

# COMUNE DI ZOLA PREDOSA

PROVINCIA DI BOLOGNA

ELABORATO

***Indagine geofisica di superficie mediante  
metodologia MASW per elaborazione  
della Vs<sub>30</sub> in Via Benvenuto Cellini***

COMMITTENTE

***Comune di Zola Predosa***

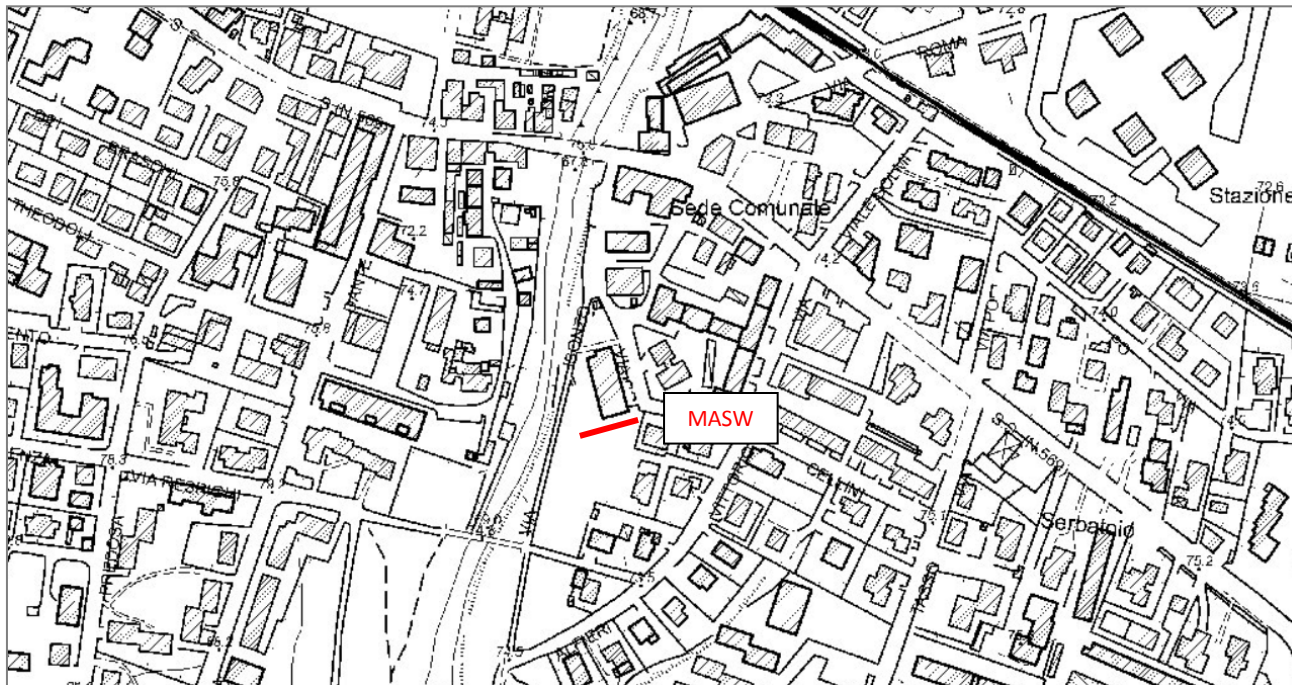
ELABORATO DA

***Dott. Geol. Carosi Simone***  
Via Toscana, 75/A – Piano del Voglio  
40048 San Benedetto Val di Sambro (BO)  
Tel / Fax 0534 99264  
Cell. 339 8737721  
[simonecarosi@libero.it](mailto:simonecarosi@libero.it)

SETTEMBRE 2015

## 1. Premessa

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 2 settembre 2015 in Via Benvenuto Cellini a Zola Predosa (BO), presso l'asilo "Pablo Picasso".



*Identificazione territoriale dello stendimento sismico eseguito (base: CTR)*



*Ubicazione di dettaglio dello stendimento sismico eseguito (base: aerofoto 2014)*

L'indagine geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di *Rayleigh* da misure di sismica attiva) è finalizzata alla definizione della risposta sismica del sito in esame tramite l'elaborazione dei valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette  $V_{s30}$ ), così come previsto dal *D.M. 14/01/2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni*. La classificazione dei terreni è stata ottenuta sulla base del valore della  $V_{s30}$  (il valore medio della velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità dal piano di fondazione) definita dalla relazione:

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

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, la strumentazione utilizzata, le modalità di analisi ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

## **2. MASW - metodologia d'indagine**

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (*Rayleigh*), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (S) nel sottosuolo, consentendo quindi di determinare il parametro  $V_{s30}$  (velocità media delle onde S nei primi 30m di profondità).

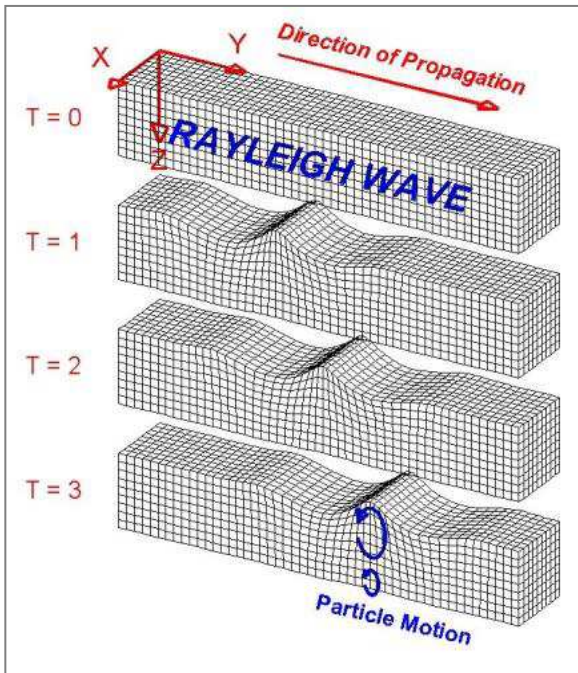
In un mezzo stratificato le onde di superficie (*Rayleigh*) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) forniscono informazioni unicamente per gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza consentono di caratterizzare anche gli strati più profondi.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra la velocità di propagazione dell'onda e la minore frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da un numero variabile geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza dei punti di energizzazione.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (*Rayleigh*) che, a causa della stratificazione del mezzo, subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di *Rayleigh* può essere effettuata mediante geofoni verticali (come nel nostro caso), oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento (in entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello).



*Rappresentazione schematica della modalità di propagazione delle onde R*

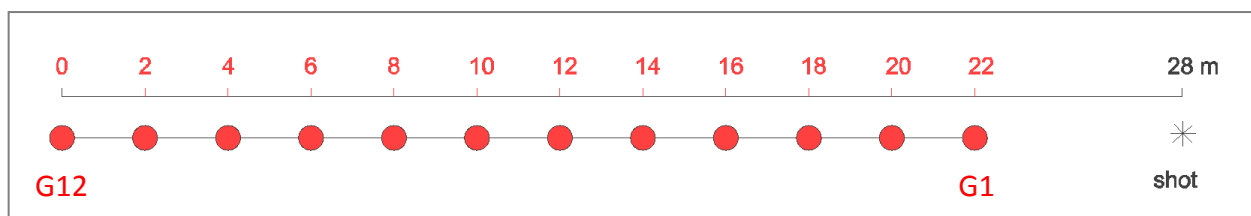
### 3. Schema operativo

Sulla base dell'analisi preliminare dell'area ed in considerazione degli spazi a disposizione si è ritenuto opportuno adottare la seguente configurazione:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 2.0 m per complessivi 22 m di rilievo (G1-G12)
- n° 1 shot (energizzazione) con offset di 6.0 m dal primo geofono (G1).

Per quanto riguarda l'acquisizione, sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- tempo di acquisizione: 2.0 s
- frequenza di campionamento 1.000 Hz
- periodo di campionamento 1 ms.



*Schema della configurazione (array) utilizzato per la prova MASW*



#### 4. Strumentazione impiegata

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato *DOREMI* (prodotto da *SARA Electronic Enstruments* di Perugia), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione verticale), con frequenza caratteristica di 4.5 Hz. Come sorgente di energia sismica per le onde di *Rayleigh* si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra in *teflon* posta sul suolo in linea con lo stendimento. La registrazione è stata attivata tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso è stato utilizzato un geofono *starter*) e



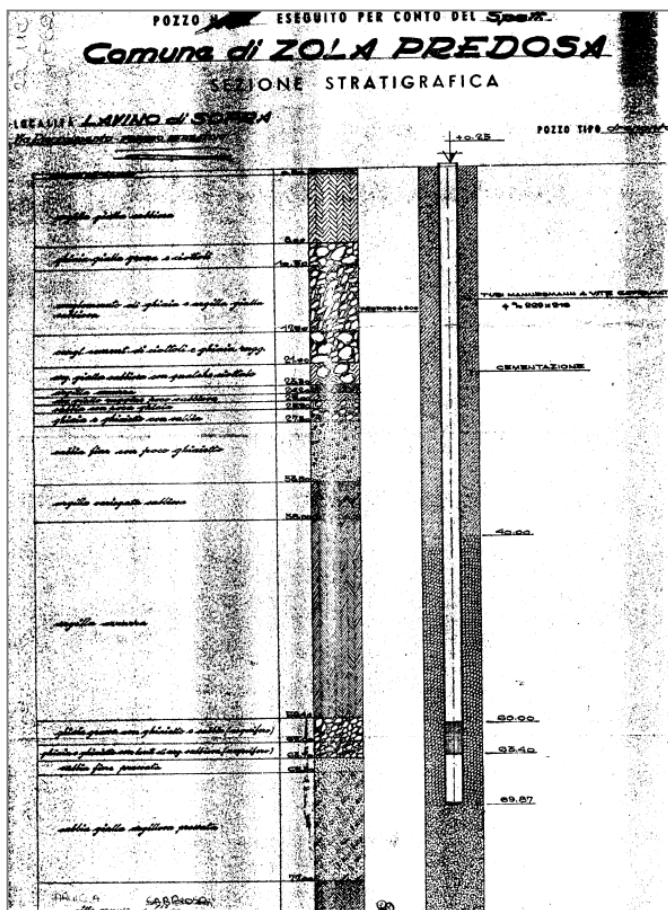
l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate

*Vista dello stendimento MASW eseguito*

#### 5. Analisi e risultati dell'indagine

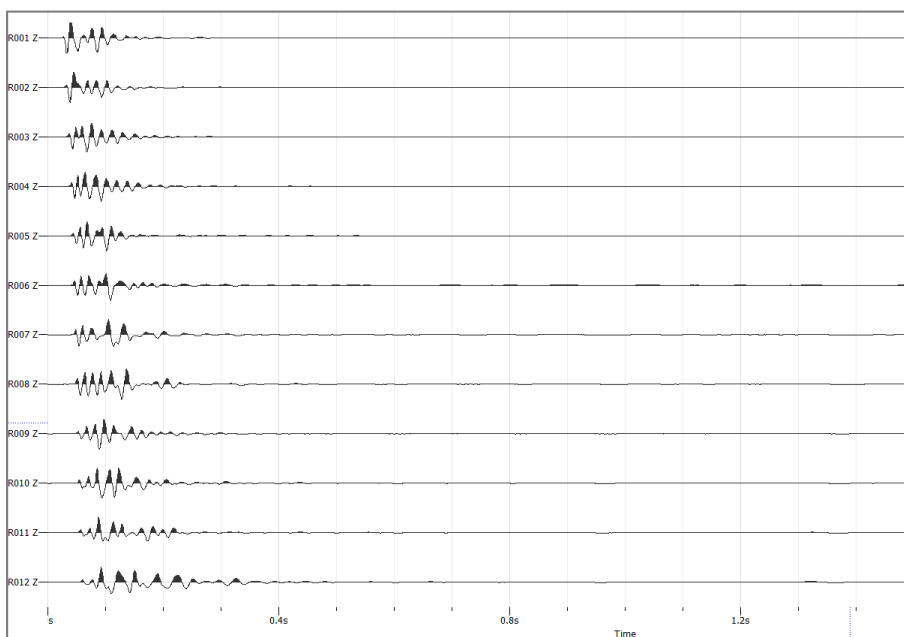
L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità;
2. Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori;
3. *Picking* della curva di dispersione;
4. Inversione della curva di dispersione mediante modellazione diretta con attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette e bibliografia e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs. In particolare al fine della taratura della procedura di inversione sono state analizzate le risultanze della stratigrafia del pozzo identificato con il codice 220110P622 nel database delle indagini geognostiche a cura del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, ubicato ad una distanza di circa 300 m verso Est rispetto all'area di intervento ma comunque rappresentativo dell'assetto geologico alluvionale della sponda destra del Torrente Lavino.

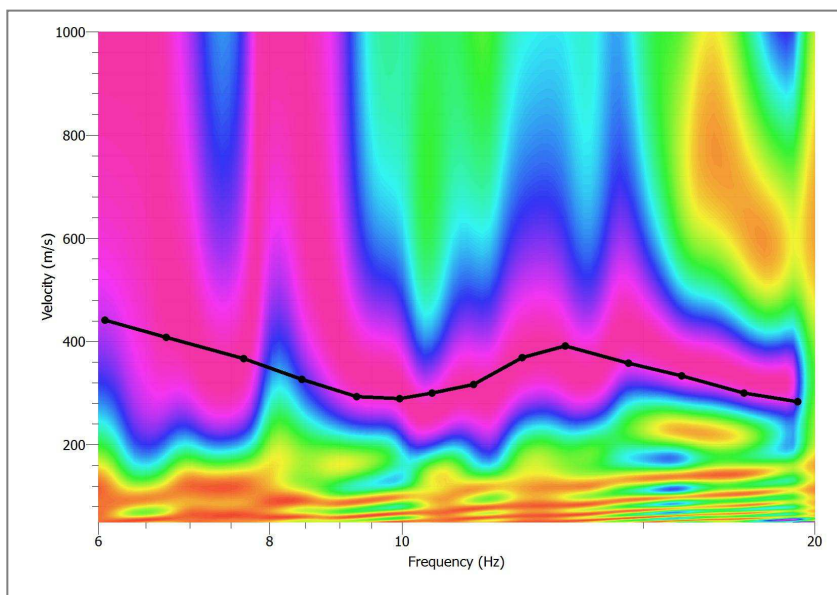


Stratigrafia del pozzo 220110P622

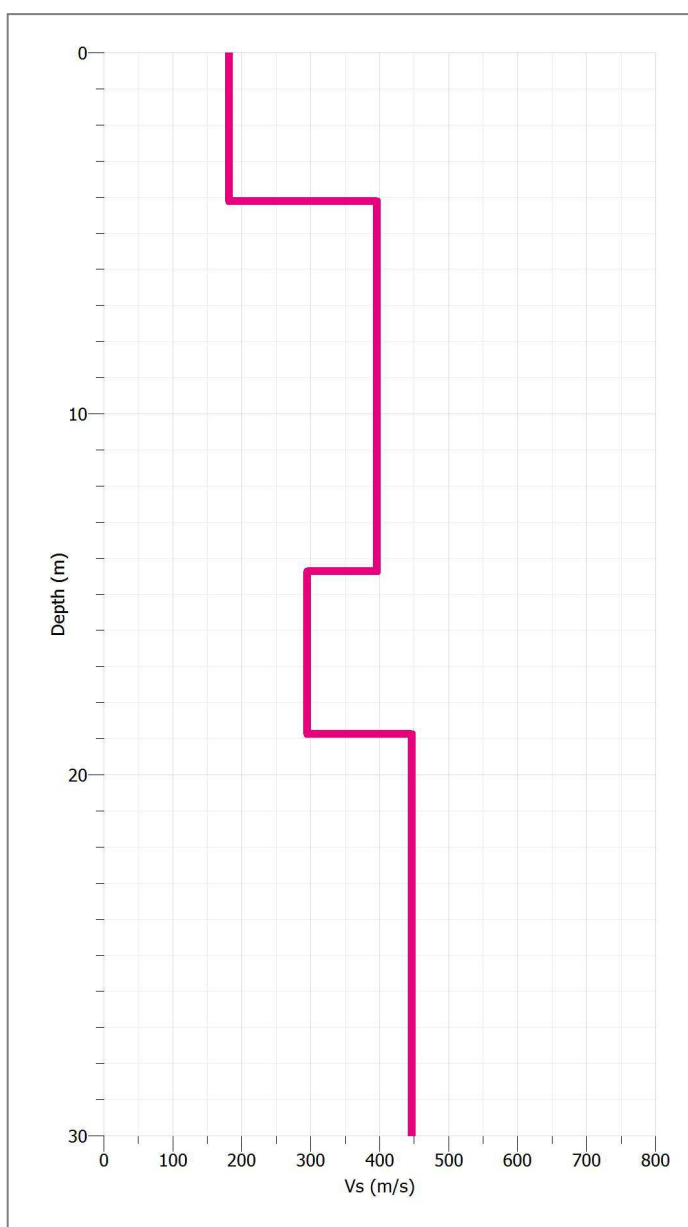
Nella Tabella e nelle Figure che seguono vengono riportati: i segnali grezzi registrati dai geofoni; lo spettro di potenza risultante (frequenza/velocità di fase) con la curva di *picking* individuata; l'andamento del profilo di velocità ottenuto tramite inversione e caratterizzato dal *misfit* (percentuale di scostamento dalla curva sperimentale) minore (pari a 0.11).



Segnali registrati dai geofoni nel corso dell'indagine MASW



*Diagramma Velocità di fase/Frequenza  
con individuazione della curva di picking*



	SPESSORE (m)	Vs (m/s)
STRATO 1	4	180
STRATO 2	10,3	395
STRATO 3	4,7	295
STRATO 4	11	445
	Vs30	337

*Profilo di Vs nei primi 30 m dal piano di campagna ed  
elaborazione del valore Vs30 risultante*

L'analisi della dispersione delle onde superficiali ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs e di conseguenza del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – **pari a 337 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

In base al valore di Vs<sub>30</sub> ottenuto, la categoria di sottosuolo risultante corrisponde *alla C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT_{30}} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

Data: Settembre 2015

Dott. Geol. Simone Carosi

