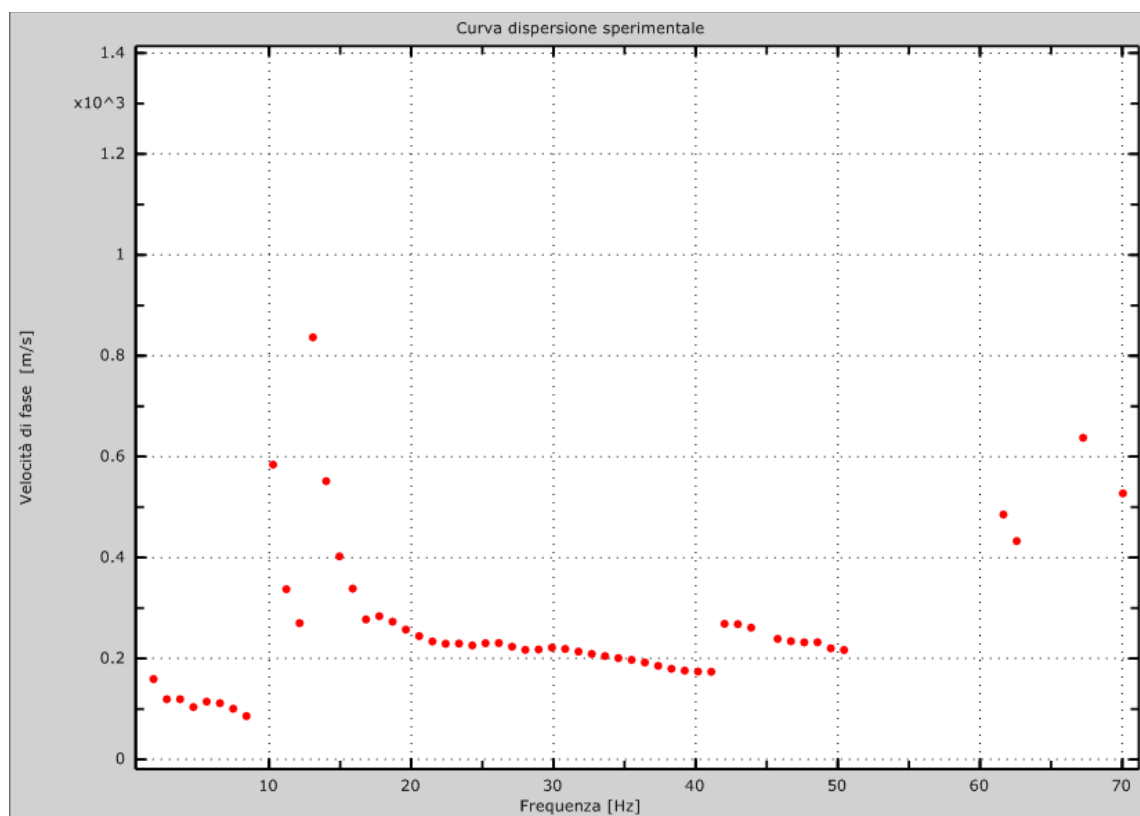


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
13.1196	802.048	761.462	842.634
14.1731	548.387	512.874	583.899
15.8412	340.384	304.872	375.897
18.6507	274.433	249.066	299.799
23.9183	218.627	198.334	238.92
29.2738	208.481	188.188	228.774
34.4537	203.407	117.163	289.652
39.458	183.115	101.943	264.286
42.6186	193.261	86.7233	299.799

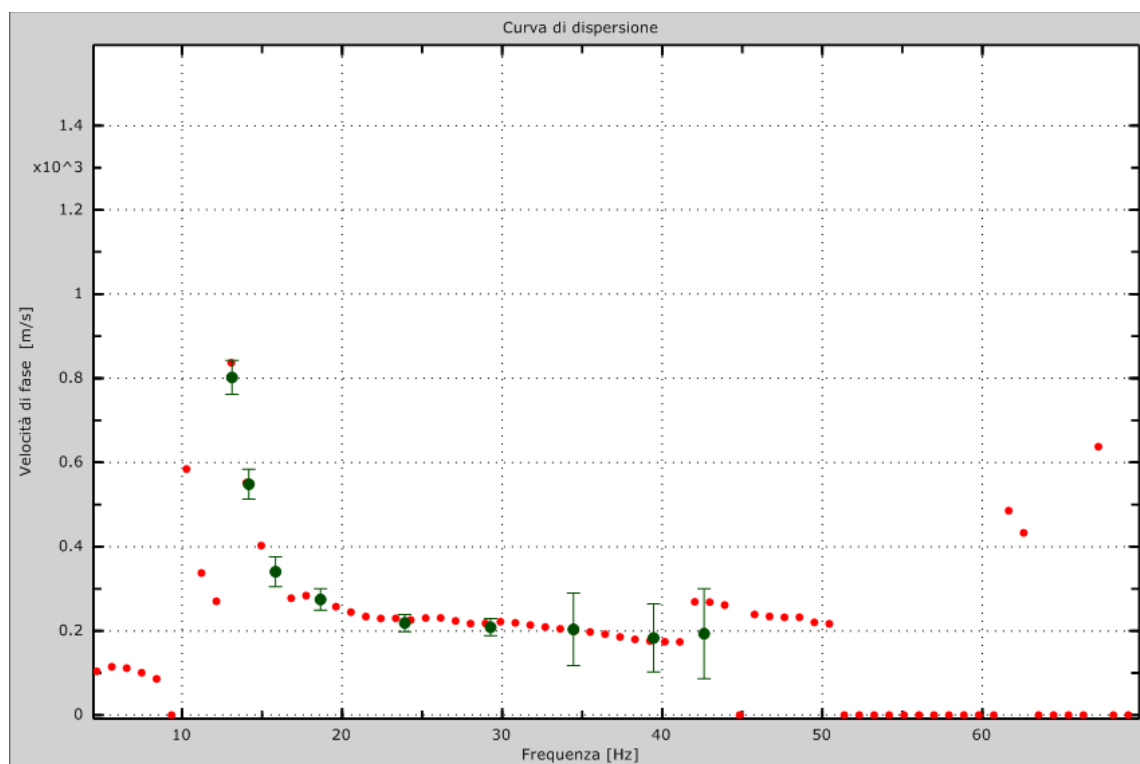


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	9
Spaziatura ricevitori [m].....	2m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi.....	1

Strato 1

h [m].....	1.5
z [m].....	-1.5
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson.....	0.2
Vs [m/s].....	178
Vp [m/s].....	291
Vs min [m/s].....	107
Vs max [m/s].....	267
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	178

Strato 2

h [m].....	4.5
z [m].....	-6
Densità [kg/m ³].....	2100
Poisson.....	0.3
Vs [m/s].....	262
Vp [m/s].....	490
Vs min [m/s].....	121

Vs max [m/s].....	393
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	262

Strato 3

h [m].....	2.5
z [m].....	-8.5
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	437
Vp [m/s].....	910
Vs min [m/s].....	29
Vs max [m/s].....	656
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	437

Strato 4

h [m].....	0,5
z [m].....	-9
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	528
Vp [m/s].....	1099
Vs min [m/s].....	189
Vs max [m/s].....	792
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	528

Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-13
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	528
Vp [m/s].....	1099
Vs min [m/s].....	305
Vs max [m/s].....	792
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	528

Strato 6

h [m].....	6
z [m].....	-19
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	1650
Vp [m/s].....	3435
Vs min [m/s].....	305

Vs max [m/s].....2475

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1650

Strato 7

h [m].....6

z [m].....-25

Densità [kg/m³].....2500

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1650

Vp [m/s].....3435

Vs min [m/s].....446

Vs max [m/s].....2475

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1650

Strato 8

h [m].....6

z [m].....-31

Densità [kg/m³].....2500

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1750

Vp [m/s].....3643

Vs min [m/s].....446

Vs max [m/s].....2625

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1750

Strato 9

h [m].....0

z [m].....-∞

Densità [kg/m³].....2500

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1750

Vp [m/s].....3643

Vs min [m/s].....446

Vs max [m/s].....2625

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1750

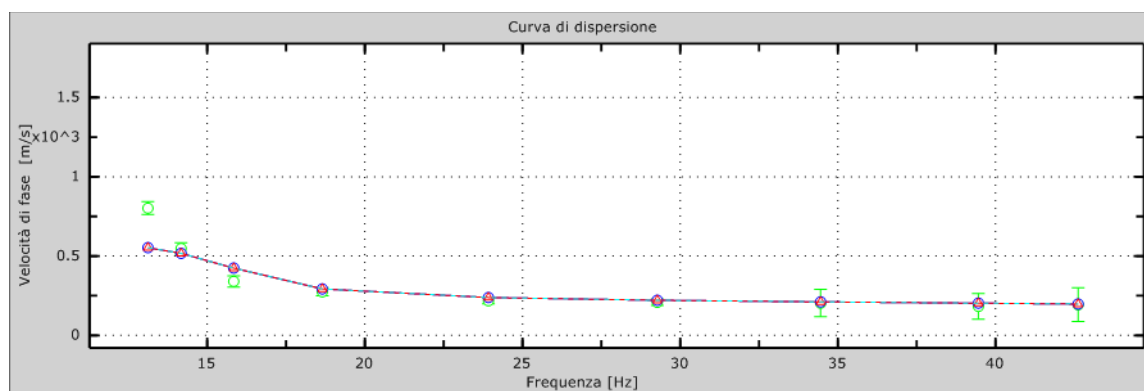


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

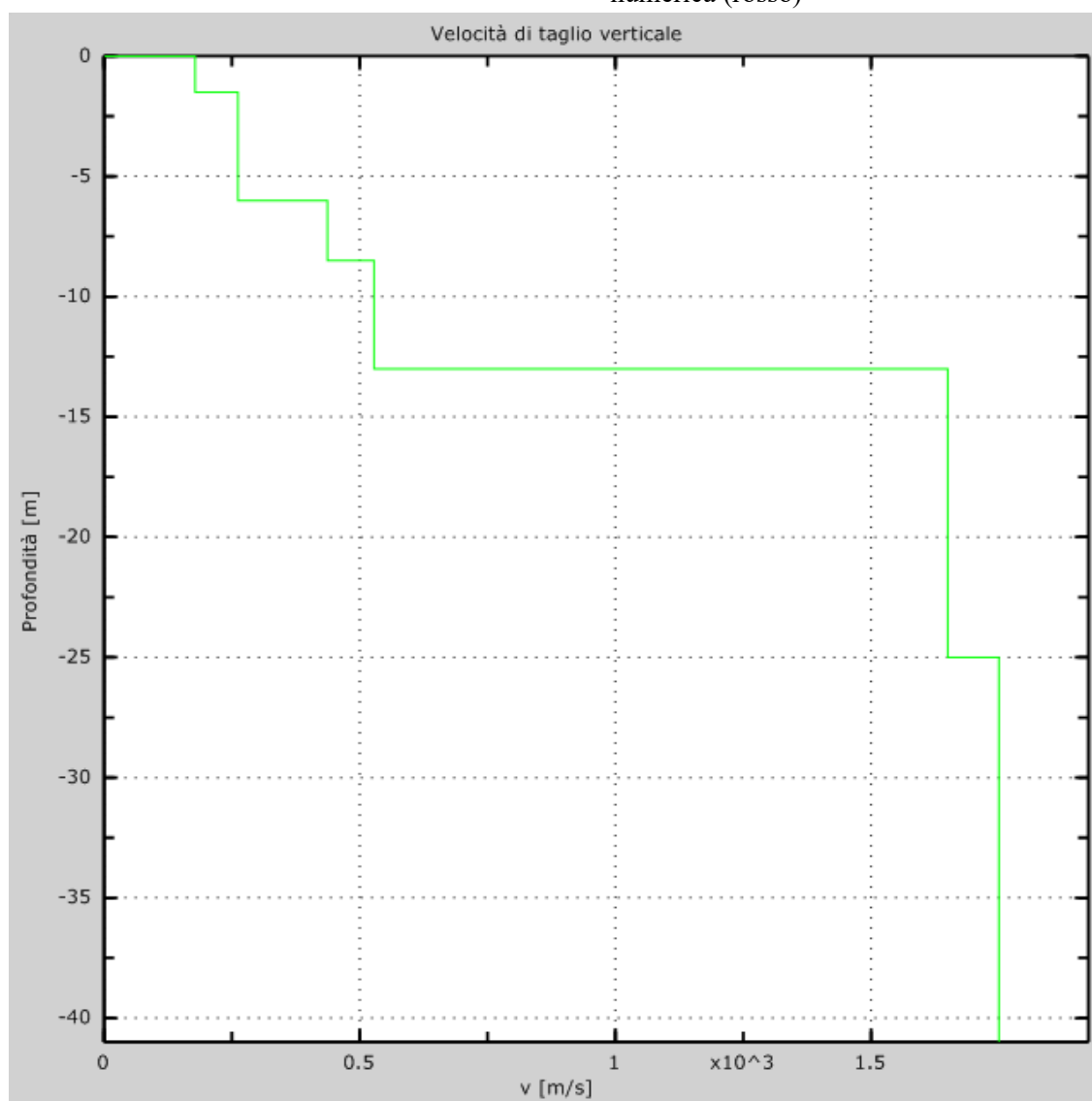


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0
Vs30 [m/s]600”.

MASW S2

“Sito: zona Sud centro abitato Ormea (CN)

Data: 27-07-2017

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset)

Acquisizione di ritorno

Redatto da MASW

(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce D:\RELAZIONI APRILE 2017\Acquarone Aldo\Centro Ormea 27-07-2017\s2\masws2\seg2\ritorno5.sg2

Numero di ricevitori..... 12

Distanza tra i sensori:..... 2m

Numero di campioni temporali..... 7651

Passo temporale di acquisizione..... 0.1307ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms

I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

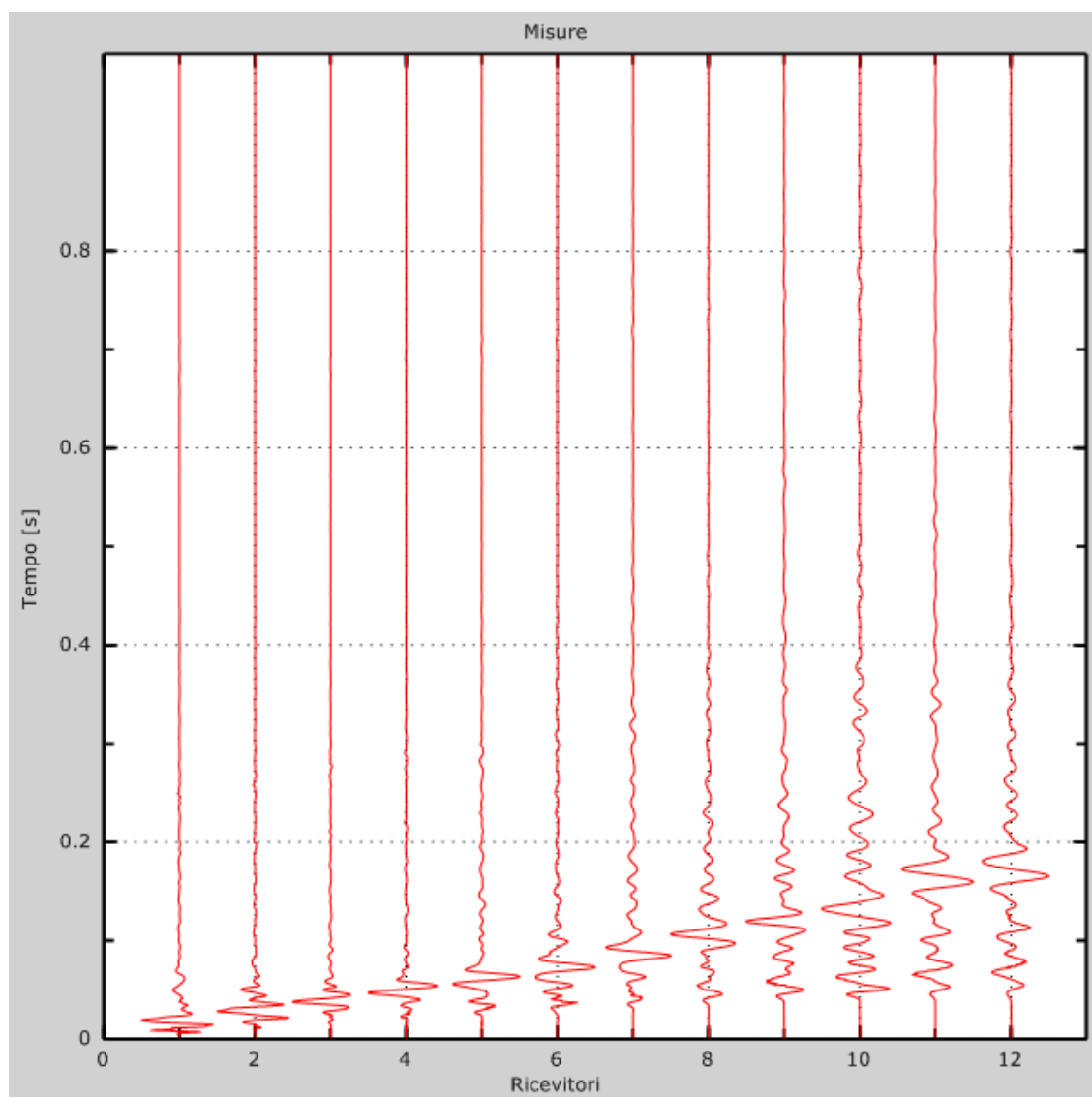


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz
Frequenza iniziale.....2Hz

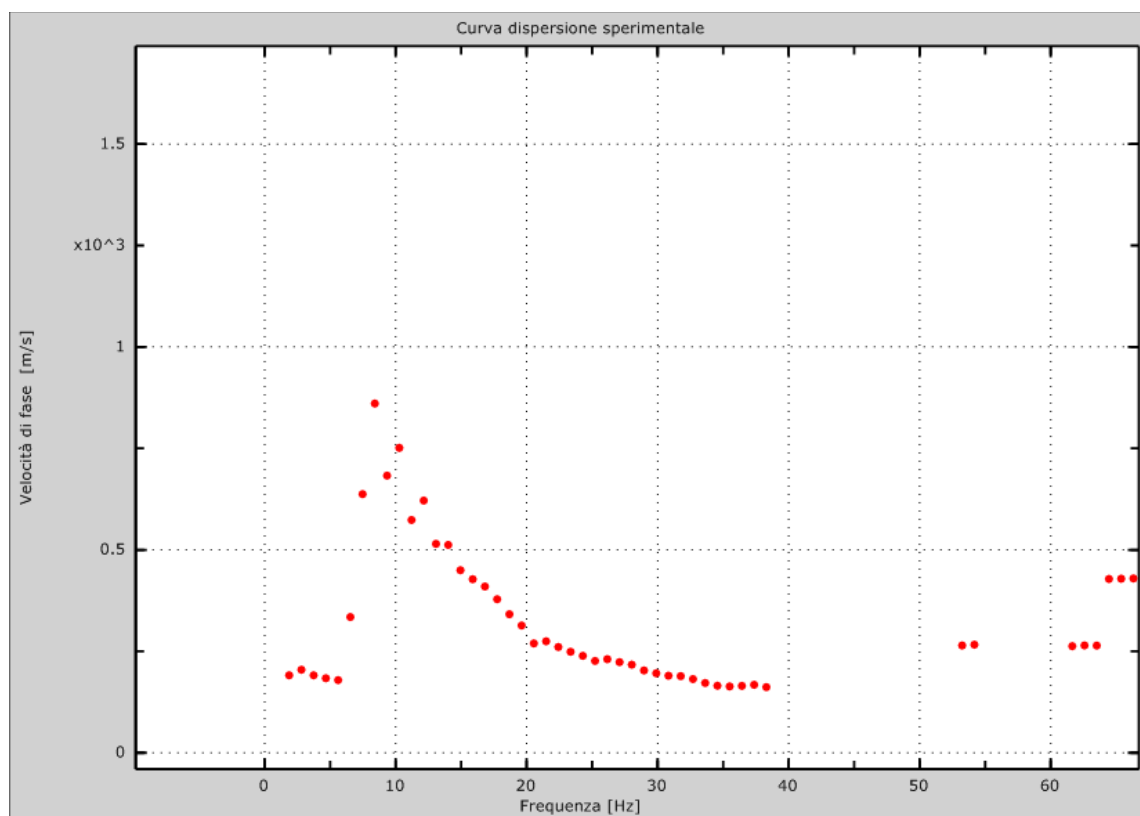


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
10.4329	800.227	788.247	812.207
11.1093	672.441	636.502	708.381
12.5589	564.622	552.642	576.602
15.9412	440.83	408.884	472.776
19.1302	329.018	293.078	364.957
23.2856	253.145	217.205	289.085
29.2771	189.252	149.319	229.185
35.5584	165.292	141.333	189.252
40.1004	177.272	125.359	229.185

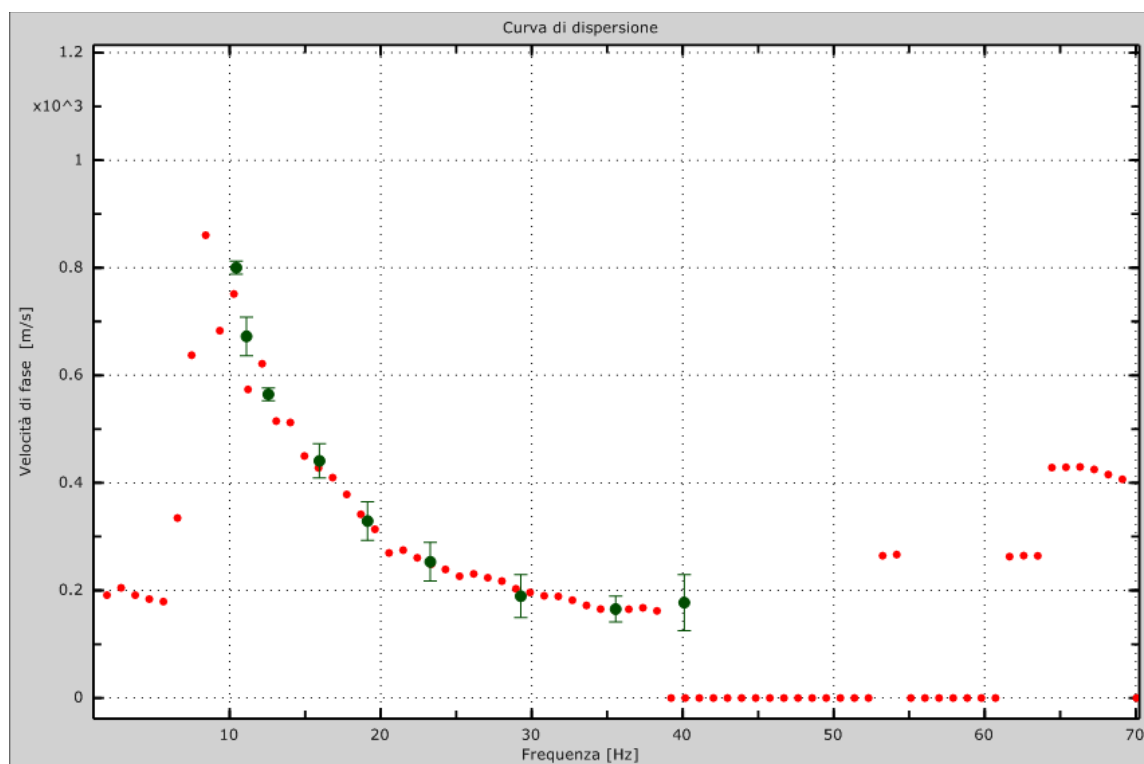


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	9
Spaziatura ricevitori [m].....	2m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi.....	1

Strato 1

h [m].....	2,5
z [m].....	-2.5
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson.....	0.2
Vs [m/s].....	184
Vp [m/s].....	300
Vs min [m/s].....	98
Vs max [m/s].....	276
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	184

Strato 2

h [m].....	4
z [m].....	-6.5
Densità [kg/m ³].....	2100
Poisson.....	0.3
Vs [m/s].....	281
Vp [m/s].....	526
Vs min [m/s].....	141

Vs max [m/s].....	563
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	281

Strato 3

h [m].....	0.5
z [m].....	-7
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	366
Vp [m/s].....	762
Vs min [m/s].....	183
Vs max [m/s].....	731
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	366

Strato 4

h [m].....	3
z [m].....	-10
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	598
Vp [m/s].....	1245
Vs min [m/s].....	245
Vs max [m/s].....	897
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	598

Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-14
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	1100
Vp [m/s].....	2290
Vs min [m/s].....	245
Vs max [m/s].....	1650
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	1100

Strato 6

h [m].....	5
z [m].....	-19
Densità [kg/m ³].....	2500
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	1100
Vp [m/s].....	2290
Vs min [m/s].....	314

Vs max [m/s].....1650

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1100

Strato 7

h [m].....5

z [m].....-24

Densità [kg/m³].....2500

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1300

Vp [m/s].....2706

Vs min [m/s].....374

Vs max [m/s].....1950

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1300

Strato 8

h [m].....6

z [m].....-30

Densità [kg/m³].....2500

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1500

Vp [m/s].....3122

Vs min [m/s].....445

Vs max [m/s].....2250

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1500

Strato 9

h [m].....0

z [m].....-∞

Densità [kg/m³].....2500

Poisson.....0.35

Vs [m/s].....1650

Vp [m/s].....3435

Vs min [m/s].....445

Vs max [m/s].....2475

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s].....1650

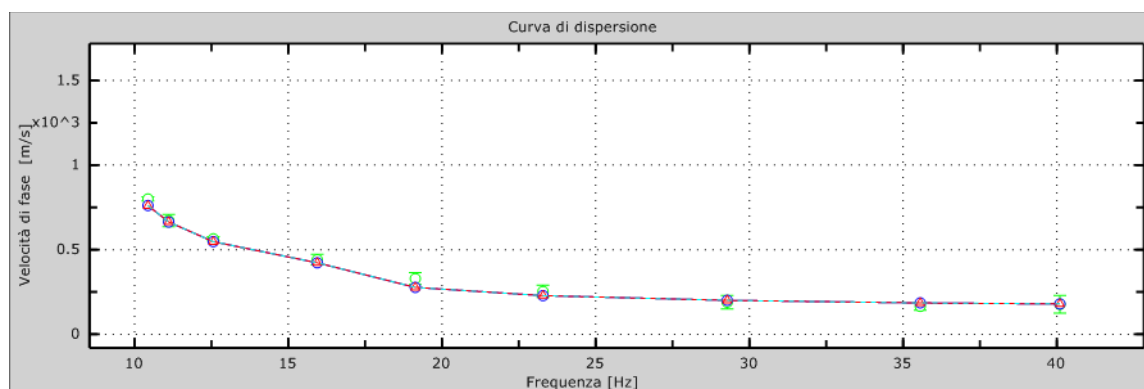


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

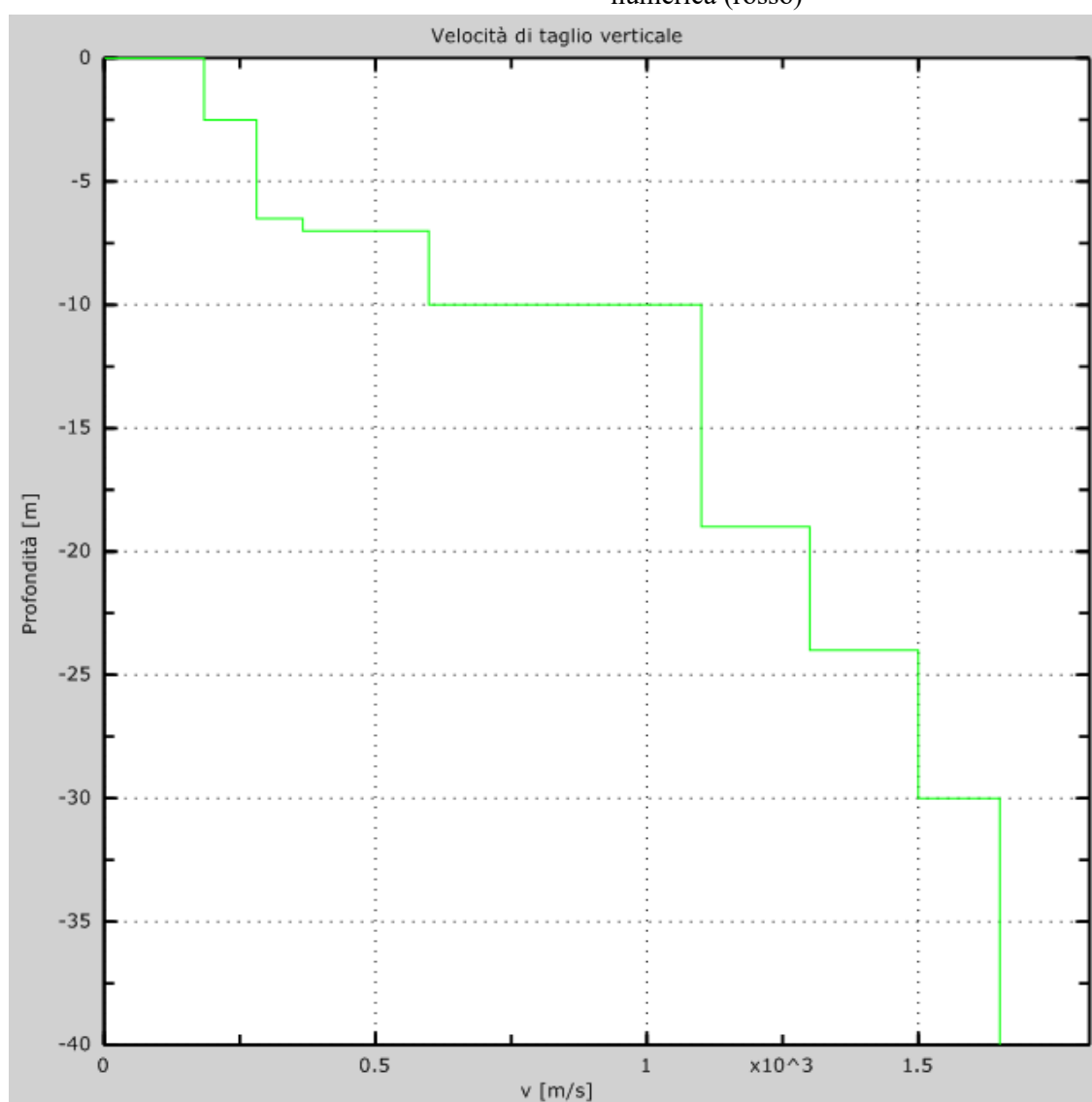


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0
Vs30 [m/s].....597"

c. Acquisizioni con tromografo digitale “Theremino”

Il metodo HVSR, come tutti gli altri metodi geofisici, ha bisogno di essere interpretato dall'utente sulla base delle conoscenze geologiche dell'area. Esso si basa sulla misura dei microtremori ambientali (derivanti ad esempio da attività antropica, dal moto ondoso del mare, dal vento, ecc..), misurati nelle tre componenti (due orizzontali e una verticale).

Come tutte le indagini indirette hanno il vantaggio di misurare i parametri geofisici del terreno in sito ma non è sempre facile risalire al profilo geologico reale.

La tecnica HVSR consente di valutare la frequenza di risonanza di uno strato soffice a partire dalle sole registrazioni di superficie. In particolare, Nakamura (1989) ha ipotizzato che la componente verticale del rumore sismico ambientale (di varia origine, come sopra indicato) fosse relativamente non influenzata dai sedimenti. Per cui il rapporto H/V tra lo spettro di Fourier delle componenti orizzontale e verticali è stato messo in evidenza come una stima affidabile della risposta di sito alle onde S, non solo per la frequenza di risonanza, ma anche per la relativa amplificazione, partendo dall'ipotesi che la divisione della componente verticale assunta come riferimento, permettesse di rimuovere gli effetti della sorgente, oltre a quelli dovuti alle onde di Rayleigh.

Se ad esempio consideriamo la struttura geologica di un deposito sedimentario (ad esempio depositi alluvionali in una valle fluviale), si nota che il tremore misurato in superficie può essere considerato come costituito da onde superficiali e da onde di volume (come le onde longitudinali). Queste sono modificate dall'azione filtrante operata dallo strato soffice. In base a questo si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (misurati dai due geofoni orizzontali) e verticale (misurati dal geofono verticale).

Il software open source Geopsy permette di definire il rapporto H/V, secondo i criteri di attendibilità stabiliti dal progetto SESAME, partendo dalle registrazioni delle vibrazioni misurate sui tre assi dal tromografo digitale.

I metodi d'inversione tendono a comparare i dati acquisiti con quelli calcolati fino a quando non si riesce a trovare la migliore sovrapposizione (come nel caso del programma Dinver, collegato al programma open source Geopsy). Quindi è eseguita una serie di tentativi, sulla base di algoritmi di calcolo, al fine di ottenere la sovrapposizione migliore con i dati sperimentali (ovvero quelli acquisiti durante le registrazioni dei microtremori).

Sulla base di queste sovrapposizioni e di calcoli il software Dinver permette di ottenere una stima dell'andamento delle velocità delle onde P (longitudinali) e delle onde S (di taglio o seconde) in base alla profondità (e quindi di determinare il valore delle Vs30 richiesto dalla normativa italiana), previa la definizione di una modellazione del terreno investigato. Quindi i calcoli sono vincolati alla preliminare conoscenza della stratigrafia di massima del terreno investigato (nel nostro caso grazie alle prospezioni sismiche a rifrazione ed alle acquisizioni Masw precedentemente indicate). Questo al fine di evitare di ottenere delle stratigrafie sismiche delle onde P e S non veritiere rispetto al modello geologico che si sta analizzando.

Nel caso di situazioni stratigrafiche consone con il metodo utilizzato generalmente si ottengono dati molto simili alla situazione geologica reale.

La strumentazione e il software utilizzati in questo caso sono costituiti da:

- scheda madre Theremino master, con uscita USB;
- Adc 24 bit;
- n. 2 geofoni orizzontali da 4,5 hz;
- n. 1 geofono verticale da 4,5 hz;
- Frequenza di campionamento 125, 150, 200, 250, 333, 500 Hz;
- Durata acquisizione 10, 20, 30 minuti;
- Registrazione dei dati acquisiti in formato *.SAF;
- pc Windows compatibile con software Theremino-Dolfrang (per visionare e acquisire i dati in tempo reale);
- software open source “geopsy”, per l'elaborazione del diagramma H/V-frequenza;
- software open source “dinver”, per l'elaborazione di stratigrafie indicative delle onde S, P e della densità sismica dei terreni investigati.



Foto 3 – Ubicazione acquisizione HVSR n. 1 eseguita a breve distanza dalla stesa S1, nella zona Nord del centro cittadino di Ormea, vicino alla Chiesa



Foto 4 – Ubicazione acquisizione HVSr n. 2 eseguita a breve distanza dalla stesa S2, nella zona Sud del centro cittadino di Ormea

La durata delle registrazioni è stata pari a 30 minuti, il segnale è stato elaborato con il software Geopsy per definire la frequenza propria del terreno (vedere figure sottoriportate).

Una prima stima dello spessore del livello detritico superficiale può essere eseguita con l'uso della tabella sotto riportata (da <http://comunitadigeologia.blogspot.it/2015/03/4-correlazione-vs-hz-per-hvsr.html>).

CORRELAZIONE VS - Hz per HVSr - (Calcolo empirico per determinare la stratigrafia tramite un sondaggio HVSr)

In presenza di sedimenti granulari si può ipotizzare che la Vs dipenda principalmente dal carico della colonna stratigrafica sovrastante.

Se il sedimento risponde a tale legge si può considerare valida la seguente relazione che lega la frequenza di risonanza con la profondità.

La tabella sottostante riporta la frequenza di risonanza (prima colonna) con la profondità di tre tipi di terreni:

- 1) terreni coesivi
- 2) sabbie
- 3) terreni rimaneggiati

Tali tabelle sono state ricavate sperimentalmente calcolando la funzione interpolatrice di un certo numero di sondaggi, pertanto i dati così calcolati sono puramente indicativi ed utili per valutare la profondità corrispondenti ai principali picchi di un sondaggio HVSr per avere una idea di massima della stratigrafia del sito. Nel caso della prima

registrazione in esame HVSR1 (eseguita vicino alla Chiesa), il picco relativo a 10 hz potrebbe essere dovuto alla presenza del passaggio tra una coltre detritica/riporti antropici e il substrato roccioso fratturato alla profondità di circa 6 m. Il picco a 40 Hz è probabilmente dovuto alla presenza di materiale di riporto antropico alla profondità di circa 1,20 m dal p.c. Per quanto riguarda la registrazione in esame HVSR2 (eseguita vicino alla stesa sismica S2 e a Sud dell'acquisizione HVSR1), il picco relativo a 9 hz potrebbe essere dovuto alla presenza del passaggio tra i depositi alluvionali (conoidi di deiezione) e il sottostante substrato roccioso fratturato, alla profondità di circa 6,5 m dal piano di campagna.

Tabella 1

	terreni coesivi	sabbie	terreni rimaneggiati coesivi		terreni coesivi	sabbie	terreni rimaneggiati coesivi
Vo=	190,0	170,0	110,0	Vo=	190,0	170,0	110,0
a=	0,20	0,25	0,40	a=	0,20	0,25	0,40
Hz	H	H	H	Hz	H	H	H
100,00	0,50	0,45	0,29	4,80	14	14	11
95,00	0,52	0,47	0,31	4,50	16	15	12
90,00	0,55	0,50	0,32	4,20	17	17	13
85,00	0,59	0,53	0,34	4,00	18	18	14
80,00	0,63	0,56	0,37	3,80	19	19	15
75,00	0,67	0,60	0,39	3,60	20	20	17
70,00	0,72	0,65	0,42	3,40	22	22	18
65,00	0,78	0,70	0,46	3,30	23	22	19
60,00	0,85	0,76	0,50	3,10	24	24	21
55,00	0,93	0,84	0,55	3,00	25	25	22
50,00	1,03	0,93	0,61	2,90	26	26	23
45,00	1,1	1,0	0,7	2,80	27	28	24
43,00	1,2	1,1	0,7	2,70	29	29	25
40,00	1,3	1,2	0,8	2,60	30	30	50
37,00	1,4	1,3	0,8	2,50	32	32	
34,00	1,6	1,4	0,9	2,40	33	34	
32,00	1,7	1,5	1,0	2,30	35	36	
30,00	1,8	1,6	1,1	2,20	37	38	
28,00	1,9	1,8	1,2	2,10	39	40	
27,00	2,0	1,8	1,2	2,00	41	42	
25,00	2,2	2,0	1,3	1,90	44	45	
24,00	2,3	2,1	1,4	1,80	47	49	
23,00	2,4	2,2	1,5	1,70	50	52	
22,00	2,5	2,3	1,5	1,60	54	57	
21,00	2,6	2,4	1,6	1,50	59	62	
20,00	2,8	2,6	1,7	1,40	64	67	
19,00	2,9	2,7	1,8	1,30	70	74	
18,00	3,1	2,9	2,0	1,20	77	82	
17,00	3,3	3,1	2,1	1,10	86	92	
16,00	3,6	3,3	2,3	1,00	96	104	
15,00	3,8	3,6	2,4	0,95	103	112	
14,00	4,2	3,9	2,7	0,90	110	120	
13,00	4,5	4,2	2,9	0,85	118	129	
12,00	5,0	4,6	3,2	0,80	127	140	
11,00	5,5	5,1	3,6	0,75	138	152	
10,00	6,1	5,7	4,1	0,70	150	166	
9,00	6,9	6,5	4,7	0,65	164	183	
8,50	7,4	7,0	5,0	0,60	181	204	
8,00	7,9	7,5	5,5	0,55	202	228	
7,50	8,5	8,1	6	0,50	227	259	
7,00	9,2	8,8	7				
6,50	10,1	9,7	7				
6,00	11	11	8				
5,30	13	12	10				
5,10	13	13	10				

La tabella sopra indicata è ricavata da quanto riportato nell'articolo "INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE A SUPPORTO DELLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO" - Dario Albarello - Università di Siena (Italy).

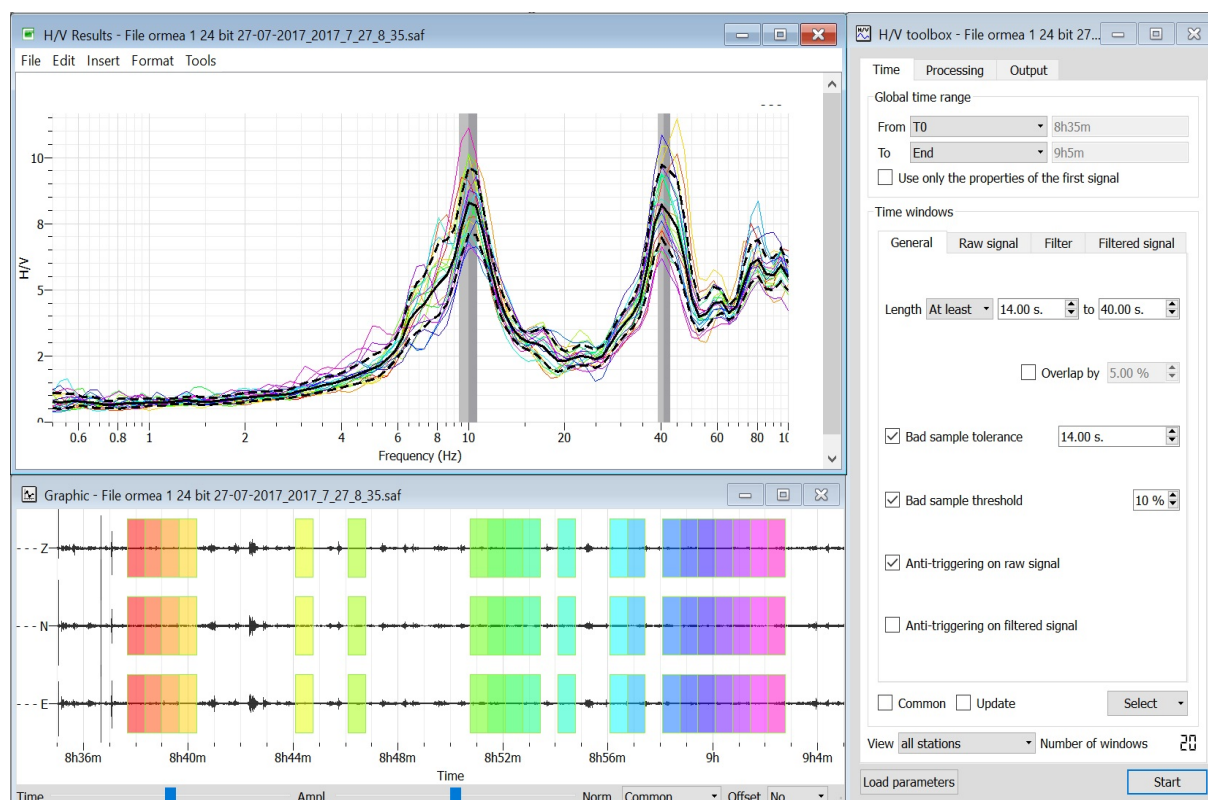


Figura 1 - Grafico HVSR della registrazione n. 1 (nei pressi della Chiesa) e della stesa sismica S1

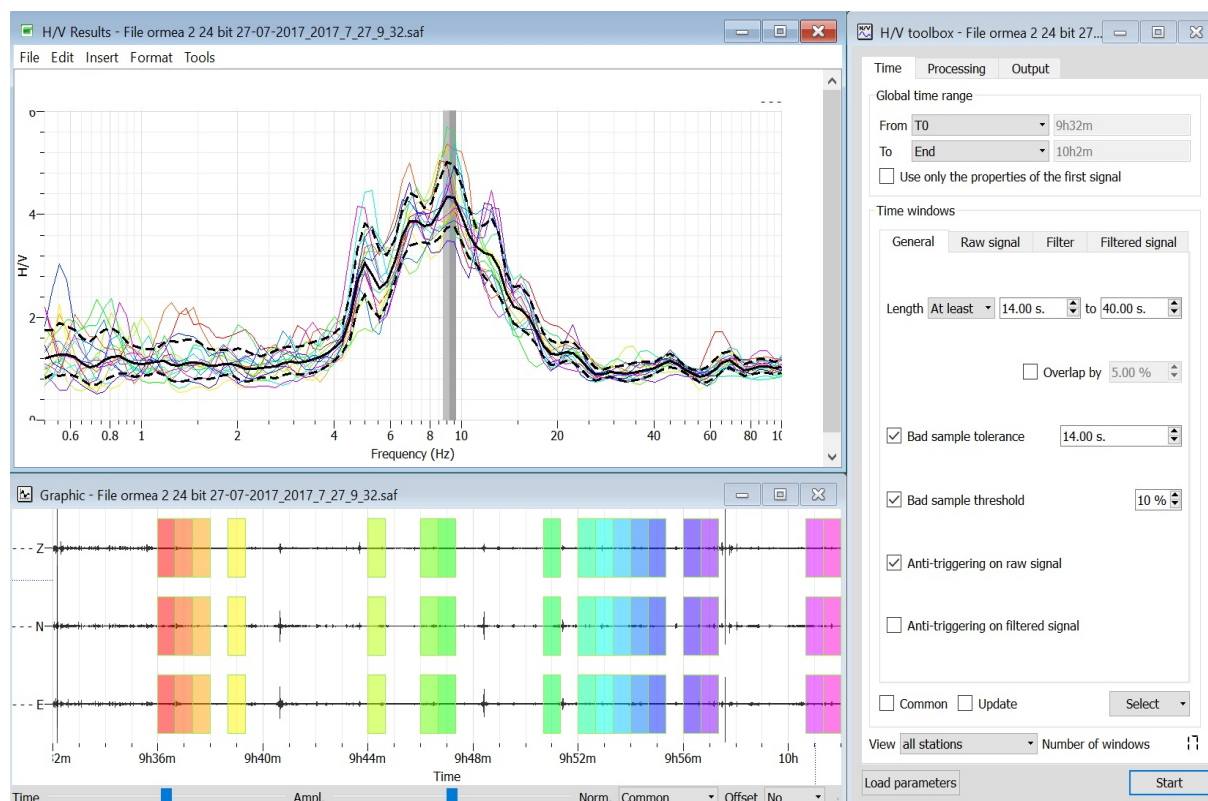


Figura 2 - Grafico HVSR della registrazione n. 2 nei pressi della stesa sismica S2

2. Stima delle velocità delle onde P e delle onde S attraverso l'uso delle registrazioni effettuate con il theremino

Attraverso il programma Dinver precedentemente indicato è stata ricavata una stima indicativa delle velocità delle onde di taglio S e delle onde longitudinali P, come sotto riportato:

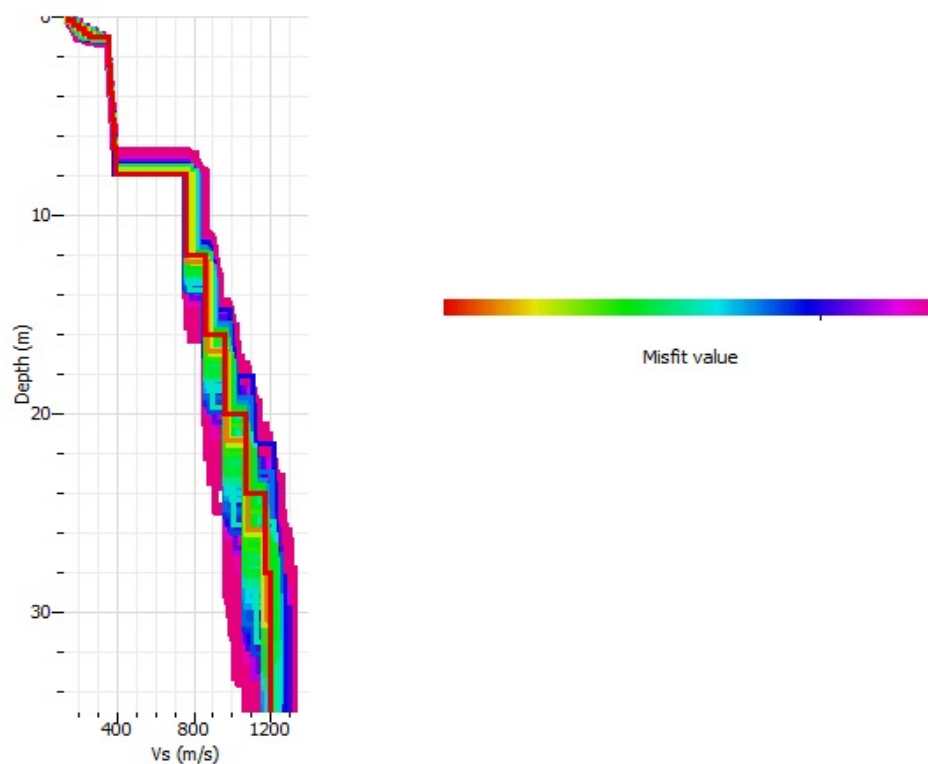


Figura 3 - Elaborazione con Dinver della prova HVSRI con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)

Come si può notare il valore di Vs30 ottenuto con l'acquisizione HVSRI sopra riportata, è pari a 673 m/s.

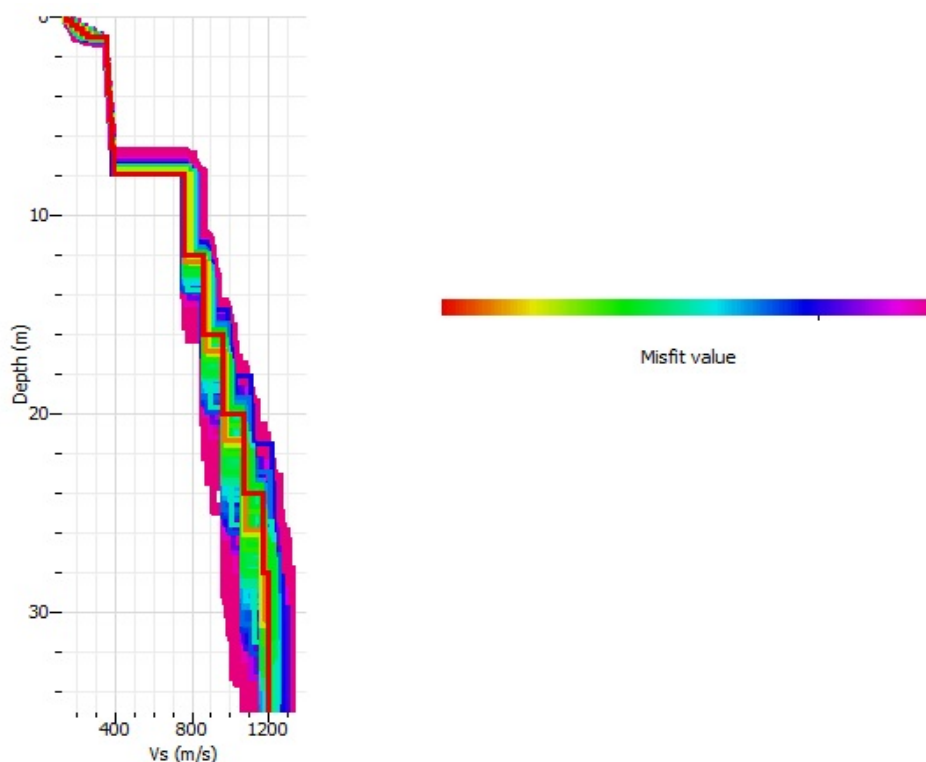


Figura 4 - Elaborazione con Dinver della prova HVSR2 con il theminio (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)

Come si può notare il valore di Vs30 ottenuto con l'acquisizione HVSR2 sopra riportata, è pari a 654 m/s.

d) Conclusioni

Nei paragrafi precedenti sono stati illustrati i risultati delle prove MASW “Multichannel Analysis of Surface Waves”, delle prospezioni sismiche a rifrazione e delle acquisizioni HVSR eseguite nel centro cittadino del Comune di Ormea (CN).

Il substrato geologico dell'area, in base a quanto riportato nello studio geologico del Piano Regolatore del Comune di Ormea, è costituito dai Porfiroidi del Melogno (per quanto riguarda il sito della prospezione sismica S2 e dell'acquisizione HVSR2, al di sotto del Conoide di deiezione o depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori). Infine risulterà opportuna una “taratura” delle prove eseguite e descritte nella presente anche attraverso il controllo con ulteriori indagini geognostiche (ad esempio pozzetti geognostici esplorativi, prove penetrometriche, rilievi geomeccanici, sondaggi geognostici, ecc.) e con un rilevamento geologico/georfologico di dettaglio a cura del committente.

Distinti Saluti

A.F. n. 390
FRANCESCO D'ADAMO
GEOLOGO
Data iscr. 17-04-1998
ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA

Dott. Geol. Francesco D'Adamo