



Comune di CASALZUIGNO
(Provincia di Varese)

**STUDIO RELATIVO ALLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO
DEL TERRITORIO (P.G.T.) AI SENSI DELLA L.R. 12/2005
E SECONDO I CRITERI DELLA D.G.R. N. 8/7374/08**

ALLEGATO 5
MICROZONAZIONE SISMICA



STUDIO IDROGEOTECNICO
associato
Adriano Ghezzi fondatore - 1964

dott. geol. Efrem Ghezzi
dott. geol. Pietro Breviglieri
dott. ing. Giovanna Sguera

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
www.studioidrogeotecnico.com

Dott. Geol. P. Davide Fantoni

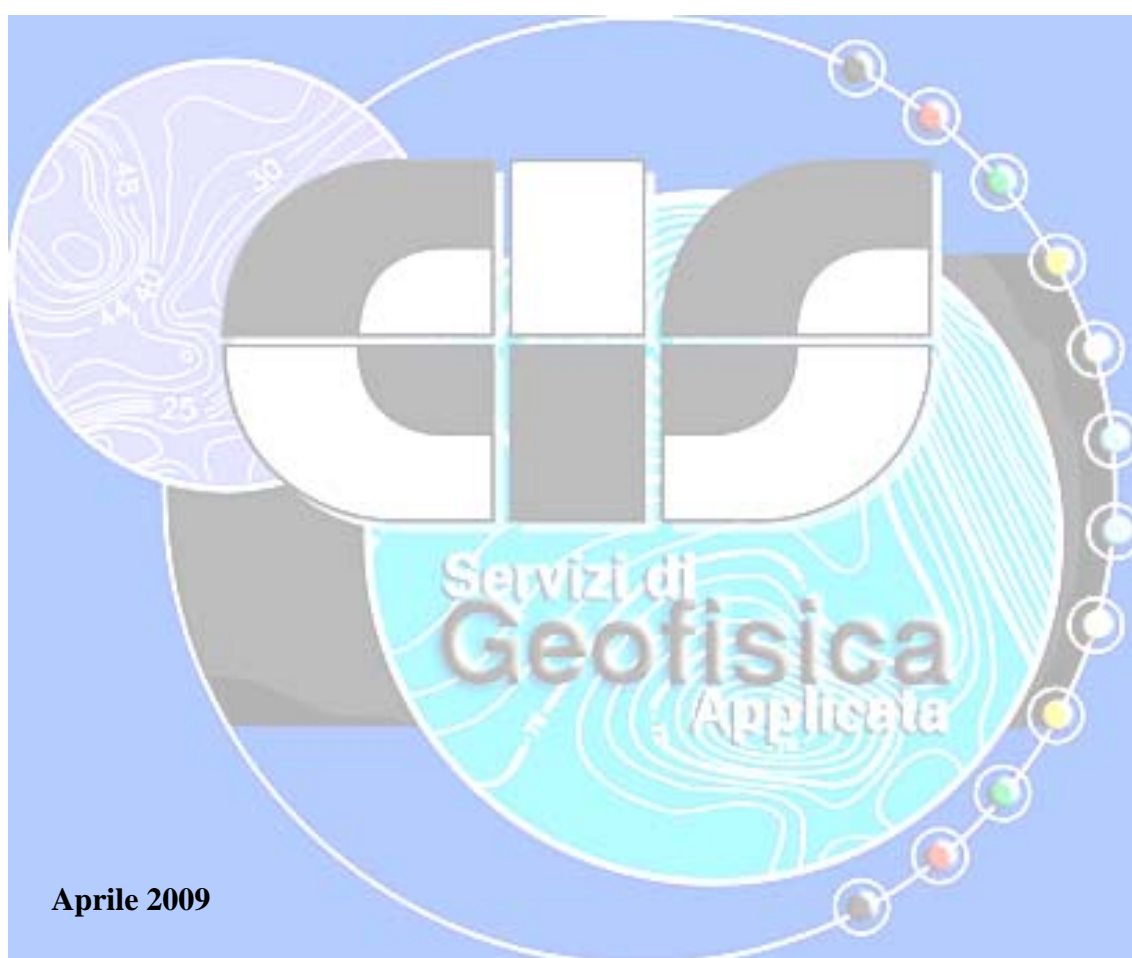
Via S. Caterina 5 - 21038 LEGGIUNO (VA)
Tel. 0332 286650
Fax 0332 234562
E-mail: d.fantoni@idrogea.com

Iscrizione all'Ordine dei Geologi della Lombardia N. 1325 AP
P.IVA 02801450129

Comune di Casalzuigno (VA)

Idrogea Servizi s.r.l.

**INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA AGLI
STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA
PER LA RISPOSTA LOCALE**



Aprile 2009

CIS GEOFISICA s.r.l.

Sede legale: Viale Cadorna, 5 – 21052 Busto Arsizio (Va)
Cell. +39 348-2531683 - Fax 02-700520970

Sede operativa di Piacenza Via Borghetto 80 29100
Tel +39 0523-385447 - Cell. +39 348-2531683 - Fax 02-700516377

email: info@cis-geofisica.it

www.cis-geofisica.it

INDICE

1 - PREMESSA 2

2 - INDAGINI EFFETTUATE 2

3 - indagini di caratterizzazione sismica - (basate sulla propagazione di onde rifratte SH) 3

 4.1 - ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI..... 5

4 - RISULTATI 7

ALLEGATI

- 1 Ubicazione delle indagini
- 2 Interpretazione sezione in onde S



1 – PREMESSA

Il giorno 23 aprile 2009, sono state eseguite delle indagini geofisiche all'interno della proprietà della Casa di Soggiorno e Riposo "Longhi F. e famiglia Pianezza" sita in comune di Casalzuigno (Va) su incarico della società Idrogea Servizi s.r.l.

Lo scopo di queste indagini era valutare la risposta sismica del suolo oggetto di studio ai fini di una corretta microzonazione locale.

A tale scopo, le indagini geofisiche realizzate si sono avvalse di prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche di taglio SH

Gli andamenti rilevati sono visibili sugli elaborati grafici allegati.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dalle indagini eseguite.

2 – INDAGINI EFFETTUATE

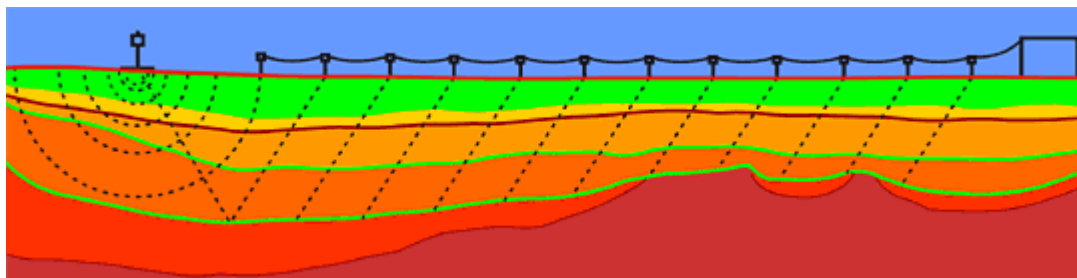
L'ubicazione delle indagini eseguite è legata alle caratteristiche dell'intervento in progetto ed è riportata in scala 1 : 1.000 nell'allegato 1.

Di seguito il dettaglio delle prove:

Nome sezione	lunghezza (m)	passo geofoni	nr. Geofoni
Base S1	92	4	24

3 – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA - (BASATE SULLA PROPAGAZIONE DI ONDE RIFRATTE SH)

Queste indagini geosismiche hanno lo scopo di caratterizzare in modo dinamico, tramite la misura delle onde di taglio (V_{sh}), i litotipi presenti nell'area d'interesse e definirne la geometria di sviluppo nel sottosuolo.



Tale metodologia trova il miglior campo di applicazione per profondità di studio inferiori ai 30-40 metri da p.c. E' necessario che il volume di terreno sia caratterizzato da valori di velocità di V_p e V_s progressivamente crescenti con la profondità, infatti, come è noto, il principale limite di tale metodologia è rappresentato dal non poter distinguere ed individuare strati con velocità delle onde P e SH minori sottostanti a strati con velocità più elevate.

L'indagine consiste nel creare delle onde sismiche artificiali sulla superficie del terreno da investigare e registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prestabilite mediante geofoni a prevalente componente orizzontale.

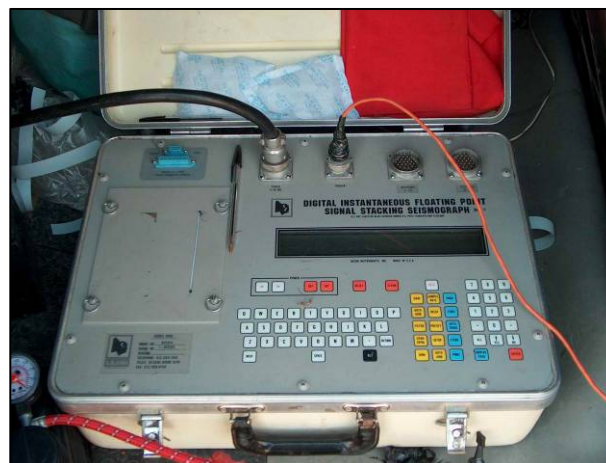
E' importante precisare che le onde SH dirette e riflesse costituiscono sempre il primo arrivo rispetto alle onde superficiali (onde di Love) e che per brevi stendimenti risultano sufficientemente forti da poter essere registrate. Inoltre, con questa metodologia di studio non esistono le limitazioni connesse con l'orizzontalità degli strati proprie delle tecniche utilizzando le onde superficiali.

Il sistema sorgente utilizzato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali sia di tipo V_p che V_{sh} .

Per la ricezione dei segnali sono stati utilizzati dei geofoni orizzontali per le onde Sh a frequenza propria 4,5 Hz.

la strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo Bison 9024 (DIFP) che consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante stampa su carta termica e visualizzazione su PC tramite un apposito programma; le prime onde riflesse vengono registrate simultaneamente su 12 - 24 geofoni e risulta possibile sommare



Sismografo Bison 9024 DIFP

fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore;

- geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, e relativo cavo di collegamento a 24 fili;



Geofono elettromagnetico

- Minibang, mazza e coppia a pendolo

4.1 – ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato sull'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascun strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato). Vi è una utile possibilità di modellizzare con la procedura GRM delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica). Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.
- Il file contenente le ubicazioni e le quote viene letto dal programma tomografico assieme al file contenente la matrice di velocità e la procedura di ray-tracing e di controllo viene attivata.
- Per prima cosa viene controllata la correttezza delle ubicazioni dei sensori e degli spari e quindi vengono visionati i percorsi dei raggi sismici e valutato il primo "fitting" con i dati misurati, allo scopo di iniziare la procedura tomografica senza la presenza di errori sistematici previamente correggibili.
- Lo scopo della procedura iterativa tomografica è quello di ridurre l'errore fra i tempi delle dromocrone calcolate in base al modello rispetto a quelle effettivamente misurate. Questo avviene per approssimazioni successive (iterazioni) controllate dall'operatore al quale è possibile intervenire nella scelta di molti coefficienti che influenzano il calcolo come anche nella scelta

- della procedura stessa che viene utilizzata per realizzare la minimizzazione degli errori.
- Il risultato finale sarà una matrice rappresentativa del terreno indagato costituita da celle ciascuna caratterizzata da una velocità sismica e tale complessivamente da presentare un errore minimo se utilizzata nella procedura di tracciamento dei raggi sismici.
 - Questa matrice viene visualizzata tramite un opportuno programma di contouring utilizzando, se ritenuto necessario, diversi colori per diverse velocità

4 – RISULTATI

I risulti ottenuti sono dettagliatamente illustrati negli allegati grafici.

Dall'analisi delle sezioni tomografiche elaborate in onde S sono stati ricavati gli andamenti principali dei depositi, sciolti o coesivi, che caratterizzano il sottosuolo indagato.

Tali depositi presentano valori di velocità prevalentemente comprese tra 300 e 1000 m/s in funzione del grado di consolidazione.

Gli allegati grafici evidenziano come le velocità sismiche subiscano delle variazioni pure lateralmente, in funzione anche della storia geologica dei depositi e della loro genesi.

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate, è possibile valutare il valore di **Vs30** calcolato direttamente in sito secondo la formula sotto esplicitata.

The diagram illustrates the calculation of Vs30. On the left, the text 'CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE' (Soil categories of foundation) has an arrow pointing to a box containing the formula:
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$
 To the right of the formula is another arrow pointing to a schematic of a foundation on soil. The schematic shows a rectangular foundation with a vertical dimension of 30 m, representing the depth over which the average shear wave velocity is calculated.

Sulle sezioni sismiche, il valore Vs30 è stato definito lungo tre punti significativi per valutare ed escludere la presenza di disomogenità geologiche che possano indurre a grosse variazioni laterali di tale parametro. In realtà le velocità sono risultate tutte abbastanza omogenee. Tali variazioni sono imputabili al diverso grado di consistenza dei depositi indagati e non mutano la sostanza del parametro Vs30 calcolato.

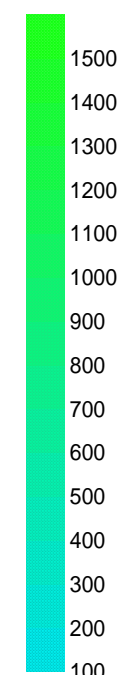
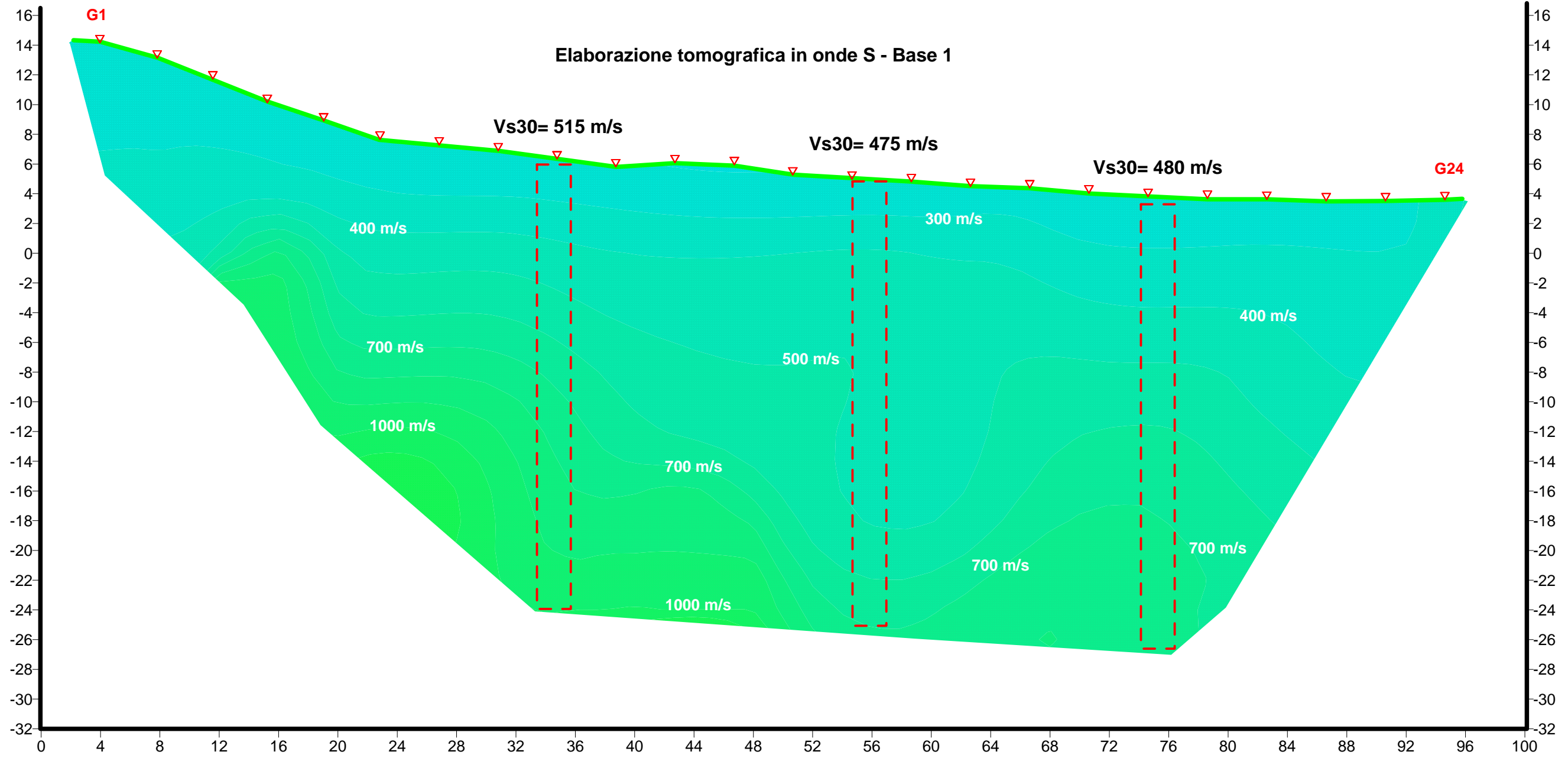
In tutte le sezioni sismiche, il parametro **Vs30 si è sempre mostrato compreso nella categoria B dei suoli di fondazione** (valori di velocità maggiori di 360 m/s e minori di 800 m/s) secondo la distinzione indicata dal O.P.C.M. 3274/03 (tipica di depositi quali sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti) con i valori di Vs30 misurati che variano da 475 a circa 515 m/s.

Nelle rappresentazioni grafiche sono stati indicati solo alcuni dei valori numerici delle velocità VSH utilizzate per determinare il parametro Vs30. Le velocità indicate, insieme all'incremento grafico di tonalità dei retini, servono a dare un'idea di come la velocità VSH vari sia lateralmente che in profondità lungo la sezione indagata.

Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.




Da tutte queste premesse scaturisce che, per via indiretta geosismica, è possibile definire le caratteristiche del sottosuolo in esame in modo molto più completo e corretto, ottenendo valori progettuali dell'insieme piuttosto che puntuali.

Elaborazione tomografica in onde S - Base 1



Scala delle velocità sismiche ONDE S in m/s

LEGENDA

 Posizione geofoni
 Superficie topografica
 Deposito non consolidato

INDAGINE GEOFISICA		
Idrogea Servizi s.r.l.		
Comune di Casalzuigno (VA)		
Casa di Soggiorno e Riposo Longhi F. e famiglia Pianezza		
Microzonazione sismica		
All. 2	Aprile 2009	 CIS Geofisica s.r.l.