



INGEO sas - via Roma 48/c - 85033 Episcopia (PZ) - Italy  
P.IVA e C.F. : 01927240760 - tel.:(+39) 0973655058  
www.ingeo-prospezioni.it - info@ingeo-prospezioni.it

# **REGIONE PUGLIA**

## **COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA**



**Progetto di realizzazione di una piastra commerciale – Via Agli Avelli**

committenti: Regio Costruzioni Srl

### **PROSPEZIONE SISMICA DEL TIPO**



 **INGEO sas**  
Società di servizi

(DOTT. NICOLA DONADIO)

## PREMESSA

Nell'ambito del progetto di realizzazione di una piastra commerciale situato in via Agli Aveli, su incarico di Regio Costruzioni Srl, nel comune di Canosa di Puglia, è stata realizzata una prospezione sismiche di superficie.

In particolare è stata realizzata una prospezione simica del tipo M.A.S.W (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale indagine permette la determinazione della Velocità Equivalente delle onde di taglio dei terreni superficiali, al di sopra del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec ( $V_{s,eq}$ ), per stabilire la categoria del suolo di fondazione del sito e quindi per definire l'azione sismica di progetto. Le direttive delle NTC 2018 attribuiscono alle diverse località del Territorio Nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo e propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante cinque tipologie (A – B – C – D – E) di suolo.

Costituiscono parte integrante del presente rapporto i seguenti elaborati:

1. Determinazione della Velocità Equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$ ;
2. Elaborati grafici relativi ai sismogrammi registrati, alla curva di dispersione Fase/frequenza e alla determinazione di  $V_s$  con la profondità;
3. Categoria del suolo di fondazione medio dell'area indagata  $V_{s,eq}$ .
4. tabelle contenenti: velocità, profondità e spessori dei sismogrammi individuati;

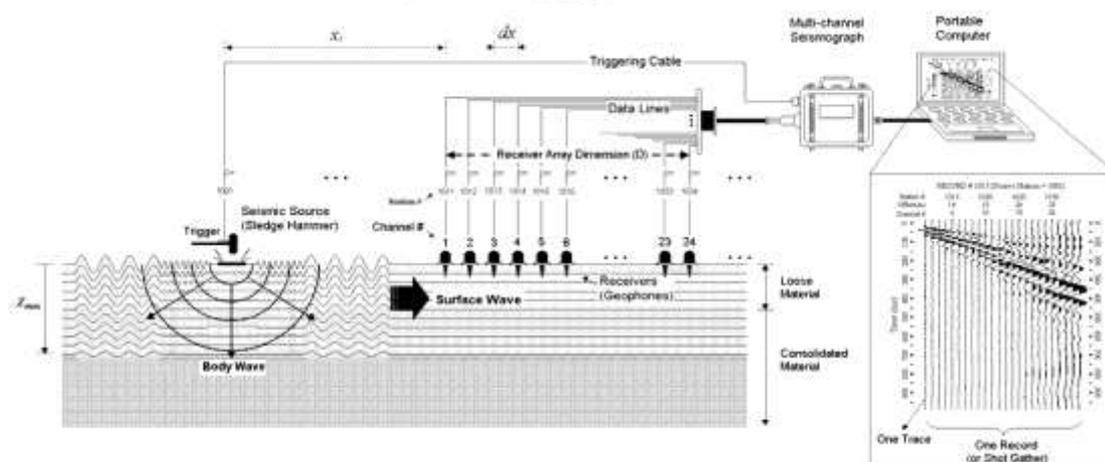
## A) PROSPEZIONE SISMICA DEL TIPO MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh (MASW), è una prospezione sismica che serve per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ . Tale metodo utilizza i tempi di arrivo delle onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Queste onde durante la loro propagazione sono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso appositi algoritmi sfruttando la capacità dispersiva delle onde superficiali, basate sul riconoscimento di modelli multistrato di terreno.



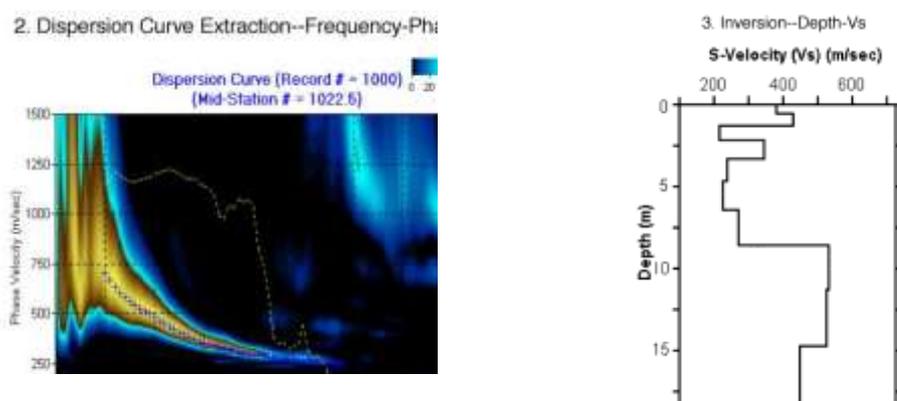
Foto 1: fase esecutiva dell'indagine

La procedura consiste di 3 passi fondamentali: Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), e/o rumore di fondo, lungo uno stendimento (Fig. 1);



**Fig. 1–Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.**

In fase di elaborazione si procede all'estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh. La fase successiva consiste nell'inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle Vs (Fig.2) (posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).



**Fig. 2–Curva di dispersione velocità di fase-Frequenza e profilo verticale delle Vs**

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte le onde sismiche dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche



dei segnali. Le proprietà della dispersione delle onde di volume e superficiali sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

Per tale lavoro è stata utilizzato un sismografo **DAQLink III** della Seismic Source, composta da una unità di acquisizione a 24 canali con un convertitore sigma delta ad alta velocità a 24 Bit, dotata di memoria per la cumulabilità degli impulsi. Mentre i geofoni verticali impiegati hanno una frequenza propria di 4,5 Hz ad interasse di 3 m, e l'impulso è costituito da una massa battente di 8Kg. Durante la fase di acquisizione dei dati di campagna per il medesimo stendimento si sono registrati più files con energizzazioni eseguite a diversa distanza. Le tracce registrate hanno una lunghezza temporale  $T=2s$  e un passo di campionamento  $dt=1ms$ . La frequenza di campionamento è pari a 1000Hz mentre la frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{Nyquist}=1/2dt=500Hz$ , infine la frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{min}=1/T=0.5Hz$ . Per l'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stato utilizzato il software **SurfSeis ver 3,01** della Kansas Geological Survey.

Dall'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), si è determinato uno spettro di velocità delle onde superficiali e quindi si è ricostruita una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e mediante procedura d'inversione è stato ottenuto il profilo verticale delle  $V_{s30}$ , che rappresenta la velocità equivalente dei primi 30 metri.

Di seguito si riportano i diagrammi che permettono di ottenere le  $V_{s30}$  e di conseguenza definire la tipologia di suolo caratterizzante il sito oggetto di studio.

Secondo quanto previsto dalle NTC 2018, il valore di Velocità Equivalente è pari a  $V_{s,eq}$  è pari a 377 m/sec.

Tabella 3.2 .II delle NTC 18

A -Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**

C -Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi 100 e 180 m/s

E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

<sup>i</sup> La classificazione del terreno è di pertinenza del tecnico professionista che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale  $V_s$

### VELOCITÀ LONGITUDINALE, TRASVERSALE MODULI ELASTICI:

Strati	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_d$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	199	452	1900	0.38	194	2118	767
2	309	643	1900	0.35	194	4995	1850
3	378	787	1900	0.35	194	7474	2768
4	395	822	1900	0.35	194	8162	3023
5	636	1190	2000	0.30	204	21448	8249
6	803	1502	2000	0.30	204	34191	13150

$V_p$  Velocità medie onde di compres

$V_s$  Velocità medie onde di Taglio

$\gamma$  Peso di volume della litologia

$\nu$  Modulo di Poisson

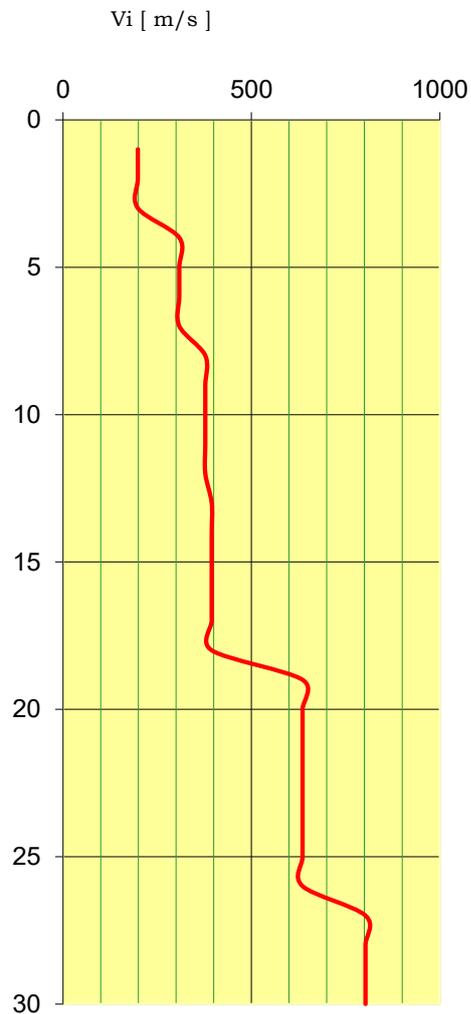
$\rho$  densità media per lo strato considerato

$E_d$  Modulo di deformazione dinamico di Young

$G_o$  Modulo di taglio dinamico

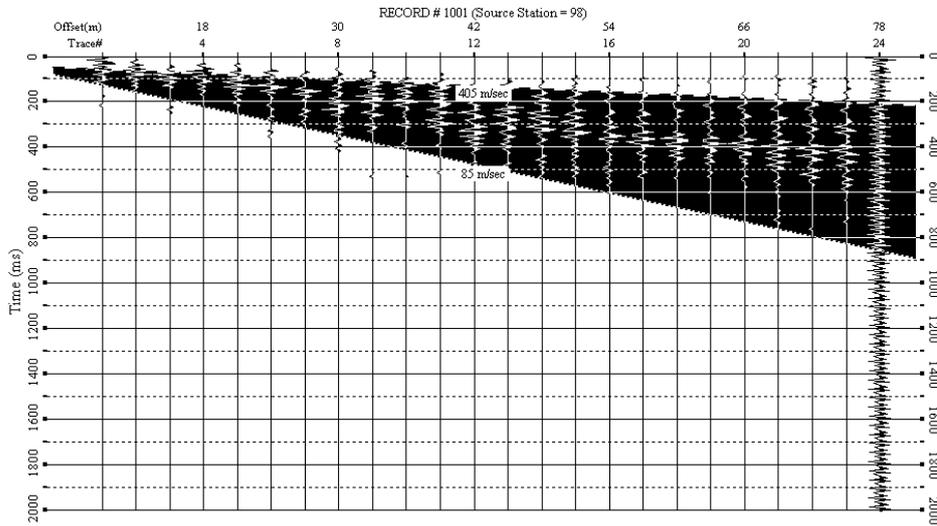
## CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO NTC 2018

Profondità [ m ]	N° Strati	Vi [ m/s ]
1.00	1	199
2.00	1	199
3.00	1	199
4.00	2	309
5.00	2	309
6.00	2	309
7.00	2	309
8.00	3	378
9.00	3	378
10.00	3	378
11.00	3	378
12.00	3	378
13.00	4	395
14.00	4	395
15.00	4	395
16.00	4	395
17.00	4	395
18.00	4	395
19.00	5	636
20.00	5	636
21.00	5	636
22.00	5	636
23.00	5	636
24.00	5	636
25.00	5	636
26.00	5	636
27.00	6	803
28.00	6	803
29.00	6	803
30.00	6	803

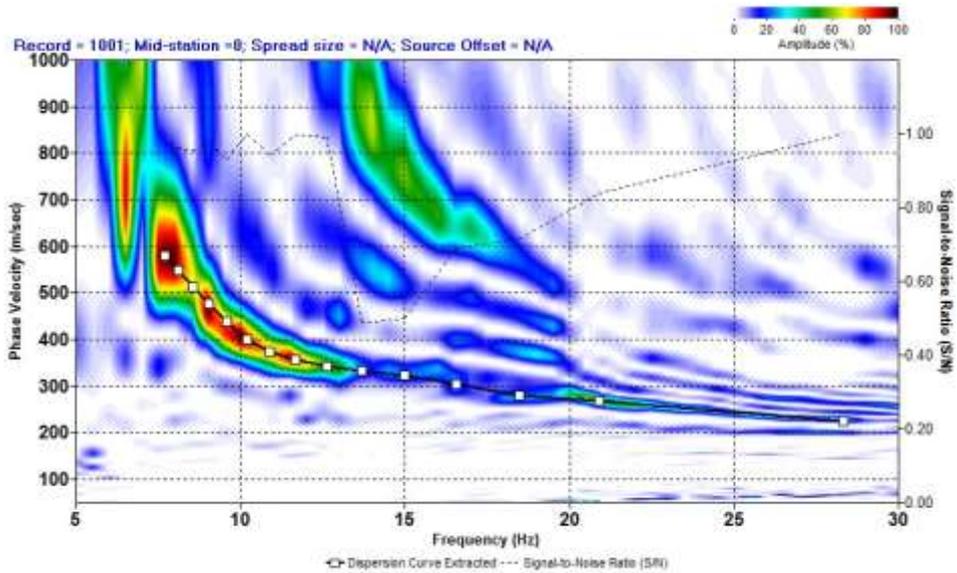


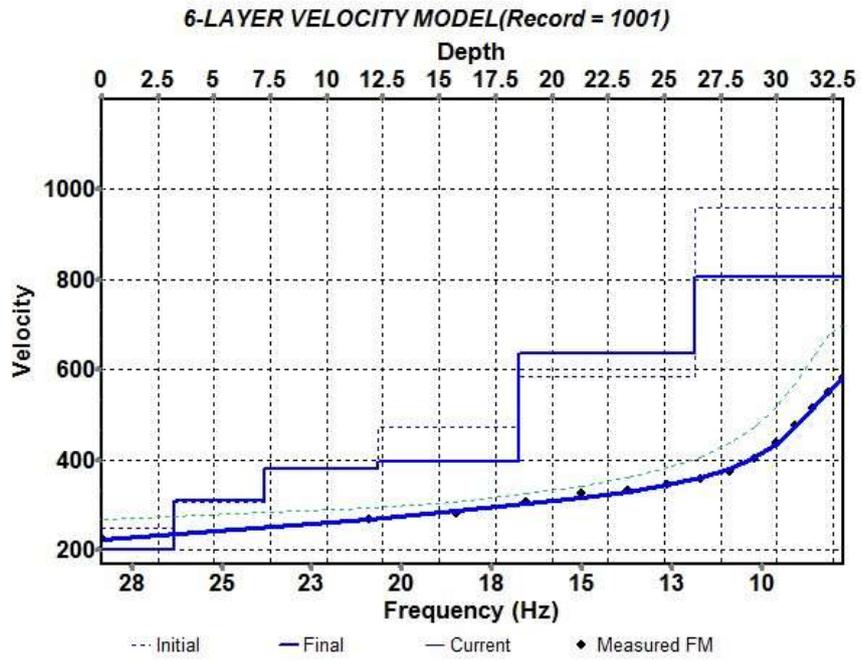
strato	Spessore strato H (m)	Vs m/sec
1	3	199
2	4	309
3	5	378
4	6	395
5	8	636
Bedrock	26	803
<b>Vs, eq m/sec</b>		<b>377</b>

**MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)  
SISMOGRAMMA**



**MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES  
(M.A.S.W.)  
Spettro di Velocità e Curva di Dispersione Fase / Frequenza**





Episcopia, Giugno 2021



***STRALCIO PLANIMETRICO***

