



PROGEA Consulting S.r.l.

Sede legale : via G. Garibaldi, 40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)
Sede operativa : via G. Donizetti, 109 - 24030 Brembate Sopra (BG)
complesso immobiliare Geller - edificio D1a



1. PREMESSA

Su incarico dello Studio Associato Spada abbiamo eseguito una prospezione geofisica di tipo sismico necessaria per la determinazione delle Vs 30 in ottemperanza alle normative di legge vigenti.

Il piano delle indagini ha previsto l'esecuzione di n. 2 ReMi (Refraction Microtremor – tecnica di indagine indiretta passiva) e n.1 MASW ; i criteri adottati per la scelta della tipologia di indagine sono stati condizionati dai disturbi ambientali che caratterizzavano i siti indagati . Nel caso dei ReMi il rumore ambientale è stato garantito da mezzi meccanici operanti nell'ambito dell'area indagata e dal passaggio di autoveicoli nel tratto stradale ubicato immediatamente a valle del lotto oggetto di indagine SS- n° 42 del Tonale e della Mendola.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

Le aree indagate sono comprese nel foglio C5d1 della C.T.R. alla scala 1:10000 e sono parte integrante del comune di Spinone al lago. Si collocano in fregio alla sponda destra del lago di Endine e più specificatamente: **sito 1** nella porzione settentrionale dell'agglomerato urbano in prossimità della strada che



Sito n°1 - Remi n°1



Sito n°2 - Remi n°2

Sito n°3 - MASW



si dipana dalla SS 42 e raggiunge l'abitato di Bianzano – **sito 2** nella porzione centrale dell'agglomerato urbano immediatamente a valle del centro storico – **sito 3** nella porzione meridionale dell'agglomerato urbano poco distante dagli stabilimenti delle Fonti San Carlo.

2. TECNICA REMI

Premessa

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso di microtremori (Refraction Microtremor) prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University e fornisce una caratterizzazione semplificata di volumi relativamente ampi del sottosuolo in profili verticali 1D sino alla profondità di 100 metri.

ReMi può caratterizzare un orizzonte meno veloce che è sottostante ad uno più veloce (velocity reversal) che rappresenta una condizione non distinguibile con il metodo tradizionale della sismica a rifrazione.

In situazioni dove un terreno più "competente" è sovrapposto a una zona più debole legata a subsidenza o al collasso di materiali più deboli sottostanti o a spazi vuoti, ReMi ha la capacità di individuare la velocità delle onde S dell'orizzonte debole sottostante. E' inoltre efficace come metodo nella caratterizzazione rapida e generale del sottosuolo, specialmente se abbinata alla sismica a rifrazione, con lo scopo di definire il contatto roccia / terreno o il contrasto tra materiali più deboli / più compatti.

I dati di campagna (analisi dei microtremori) possono essere acquisiti:

- con un equipaggiamento standard di sismica a rifrazione, usando geofoni ad alta frequenza per stendimenti corti, con profondità di investigazione limitata e geofoni a bassa frequenza per applicazioni geotecniche tipiche con profondità di indagine elevata; in questo caso si parla di analisi della velocità.
- con un solo punto di misura multicomponente e, in questo caso, si parla di analisi delle ampiezze.

La fonte di energia delle onde di superficie per il ReMi può essere il rumore ambientale o i semplici passi per stendimenti che indagano profondità limitate o rumore di veicoli per lunghezze maggiori.

I profili ReMi si eseguono con successo in aree urbane con attività considerevole, usando il rumore ambientale come fonte di energia. Per indagini presso autostrade, il passaggio dei veicoli può servire da sorgente di energia. Le velocità delle onde S (onde di taglio), il tipico parametro misurato dei materiali geologici, sono una funzione dei moduli dei vari materiali nel profilo del sottosuolo.

Le basi della teoria sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie (SASW) e della multi analisi delle onde di superficie (MASW).

3. GENERALITA' SUL METODO

L'analisi e l'interpretazione ReMi viene eseguita utilizzando un software appropriato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA) che tra l'altro fornisce direttamente il valore di V_{s30} e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

L'elaborazione del segnale consiste nell'elaborare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" ($p-f$) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico $p-f$ (fig.1/b).

In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di pressione, suono, rumore incoerente). A questo punto l'operatore, in modo arbitrario ed in base all'esperienza, esegue un picking attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o $1/\text{velocità di fase}$) per talune frequenze. Questi valori vengono in seguito plottati su un diagramma *periodo-velocità di fase* per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

4. EQUIPAGGIAMENTO E PROCEDURE

Le indagini sono state eseguite in accordo con quanto descritto da Louie per sviluppare profili verticali 1D delle onde di taglio. E' stato impiegato lo stesso equipaggiamento che generalmente viene usato per la sismica a rifrazione.

Equipaggiamento

E' stato usato un sismografo multicanale OYO McSeis 48 a 24 bit, capace di acquisire fino a 36000 campioni per canale con intervallo di campionamento da 1 a 2 ms in formato SEG2 o SEG-Y. I cavi dei geofoni hanno spaziatura delle uscite di 10 metri con la possibilità di tutte le misure intermedie. I geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz sono stati usati per l'analisi dei profili verticali delle onde S. Come sorgente di energia delle onde superficiali si è sfruttato il "noise" ambientale a banda larga, materializzato da sedi stradali sia comunali (media frequenza di traffico veicolare) sia strade statale / provinciali (elevata frequenza di traffico).

OYO Mc SEIS-SX 48 (Model_1126F-XPE)



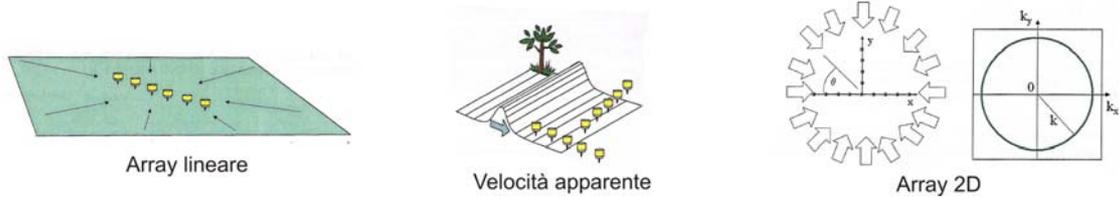
Procedure ReMi

Sono state eseguite due linee sismiche della lunghezza di 115 metri utilizzando due cavi sismici e 24 geofoni mentre la distanza tra i geofoni è risultata essere di 5 metri. La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro di frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. Pertanto è implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e conseguentemente maggiore è la profondità di investigazione.

L'acquisizione dati è consistita nel campionamento dell'ambiente e/o delle onde di superficie generate (un evento di campionamento) in corrispondenza della stesa sismica per diversi secondi. I parametri di acquisizione adottati sono i seguenti : sample rate 2 m/s ; record length 32 s ; numero di misure acquisite = 10.

Poiché non si era in presenza di una sorgente fissa di "noise" e soprattutto per la presenza di ostacoli soggettivi, non si è provveduto a ruotare di 90° lo stendimento sismico (accompagnato dalla ripetizione di alcune acquisizioni). L'analisi complessiva del segnale mitiga l'effetto della unidirezionalità della sorgente ed evita di incorrere nella sottostima della velocità di fase durante la successiva e delicata operazione di picking.

Con sorgenti in tutte le direzioni (energia omogeneamente proveniente dalle diverse direzioni) lo stendimento lineare agisce come media sui diversi azimuth.



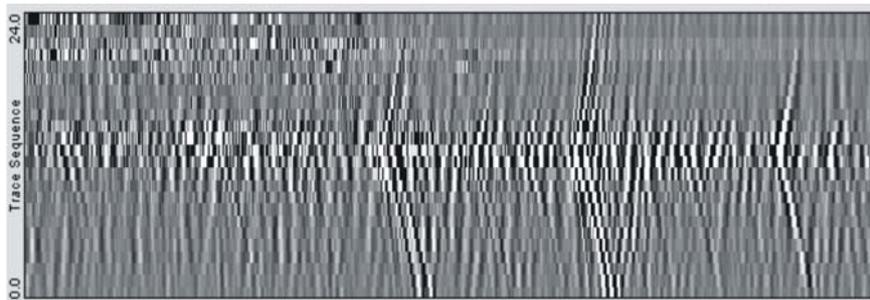
5. INTERPRETAZIONE

Premessa

Sebbene un controllo iniziale e preliminare di qualità dell'interpretazione dei dati ReMi può essere eseguito sul terreno, l'interpretazione completa va fatta in ufficio. I dati acquisiti in campagna sono stati trasferiti dal sismografo al personal computer, utilizzando per l'interpretazione il software SeisOpt ReMi della Optim, che è composto da due moduli.

Analisi del segnale

Nella prima fase elaborativi dei record l'interprete si è limitato ad eseguire alcuni passi obbligati quali la conversione dei file ed il preprocess semiautomatizzato che filtra ed equalizza le tracce. Inoltre sono stati introdotti alcuni parametri: la geometria utilizzata, la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori "slowness" ($np=2*n$ geofoni).



Esempio di "trace sequence"

Gli ultimi tre parametri, opportunamente scelti, concorrono ad aumentare il dettaglio dello spettro di potenza $p-f$ ed a renderlo più adatto ad una campionatura meno ambigua della curva di dispersione.

Sostanzialmente il corretto dimensionamento dei parametri suesposti e che sono suggeriti dall'esperienza dell'interprete, ha lo scopo di diminuire il grado di incertezza e di arbitrarietà che distingue le operazioni di campionature della curva di dispersione.

Picking

Muovendosi con il puntatore del mouse sopra l'immagine $p-f$ che rappresenta lo spettro di potenza sono state selezionate un ragionevole numero di triplette di valori $(f, p, V_{apparente})$.

I criteri che si è cercato di seguire nella scelta del picking sono:

- preferibilmente selezionare solo quelle triplette contraddistinte da una buona definizione dello spettro di potenza (elevata intensità di segnale).
- si è cercato di scegliere la velocità più bassa, prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale in quanto eseguire il picking lungo l'involuppo a velocità più bassa fornisce maggiori garanzie di campionare velocità che appartengono al modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

Modellazione delle onde di taglio

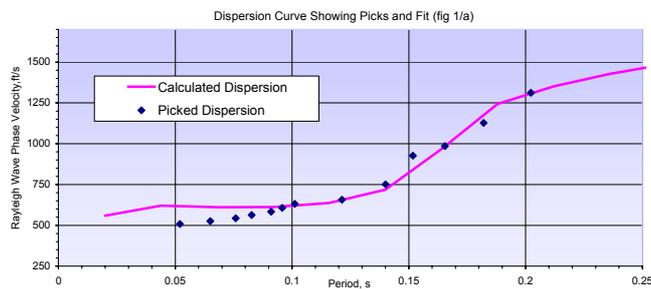
I dati selezionati dall'immagine $p-f$ (spettro di potenza – fig.1) sono stati plottati su un diagramma nel quale compare una curva di distorsione (fig. 2) calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di distorsione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

Si tratta di una modellazione diretta, monodimensionale, che può accettare inversioni di velocità con la profondità ed in cui conta molto l'esperienza del geofisico.

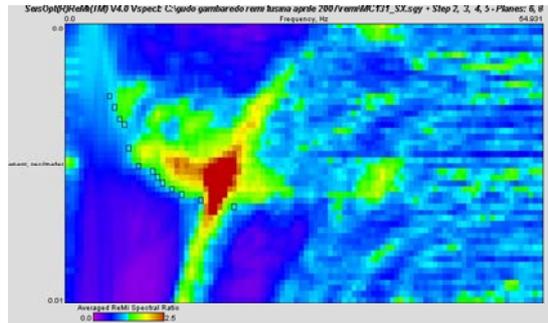
Si ricorda, infine, che i profili di Vs ricavati con il metodo ReMi non presentano una soluzione univoca in quanto più di un modello può fornire curve di dispersione simili tra loro e con il medesimo RMS; pertanto è fondamentale avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato.

Remi n°1 Fig 1 – 2

Supportive Illustration



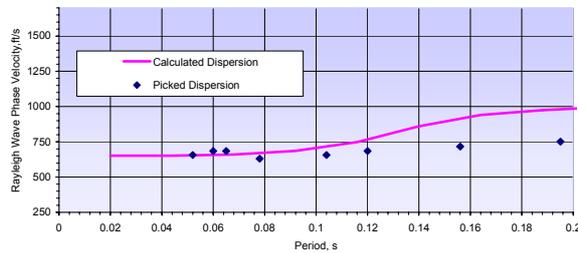
p-f Image with Dispersion Modeling Picks (fig 1/b)



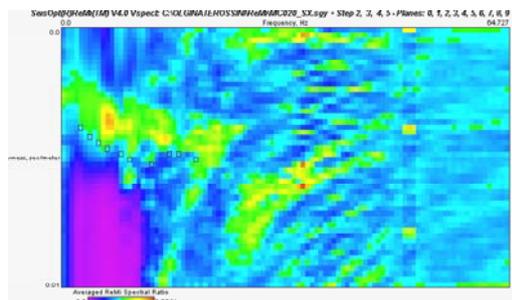
Remi n°2 Fig 1 – 2

Supportive Illustration

Dispersion Curve Showing Picks and Fit - fig. 1a



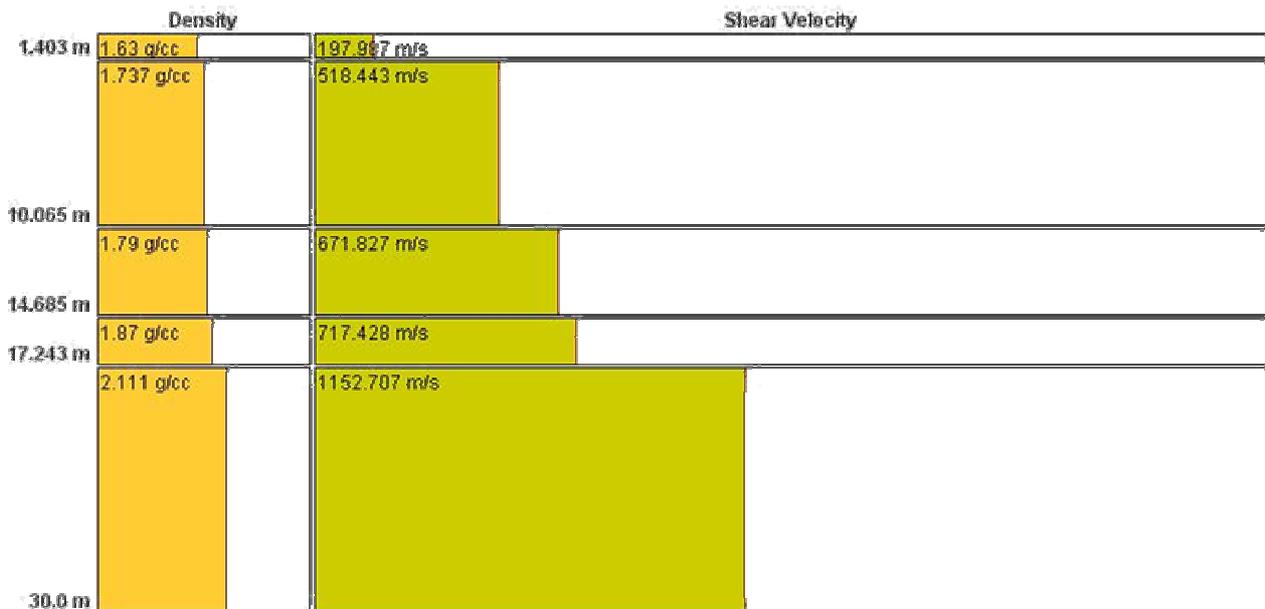
p-f Image with Dispersion Modeling Picks - fig. 1b



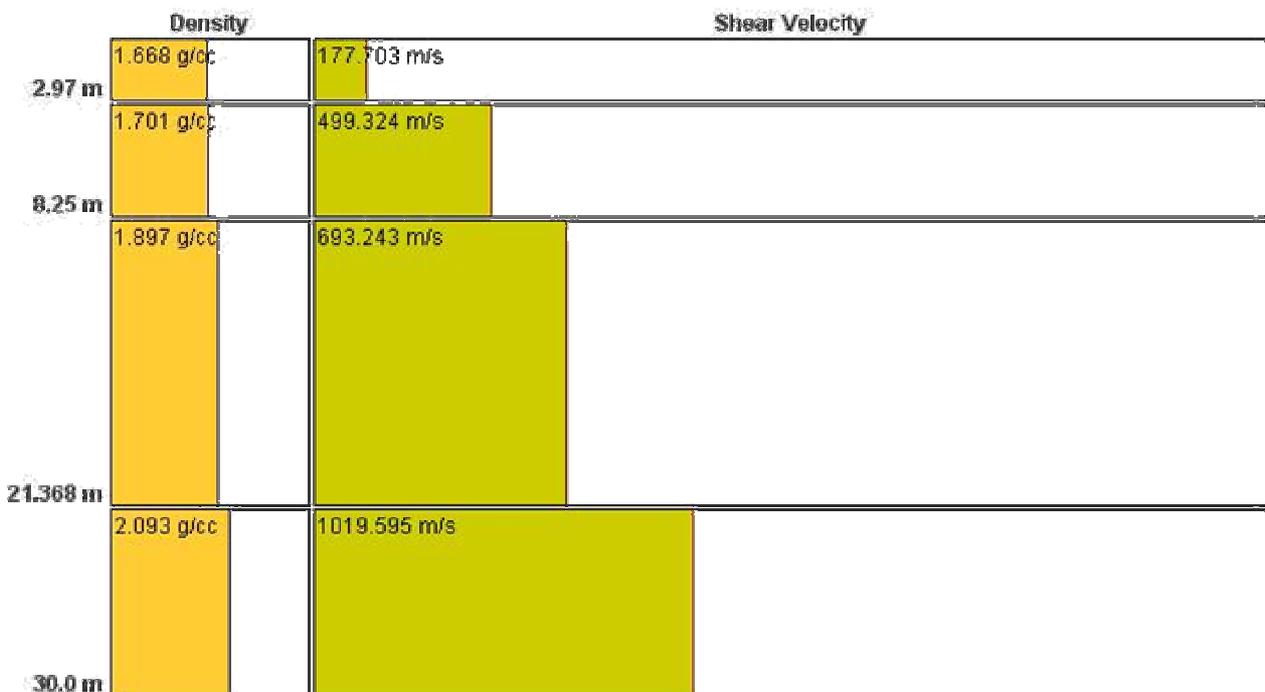
Modello diretto

Nelle fig. 3 “Vs model” viene diagrammato l’andamento delle onde di taglio e di compressione secondo un rapporto profondità / velocità. In questo modo è possibile ricostruire un modello del terreno che, sostanzialmente, si traduce in una successione stratigrafica. L’analisi del sottosuolo mediante le tecniche che utilizzano le onde di superficie consente di evidenziare, (dove presenti) al contrario di quanto avviene con la rifrazione le inversioni di velocità consentendo così di esacerbare situazioni anomale e delicate dal punto di vista prettamente geotecnica (strati più lenti al di sotto di strati più veloci e quindi ad elevata rigidità).

Remi n°1 - Fig 3



Remi n°2 - Fig 3



Le principali considerazioni litologiche che emergono dall'interpretazione dei dati ReMi si possono così sintetizzare:

ReMi n°1: il substrato roccioso si attesta a partire da una quota di circa 17 metri. L'orizzonte collocato al tetto potrebbe materializzare la porzione sommatiale alterata del substrato.

ReMi n° 2: il substrato dovrebbe essere stato intercettato ad una profondità di circa 21 metri.

In entrambi i ReMi nei depositi soprastanti è plausibile ipotizzare un certo grado di cementazione.

6. INDAGINE GEOFISICA AVANZATA CON TECNICA SISMICA MASW PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI SITI.

La prova SASW eseguite in modalità multi-stazione viene indicata con l'acronimo **MASW**

(Multistation Analysis of Surface Waves) e serve per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, dunque:

- il tipo di suolo sismico (A, B, C, D, E, S1, S2)
- le azioni sismiche con cui progettare e verificare le opere di Ingegneria Civile
- il modulo di rigidezza del terreno
- i cedimenti e gli spostamenti delle opere interagenti con il terreno: edifici, ponti, rilevati arginali, opere di sostegno, etc..

I principali **vantaggi** si sintetizzano in :

- Forniscono il profilo di velocità delle onde di taglio Vs oltre 30m di profondità
- Consentono di individuare il tipo di suolo sismico
- A differenza della sismica a rifrazione, si usano in qualunque situazione stratigrafica pseudorizzontale, anche in presenza di falda
- Non sono invasive: non occorre eseguire perforazioni
- Non implicano nessun danneggiamento allo stato dei luoghi e delle cose
- Rapidità e facilità di esecuzione e di elaborazione dati
- Ingombro limitato delle attrezzature per l'esecuzione delle prove
- Mobilità: trasporto agevole della strumentazione necessaria per eseguire le prove

Strumentazione

Le prove sono state eseguite per mezzo della strumentazione di seguito elencata:

- Acquisitore digitale multi – canale nel caso specifico un sismografo OYO McSeis 48 ch
- Ricevitori (n. 24 geofoni da 4.5 Hz) capaci di misurare il campo di moto nella direzione verticale
- Sorgente sismica impulsiva costituita da mazza di 8 kg

Cenni sul metodo ed operazioni di campagna

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo **P**, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo **Rayleigh**. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda.

Questa proprietà si chiama *dispersione*. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (**Vs**), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di **Rayleigh** è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità **Vs** bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore.

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di *dispersione*, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione.

MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

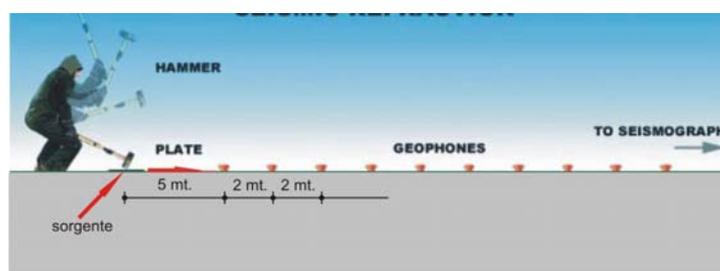
Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde **S (Vs)** è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- * acquisizione dei dati sperimentali;
- * estrazione della curva di dispersione;
- * inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), che descrive la variazione di Vs con la profondità. In questi metodi frequenza – numero d'onda (denominati anche *metodi f-k*), l'analisi dei segnali viene condotta trasformando le tracce sismiche acquisite nel dominio spazio – tempo (x, t) nel dominio frequenza – numero d'onda ($\omega - k$), mediante l'applicazione della trasformata bidimensionale di Fourier.

L'impostazione della linea sismica in sito è stata la seguente :

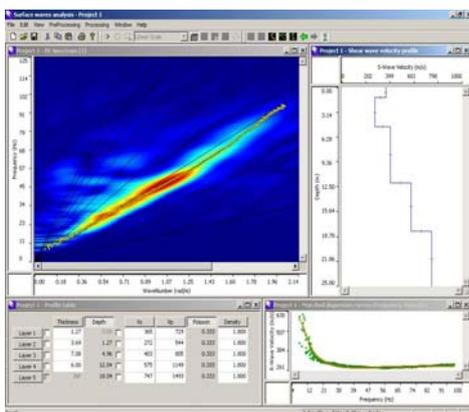
- Spaziatura inter-geofonica = 3 metri
- Distanza sorgente - primo geofono (offset) = 5 metri
- Secondo offset = 10 metri
- Intervallo di campionamento = 1 ms
- Durata acquisizione = 2 s
- Canali 24



L'elaborazione dei dati è stata garantita dall' utilizzo del software SWAN (Surface waves analysis) prodotto dalla Geostudi Astier s.r.l. ; le principali caratteristiche di questo programma si possono così sintetizzare :

- * Analisi di sezioni bidimensionali del terreno su dati raccolti mediante acquisizioni multiple, ottenute tramite la traslazione dell'array dei ricevitori.
- * Interfaccia grafica studiata per rendere semplice l'uso degli strumenti disponibili, come:
 - * L'impostazione dei parametri che definiscono il modello sintetico per l'inversione del modello del terreno in modalità interattiva.
 - * Picking dello spettro per l'estrazione della curve di dispersione.
 - * Editing della curva di dispersione sperimentale.
- * Algoritmi di calcolo completi, veloci ed efficienti:
 - * Calcolo spettro FK, FV, FX.
 - * Molteplici finestre di windowing (boxcar, hamming, hanning, blackman,...).
 - * Parametrizzazione del modello sintetico del terreno fino a 30 strati.
 - * Controllo dei principali parametri dell'inversione (numero massimo delle iterazioni, tolleranza sui parametri, quantificazione del disturbo).
- * Esportazione delle immagini nei più comuni formati grafici.

- * Editing della curva di dispersione sperimentale.



L'elaborazione dei dati di campagna si compone delle seguenti fasi:

Pre-processing, per:

Pulizia da fenomeni di disturbo sul segnale utile, dovuto a sorgenti ambientali non controllabili.

Assemblaggio di array virtuali, per ovviare alla limitazione del numero di geofoni disponibili in campagna.

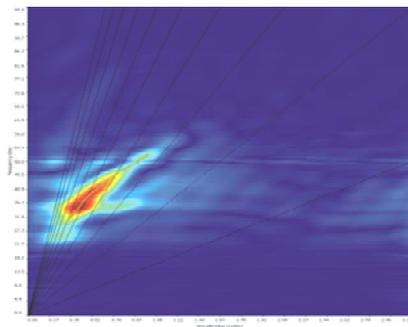
Analisi spettrale, mediante FFT, del sismogramma ottenuto, condotta mediante l'utilizzo di vari parametri matematici, che consentono di adattarsi alle esigenze dell'utente.

Estrazione (manuale od automatica) della curva di dispersione sperimentale, e sua visualizzazione nel dominio della frequenza o della lunghezza d'onda.

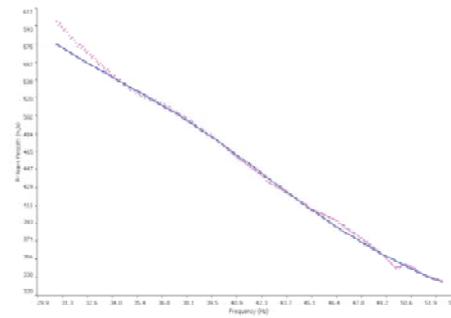
Generazione di una curva di dispersione, basata su modello sintetico del terreno, mediante la caratterizzazione, per ciascuno strato, dello spessore dello strato stesso, della velocità delle onde S, della velocità delle onde P, della densità del terreno.

Inversione del modello sintetico in modalità interattiva o automatica (inversione basata sulle velocità delle onde S o sugli spessori degli strati).

A seguito della interpretazione eseguita viene fornito anche il valore della Vs30 del sito, consentendone la classificazione secondo le normative tecniche, attualmente in corso, in materia di progettazione antisismica.

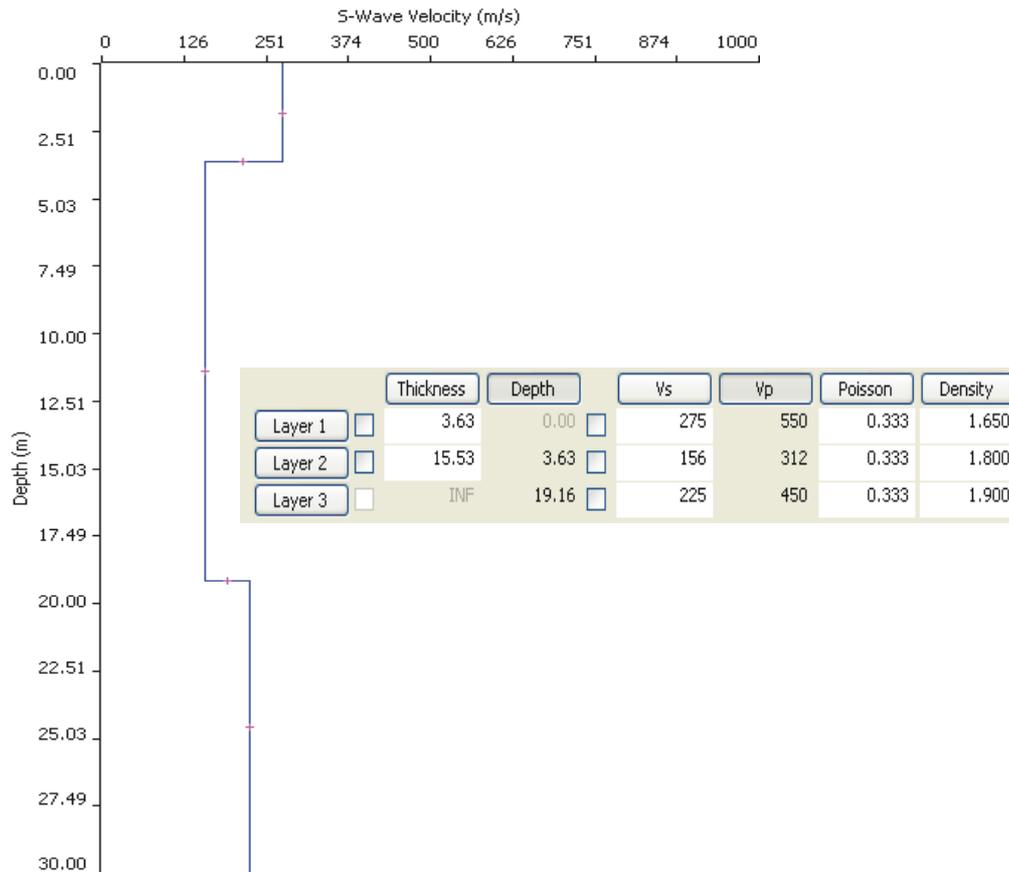


FK Spectrum



Curva di dispersione

MODELLO DEL TERRENO



7. CALCOLO DELLE “V_{s30}” (velocità di taglio nell’ambito dei primi trenta metri di sottosuolo)

L’applicazione del software SeisOpt ReMi Version 3.0 consente di calcolare attraverso la determinazione della “Dispersion Curve” , il valore delle velocità di taglio (Vs) nell’ambito dei primi 30 o più metri investigati.

Sulla base di quanto sopra esposto, si è provveduto al calcolo delle V_{s30} mediante la seguente espressione:

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

dove :

h_i = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

N = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo

Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di V_{s30} pari a

Remi n°1 = 666 m/sec \Rightarrow **CLASSE B**

Remi n°2 = 552 m/sec \Rightarrow **CLASSE B**

MASW = 186 m/s \Rightarrow **CLASSE C**

Il D.M. 14 gennaio 2008 aggiorna la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo. Inoltre tale D.M. propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque categorie principali (dalla A alla E), a cui ne sono aggiunte altre 2 (S_1 e S_2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l'azione sismica da considerare), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}).

Le classi di cui sopra sono definite da parametri indicati nel EC8 (euro codice 8) e più specificatamente: velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata.

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E – Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).

S_1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{s30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S_2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

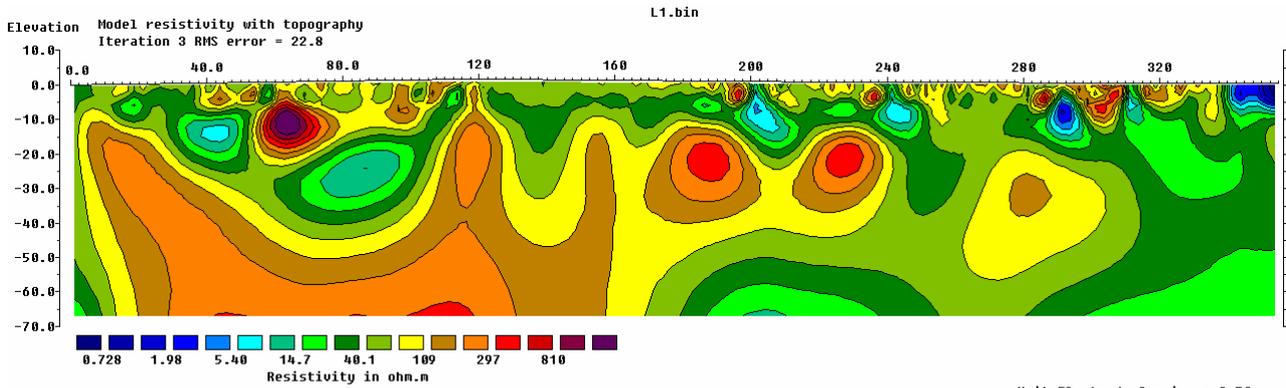
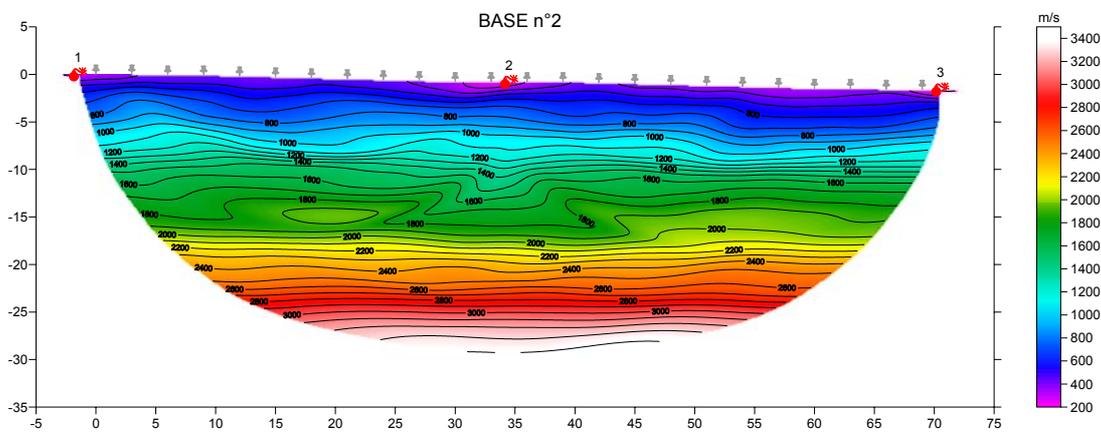
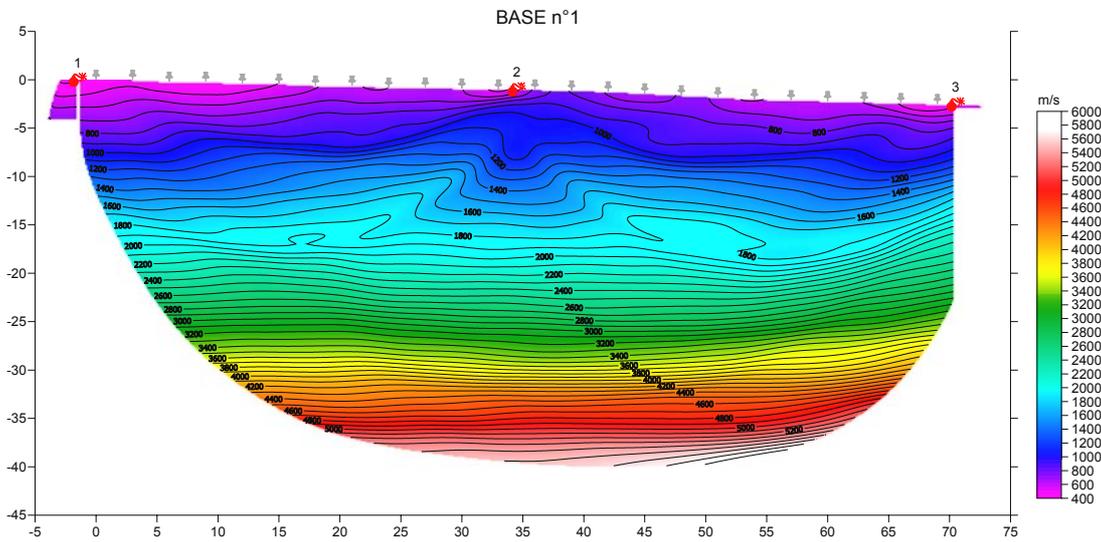
8. TARATURA DEI DATI SISMICI

In mancanza di dati stratigrafici delle aree indagate, la taratura dei risultati esposti in precedenza, sono stati garantiti dalla realizzazione di:

- sito n° 1/2 base sismica a rifrazione (eseguiti in contemporanea all'indagine per le V_{s30})

- sito n° 3 tomografia elettrica (in questo caso abbiamo utilizzato parte di un'indagine geofisica eseguita dagli scriventi per conto del Dott. Geol. Bertuletti Carletto – Committente San Carlo S.p.A.)

Ovviamente, considerando lo scopo ultimo di questa indagine, si omettono volutamente teoria, cenni e risultati dei metodi applicati, ma si riporta solamente il modello di inversione che ha "aiutato" l'interprete per arrivare a formulare le ipotesi geofisiche.



Horizontal scale is 8.44 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.02
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 355.0 m.



IN ALLEGATO AL TESTO

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE