



REGIONE BASILICATA

DIREZIONE GENERALE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'

Ufficio Trasporti e Mobilità Sostenibile

CUP: G81C19000230001

CIG: 982298252E

Fondi ex art.1, comma 640, della Legge n.208/2015
- Decreto Interministeriale n.517 del 29.11.2018 -

PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione del 1° Lotto funzionale prioritario del Tratto Lucano della
Ciclovía della Magna Grecia - versante ionico da Tempio di Hera a Stazione F.S. di
Metaponto nel Comune di Bernalda in Provincia di Matera

Regione Basilicata
Ufficio Trasporti e Mobilità Sostenibile

Il R.U.P.
ing. Carmen VITIELLO

Il Dirigente
ing. Donato ARCIERI

PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari

MANDANTI:

Responsabile Integrazioni prestazioni specialistiche e Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Gianluca CICIRIELLO - Iscritto Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari al n. 8821

Responsabile Geologia:

Geol. Danilo GALLO - Iscritto Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n. 588

Responsabile inserimento ambientale e paesaggistico:

Ing. Roberta GENTILE - Iscritta all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Taranto al n. 3304 (Giovane Professionista)



Codice Elaborato

Titolo Elaborato

GG RS 01

Relazione Indagini Sismiche

Lotto Ciclovía: n. 1

Scala:

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
02	GIU.2024	Emesso per RECEPIMENTO PRESCRIZIONI/OSSERVAZIONI CDS	/	/	/
01	SETT.2023	Emesso per RICHIESTE INTEGRAZIONI A SEGUITO DI CDS	/	/	/
00	AGO.2023	Emesso per PROGETTO DEFINITIVO	/	/	/

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	METODOLOGIE IMPIEGATE	5
	2.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	5
	2.2 ACQUISIZIONE TIPO M.A.S.W. - S.A.S.W.	5
3	PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DEI RILIEVI	9
	3.1 ACQUISIZIONE DATI.....	9
	3.2 ELABORAZIONE DATI	11
	3.2.1 Prospezione sismica a rifrazione	11
	3.2.2 Acquisizione MASW	11
	3.3 STRUMENTI E MEZZI UTILIZZATI.....	11
	3.4 SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE	12
4	RISULTATI.....	13
	4.1 SISMICA A RIFRAZIONE VP.....	13
	4.2 ACQUISIZIONE MASW.....	17
5	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	19

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i dettagli tecnici delle indagini geofisiche eseguite ad hoc nell'areale interessato dagli interventi per la realizzazione del "1° LOTTO FUNZIONALE PRIORITARIO DEL TRATTO LUCANO DELLA CICLOVIA DELLA MAGNA GRECIA - VERSANTE IONICO DA TEMPIO DI HERA A STAZIONE F.S. DI METAPONTO NEL COMUNE DI BERNALDA IN PROVINCIA DI MATERA".

il tracciato della pista ciclabile si colloca nel territorio rurale e periurbano del comune, sviluppandosi lungo la piana alluvionale e costiera metapontina (Figura 1). Nel dettaglio, il progetto prevede essenzialmente tre tipologie di interventi: interventi di ripristino, interventi di allargamento e interventi di nuova costruzione, come meglio precisato nella relazione geologico-tecnica generale cui si rimanda (elaborato GG RE 01).

L'esecuzione di indagini geofisiche, a corredo dello studio geologico-tecnico, è servita alla caratterizzazione elastomeccanica dei terreni affioranti, alla classificazione del sottosuolo e alla definizione dell'andamento delle Vs in profondità lungo un tratto del tracciato di progetto. Si tratta nello specifico del settore di ciclovia di nuova costruzione, dove la caratterizzazione sismica è stata necessaria al fine di eseguire uno specifico studio di microzonazione sismica di 2° livello.

L'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di:

- n. 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P (RIFRA1), per ottenere informazioni sulle caratteristiche geologiche, geometriche ed elastomeccaniche del sottosuolo;
- n. 1 acquisizione MASW (M1) lungo lo stesso allineamento della sismica a rifrazione per definire l'andamento delle onde di taglio S in profondità, di calcolare il parametro V_{seq} e, di conseguenza, classificare il suolo secondo le NTC 2018;

Le indagini sono state realizzate all'incirca nel settore centrale del tratto di ciclovia di nuova costruzione e le due tipologie di prospezioni sismiche sono state eseguite lungo lo stesso allineamento (Figura 2; vedi l'elaborato cartografico GG PI 01 - PLANIMETRIA UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE).

Oltre alla premessa, la relazione è così articolata: prima si descrivono le metodologie geofisiche utilizzate e successivamente si discutono ed analizzano i dati sismici; infine è completata dalla documentazione fotografica dell'indagine eseguita.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

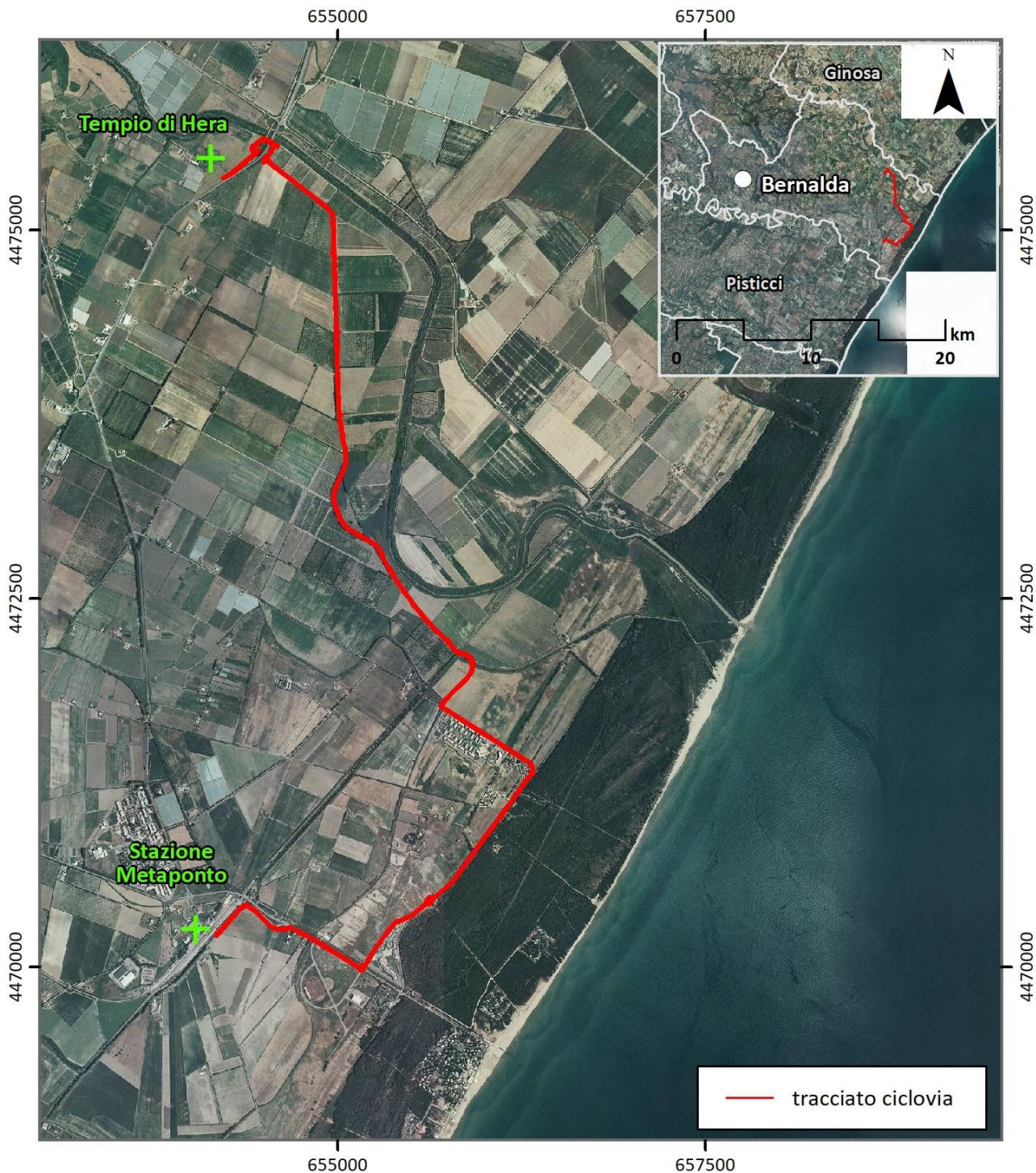


Figura 1 - Inquadramento territoriale dell'area di intervento.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

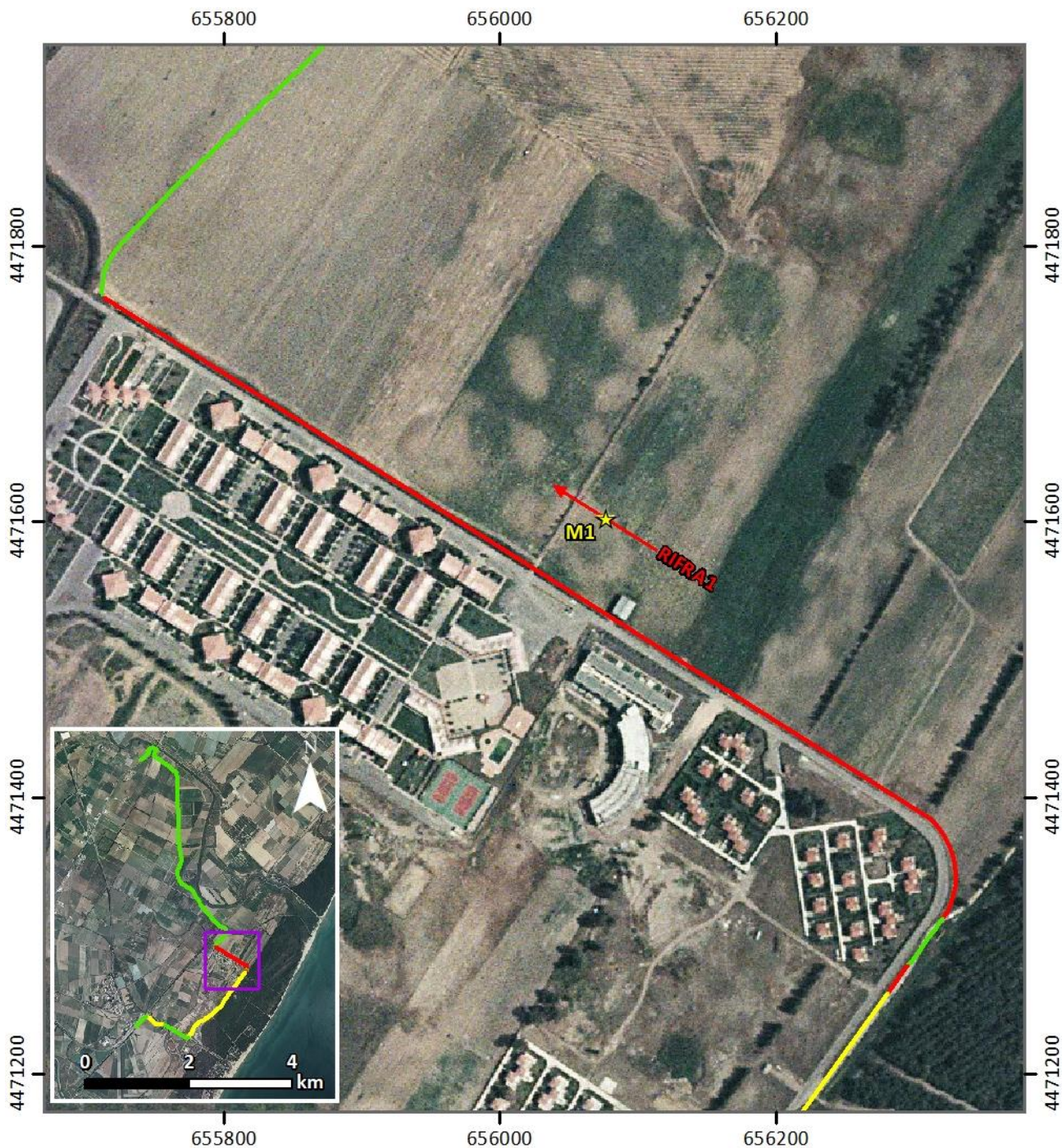


Figura 2 - Ubicazione su ortofoto delle indagini sismiche effettuate lungo il tratto di ciclovia di nuova costruzione.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
 via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
 (MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

2 METODOLOGIE IMPIEGATE

2.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

La tecnica della sismica a rifrazione permette la determinazione della velocità di propagazione delle onde elastiche di tipo longitudinale (P) o trasversale (S) all'interno del sottosuolo (Figura 3). Tali onde sono generate e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (terremoti, esplosioni, masse battenti, ecc.). Il metodo si basa sulla misura dei tempi di arrivo delle onde sismiche rifratte all'interfaccia tra corpi del sottosuolo caratterizzati da differenti proprietà elastiche. L'energia elastica viene generata tramite una sorgente posta in superficie da cui le onde sismiche si irradiano in tutte le direzioni. L'istante di arrivo dei segnali sismici a varie distanze dalla sorgente viene rilevato disponendo lungo allineamenti prefissati una serie di sensori (geofoni) ad intervalli regolari (distanza intergeofonica). Entro una certa distanza (distanza di cross-over) i primi arrivi registrati corrispondono alle onde che si sono propagate direttamente dalla sorgente ai geofoni. Per distanze maggiori, le onde rifratte lungo discontinuità tra strati a velocità crescente con la profondità, precedono quelle dirette. Misurando i tempi di arrivo ai geofoni delle onde dirette e rifratte, si ottengono informazioni sulla profondità, gli spessori, la geometria e i parametri elastici dei diversi strati. La sismica a rifrazione risulta particolarmente efficace per definire la stratigrafia del sottosuolo, la profondità e la morfologia del substrato litoide, la rippabilità (o scavabilità) dei terreni. Nella Tabella 1 sono indicati i valori tipici delle onde sismiche per alcuni materiali.

2.2 ACQUISIZIONE TIPO M.A.S.W. - S.A.S.W.

Le metodologie generalmente impiegate per lo studio delle onde trasversali o di taglio S sono M.A.S.W.-S.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Wave - Spectral Analysis of Surface Waves*) e RE.MI. (*Refraction Microtremors*). Entrambe si basano sull'analisi spettrale del sismogramma registrato durante l'investigazione, attraverso cui è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come quello dovuto alle onde P, alla propagazione in aria, ecc. In generale le onde S si propagano a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa; questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico delle onde di taglio. A prescindere dalla tecnica impiegata (M.A.S.W.-S.A.S.W. o RE.MI.), si effettua un'analisi dello spettro di frequenza del segnale sismico registrato da cui è possibile ricavare la curva di dispersione delle onde S nell'ipotesi di modello del sottosuolo a strati piani e paralleli (con estensione laterale infinita). La curva di dispersione sperimentale ottenuta viene confrontata con quella relativa ad un modello sintetico derivante da una prima inversione dei dati. Questo modello viene modificato successivamente in maniera

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

iterativa, in base alle differenze riscontrate tra le due curve e ad eventuali vincoli di tipo geologico derivanti da informazioni di altro tipo (per esempio da sondaggi geognostici).

Ottenuto l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità, si procede al calcolo del parametro V_{Seq} che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro una profondità H dal piano campagna, calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{Seq} = H / \sum_{i=1, N} (h_i / V_{si})$$

dove h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti all'interno della profondità H stabilita. Quest'ultima rappresenta la profondità a cui si rinviene il substrato, definito come quella formazione rocciosa costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da una V_s non inferiore a 800 m/s.

Le metodologie M.A.S.W.-S.A.S.W. e RE.MI. differiscono tra loro per alcune peculiari caratteristiche. La prima tecnica è usualmente definita attiva, in quanto occorre che l'operatore sia munito di una sorgente per energizzare il sistema. La tecnica RE.MI. invece viene definita passiva perché non vi è alcuna energizzazione da parte dell'operatore; è necessario invece che sia presente un rumore ambientale omnidirezionale. Dal punto di vista pratico questo requisito non sempre è soddisfatto, soprattutto in siti dove, a causa della vicinanza di una strada, cantiere, ecc., gran parte dei tremori giungono da una determinata direzione. Per tale ragione nel caso specifico si è preferito utilizzare la metodologia M.A.S.W.

Le acquisizioni M.A.S.W.-S.A.S.W. devono essere eseguite con array lineari, ovvero stendimenti in cui i geofoni sono rigorosamente collocati su una linea retta. La distanza tra i geofoni deve essere costante e la sorgente va posizionata esternamente all'array, e sempre in asse con esso. In Figura 4 è schematizzata una configurazione-tipo per una acquisizione con metodologia M.A.S.W.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

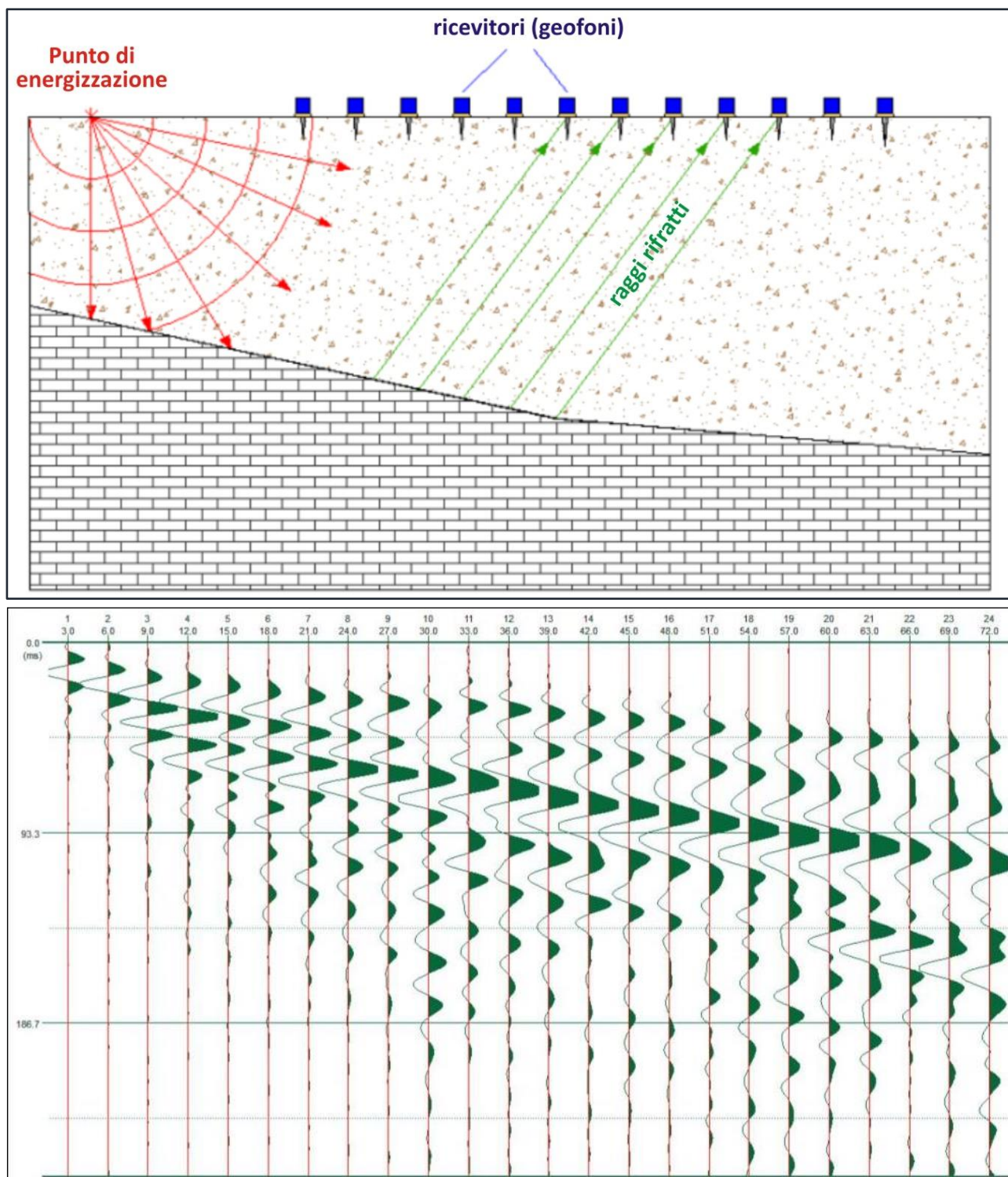


Figura 3 - In alto: propagazione delle onde elastiche rifratte all'interfaccia tra unità litologiche caratterizzate da differenti proprietà elastiche. In basso: registrazione del segnale sismico a varie distanza dalla sorgente mediante l'impiego di sensori (geofoni) disposti ad intervalli regolari lungo allineamenti prefissati.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

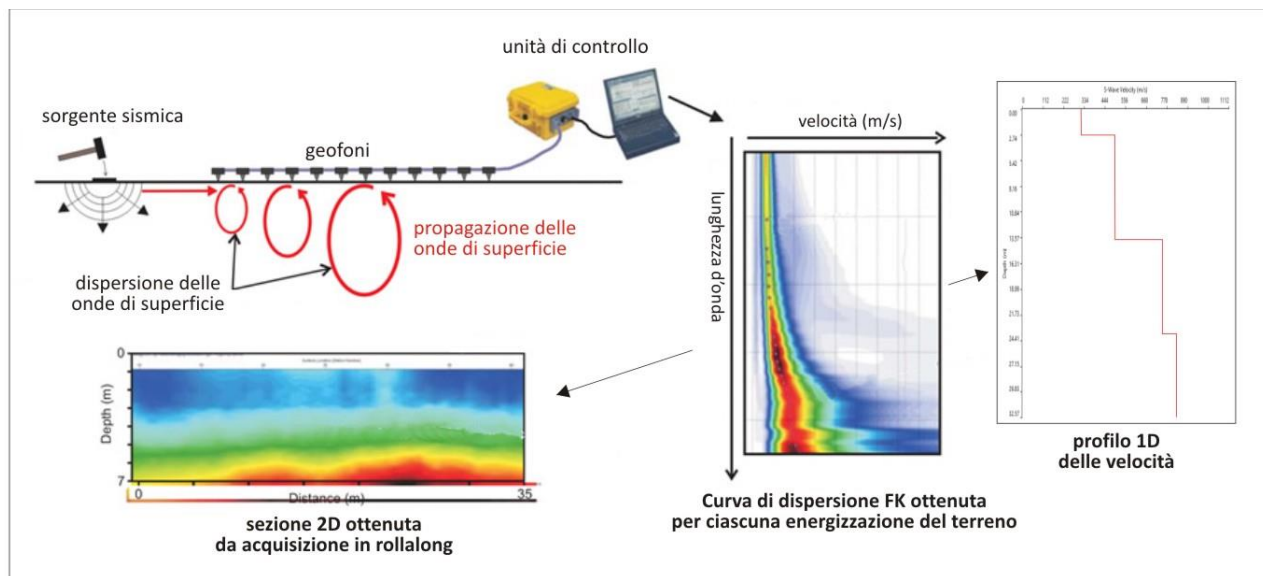


Figura 4 - Configurazione-tipo di una prospezione sismica con metodologia M.A.S.W.

Materiale		Velocità sismiche in sito (a piccole deformazioni) (m/s)		Coefficiente di Poisson ν	Densità (g/cm ³) ρ	Modulo di elasticità tangenziale (MN/m ²) G
		V_p	V_s			
Sabbia (in prossimità della superf.)	Sciolta	1.450-1.550 (180-450)	100-250	0,48-0,50 (0,30-0,35)	1,5-1,8	15-110
	Media	1.500-1.750 (320-650)	200-350	0,47-0,49 (0,20-0,30)	1,7-2,1	70-250
	Addensata	1.700-2.000 (550-1.300)	350-700	0,45-0,48 (0,15-0,30)	1,9-2,2	230-1.000
Argilla	Moder. consistente	1.450-1.550	80-180	0,47-0,50	1,6-2,0	10-65
	Consistente	1.500-1.700	180-300	0,47-0,50	1,7-2,1	55-190
	Molto consistente	1.600-1.900	300-500	0,47-0,50	1,8-2,3	160-450
Arenaria e scisti non alterati		1.500-4.000	800-2.000	0,25-0,35	2,0-2,4	1.300-9.500
Calcere		2.000-6.000	1.200-3.000	0,25-0,35	1,8-2,5	2.600-20.000
Roccia cristallina o metamorfica non alterata		3.500-7.000	2.000-3.500	0,25-0,30	2,2-2,6	8.500-32.000

Tabella 1 - Velocità sismiche e moduli elastici in terreni e rocce. I valori tra parentesi si riferiscono al materiale non saturo (Head e Jardine, 1992).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

3 PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DEI RILIEVI

3.1 ACQUISIZIONE DATI

Per le misure è stato utilizzato un sistema costituito da un sismografo DMT Summit Compact Unit a 24 canali e due set di geofoni verticali (frequenza di risonanza pari a 14 Hz e 4,5 Hz rispettivamente per la sismica a rifrazione e per l'indagine M.A.S.W.), in grado di rilevare con elevata sensibilità le vibrazioni del terreno. In base allo spazio a disposizione nell'area oggetto di studio i sensori sono stati disposti con una interdistanza di 3 m. La configurazione geometrica dello stendimento è riportata in Figura 5.

L'acquisizione dei dati si è svolta secondo le seguenti fasi:

I. allestimento del profilo:

- a. *infissione dei geofoni.*
- b. *collegamento geofoni-cavi.*
- c. *collegamento cavi-sismografo-batteria esterna.*

II. test strumentazione:

- a. *noise check.*
- b. *determinazione durata di acquisizione e frequenza di campionamento.*

III. acquisizione dati.

IV. smantellamento del profilo.

Per la prospezione di sismica a rifrazione, i tempi di arrivo delle onde P sono stati registrati effettuando 5 distinte energizzazioni in modo da poter utilizzare in fase di elaborazione un algoritmo di inversione tomografico. Lo schema di acquisizione è riportato in Figura 5. La durata di ogni acquisizione e la frequenza di campionamento sono stati scelti opportunamente in funzione di test eseguiti preliminarmente. Gli scoppi esterni sono stati eseguiti a 10 m di distanza rispettivamente dal primo ed ultimo geofono.

Per le acquisizioni di tipo M.A.S.W. sono state acquisite 10 registrazioni della durata di 1.5 secondi ciascuna. La sorgente per la generazione delle onde sismiche è stata ubicata a 10 m di distanza dal primo geofono.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

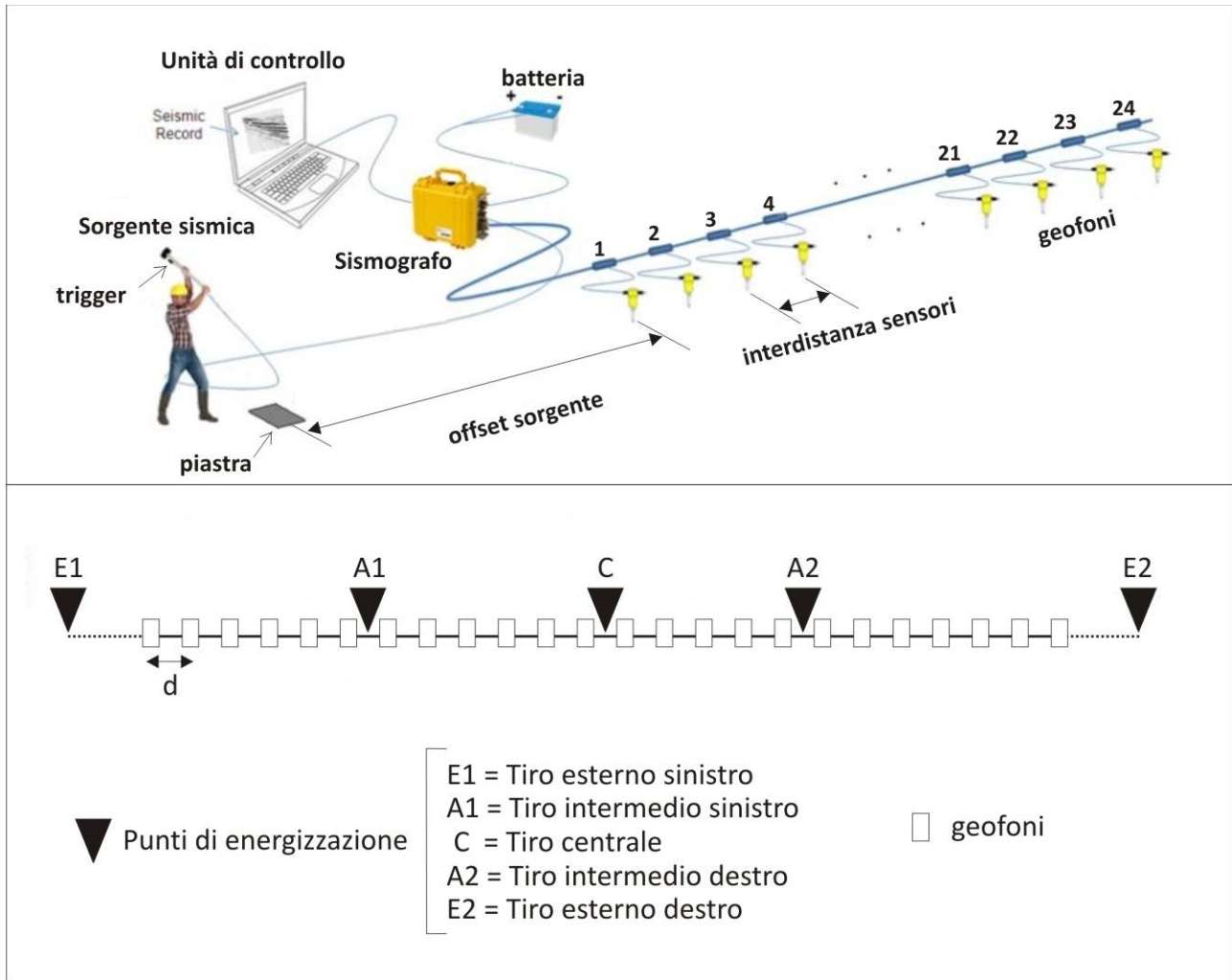


Figura 5 - Schema di acquisizione utilizzato per le prospezioni di sismiche a rifrazione.
L'interdistanza tra i geofoni (d) è di 3 m.

Profilo	Interdistanza geofoni	Tiro esterno sinistro E1	Tiro esterno destro E2
RIFRA1	3 m	10 m	10 m

3.2 ELABORAZIONE DATI

I dati geofisici in generale possono essere alterati in maniera più o meno marcata da disturbi di varia natura sia legati al rumore ambientale tipico di ogni sito sia alle modalità di acquisizione dei dati stessi. Lo scopo principale delle procedure di elaborazione è quello di migliorare il rapporto segnale/rumore in modo da rendere meglio riconoscibili i segnali di interesse per l'indagine facilitandone al contempo l'interpretazione.

3.2.1 Prospezione sismica a rifrazione

I dati acquisiti e registrati nel formato *.sg2 sono stati elaborati con l'ausilio del software Reflex-Win secondo le seguenti fasi:

- a. *visualizzazione dei dati sperimentali;*
- b. *filtraggio 1D dei dati in funzione delle frequenze del rumore ambientale;*
- c. *applicazione di eventuali correzioni topografiche;*
- d. *applicazione dell'algoritmo tomografico di inversione dei dati;*
- e. *analisi dei risultati e salvataggio dei modelli sismostratigrafici ottenuti.*

3.2.2 Acquisizione MASW

I dati acquisiti e registrati nel formato *.sg2 sono stati successivamente elaborati con l'ausilio del software SWAN v1.0 secondo le seguenti fasi:

- a. *visualizzazione dei dati sperimentali;*
- b. *pulizia dei dati da eventuale rumore ambientale;*
- c. *elaborazione del sismogramma medio mediante la trasformata di Fourier nel dominio FK;*
- d. *estrazione della curva di dispersione sperimentale;*
- e. *applicazione dell'algoritmo di inversione dei dati;*
- f. *estrazione del parametro Vs30.*

3.3 STRUMENTI E MEZZI UTILIZZATI

I dati sono stati registrati e successivamente elaborati con la seguente strumentazione hardware e software:

1. *Sismografo DMT Summit Compact (acquisizione dati sismici)*
2. *Software di acquisizione dati DMT Aquisition Console*
3. *Software di elaborazione dati Reflex-Win*
4. *Software di elaborazione dati SWAN (Surface Wave Analysis)*

Progettisti:



3.4 SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

SISMOGRAFO DMT SUMMIT COMPACT

Technical Specifications

Number of Channels per Unit
24

Sample Interval
1/48, 1/32, 1/16, 1/8, ..., 8 ms

Number of Samples per Trace
0,5 K, 1 K, 1,5 K, ..., 16 K (48K on request)

Maximum Input Signal
2 Volt RMS

System Input Noise
less than 0.3µV RMS @ 2 ms

Instantaneous Dynamic Range
> 130 dB @ ¼ ms

A/D Converter
24 bit Delta Sigma Technology

Preamplification
0 dB or 18dB

Gain Accuracy between Channels
< 1 %

Input Impedance
20 kOhm

Rejection at Nyquist Frequencies
-120 dB

Total Harmonic Distortion
< 0.0008 %

Analog Anti-Alias Filter
7,2 kHz 6 dB/Octave

Analog Low-Cut Filter
1 Hz 6 dB/Octave

Digital Anti-Alias Filter

12,8 kHz @ 1/32 ms	6,4 kHz @ 1/16 ms
3,2 kHz @ 1/8 ms	1,5 kHz @ ¼ ms
800 Hz @ ½ ms	400 Hz @ 1 ms
200 Hz @ 2 ms	100 Hz @ 4 ms
50 Hz @ 8 ms	

Common Mode Rejection Ratio
> 100 dB

Weight
8 kg

Dimensions
366 x 199 x 199 mm

Power Supply
+12 VDC @ 0.2 W/channel

Operation Temperature Range
-30° C to +80° C



Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
 via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
 (MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

4 RISULTATI

Di seguito si analizzano i dati delle due tipologie di indagini sismiche eseguite lungo lo stesso profilo. L'ubicazione è indicata in Figura 2.

4.1 SISMICA A RIFRAZIONE VP

Il modello del terreno che mostra l'andamento delle velocità sismiche in onde P (V_p) nel sottosuolo è stato ottenuto dall'elaborazione con algoritmo tomografico ed è riprodotto nella sezione tomografica riportata nella Figura 6. Per una corretta comprensione dei risultati ottenuti è opportuno ricordare che il sismostrato (strato sismico con caratteristiche sismiche omogenee) non corrisponde necessariamente ad un strato litologicamente omogeneo.

RIFRA1 (ubicazione indagine in Figura 2; sezione tomografica in Figura 6): L'elaborazione con algoritmo tomografico ha restituito un modello del terreno caratterizzato da valori delle velocità sismiche V_p comprese tra circa 600 e circa 2400 m/s (fondo sezione). In funzione della configurazione geometrica utilizzata per l'acquisizione e delle caratteristiche elastomeccaniche del sottosuolo, la profondità di investigazione massima raggiunta nel settore centrale del profilo è di circa 19 m.

In generale l'andamento delle velocità è contraddistinto da valori di velocità bassi negli strati superficiali fino alle isolinee degli 800 m/s, che si attesta a profondità variabili tra poco meno di 1 m e circa 2-3 m in quanto ha un andamento ondulato. Più in profondità le velocità aumentano abbastanza gradualmente e costantemente fino a fondo sezione, mostrando un miglioramento progressivo delle proprietà elastomeccaniche nel sottosuolo. Si riconoscono però due più bruschi e repentini aumenti del gradiente di velocità in corrispondenza delle isolinee dei 1000-1200 m/s e dei 1600-1800 m/s (linee tratteggiate) ed alcune variazioni laterali dei valori delle velocità (cerchi tratteggiate). I primi permettono di suddividere il sottosuolo in tre sismostrati, le seconde, concentrate in particolare nel secondo intervallo, costituiscono delle variazioni più nette dell'assortimento granulometrico e/o del grado di addensamento dei materiali. I tre sismostrati individuati hanno le seguenti caratteristiche:

- *sismostrato 1* - valori di velocità compresi tra 600 e 1000 m/s (toni del blu-celeste). Profondità del limite inferiore di 4 m dal p.c. Scarse proprietà elastomeccaniche che migliorano leggermente verso la base dello strato. Rappresenta l'intervallo di copertura costituito da terreno agrario superficiale, in parte rimaneggiato, seguito in basso dai depositi prevalentemente sabbiosi maggiormente alterati;
- *sismostrato 2* - valori di velocità compresi tra 1000 e 1600 m/s (toni del verde-giallo), rinvenuto fino alla profondità di circa 12 m dalla superficie. Le proprietà elastomeccaniche variano da discrete a buone e migliorano progressivamente con la profondità. Si tratta di un intervallo costituito da

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

depositi sabbiosi con vario grado di addensamento, a cui si alternano probabilmente strati limosi con geometria lenticolare.

- *sismostrato 3* - valori di velocità compresi tra 1600 e 2400 m/s (toni del arancio-rosso-viola), rinvenuto fino a fondo sezione. Buone proprietà elastomeccaniche. Si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi più compatti ed addensati.

Oltre alla sezione tomografica, nella tabella che segue sono riportati per ogni singolo sismostrato individuato nel profilo di sismica in onde P (V_p) i valori dei principali parametri elastici, calcolati, in funzione dell'interpretazione sismica precedentemente descritta, per valori di densità stimati da letteratura e da dati di indagini pregresse. Di seguito una breve descrizione dei principi e leggi che permettono la loro determinazione.

In base ai principi dell'elasticità dei materiali e alle leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile definire delle relazioni che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S. Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi possibile applicabile la legge di Hook basata sulla proporzionalità tra sforzo e deformazione prodotta. La relazione lineare dipende da costanti di proporzionalità corrispondenti ai Moduli Elastici del materiale. In particolare:

- il rapporto tra sollecitazione monoassiale e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico ed (modulo di young);
- il rapporto tra sollecitazione monoassiale e conseguente deformazione tangenziale rappresenta il modulo di taglio μ ;
- il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione volumetrica definisce il modulo di compressione k (modulo di bulk);
- il modulo di poisson ν , è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale: tale modulo varia fra 0 (resistenza al taglio infinita) e 0.5 (fluidi con resistenza al taglio nulla).

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

Dimensionalmente i moduli elastici G, E, K esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

Se sono note la densità e le velocità sismiche dei materiali è possibile determinare i parametri elastomeccanici. Questi, in genere, hanno valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: infatti, le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche, come discusso, si mantengono nel campo elastico delle deformazioni del materiale.

CARATTERIZZAZIONE ELASTO-MECCANICA							
Sismostrato	Profondità base (m dal p.c)	Vp media (m/s)	Densità (kg/m ³)	Poisson	Ed (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)
1	4	800	1500-1700	0.45	2580-2920	8600-9733	890-1007
2	12	1300	1600-1800	0.45	7270-8180	24233-27267	2507-2821
3	19	2000	1800-2000	0.46	15870-17640	66125-73500	5435-6041

Ed: Modulo di Young; K: Modulo di Bulk o di Compressibilità; G: Modulo di Rigidità.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE – GIOVANE PROFESSIONISTA)

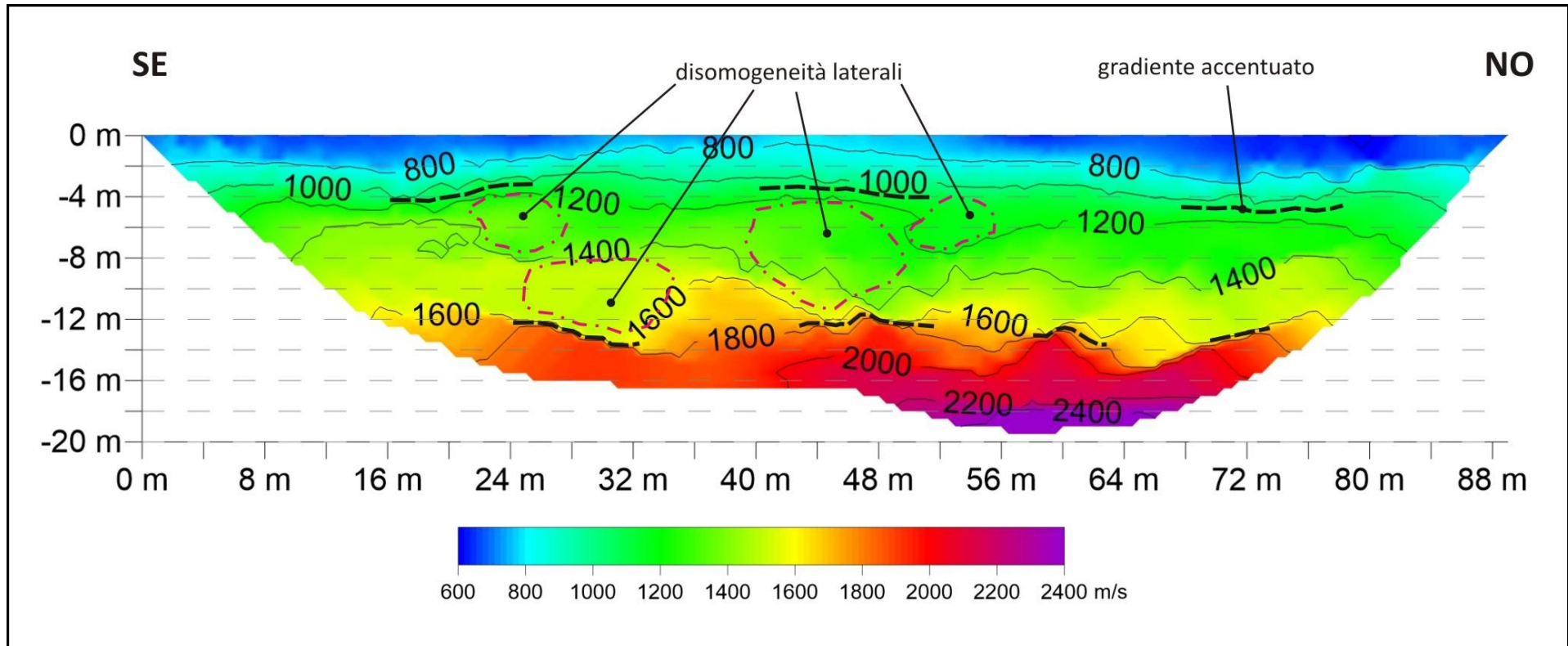


Figura 6 - Tomografia sismica in onde P ottenuta per il profilo RIFRA1.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

4.2 ACQUISIZIONE MASW

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'acquisizioni MASW (M1), eseguita lungo lo stesso allineamento della sismica a rifrazione RIFRA1.

L'analisi spettrale dei dati di campagna delle acquisizioni (Figura 7) indica che gran parte dell'energia ricade a cavallo dei 200 m/s (anomalie giallo-rosse delimitate dal cerchio tratteggiato arancione nella Figura 7). Nel grafico le linee nere oblique uscenti dall'origine nel dominio FK, individuano i passaggi di velocità secondo intervalli di 100 m/s (le aree caratterizzate dalle velocità maggiori ricadono nella parte sinistra del grafico).

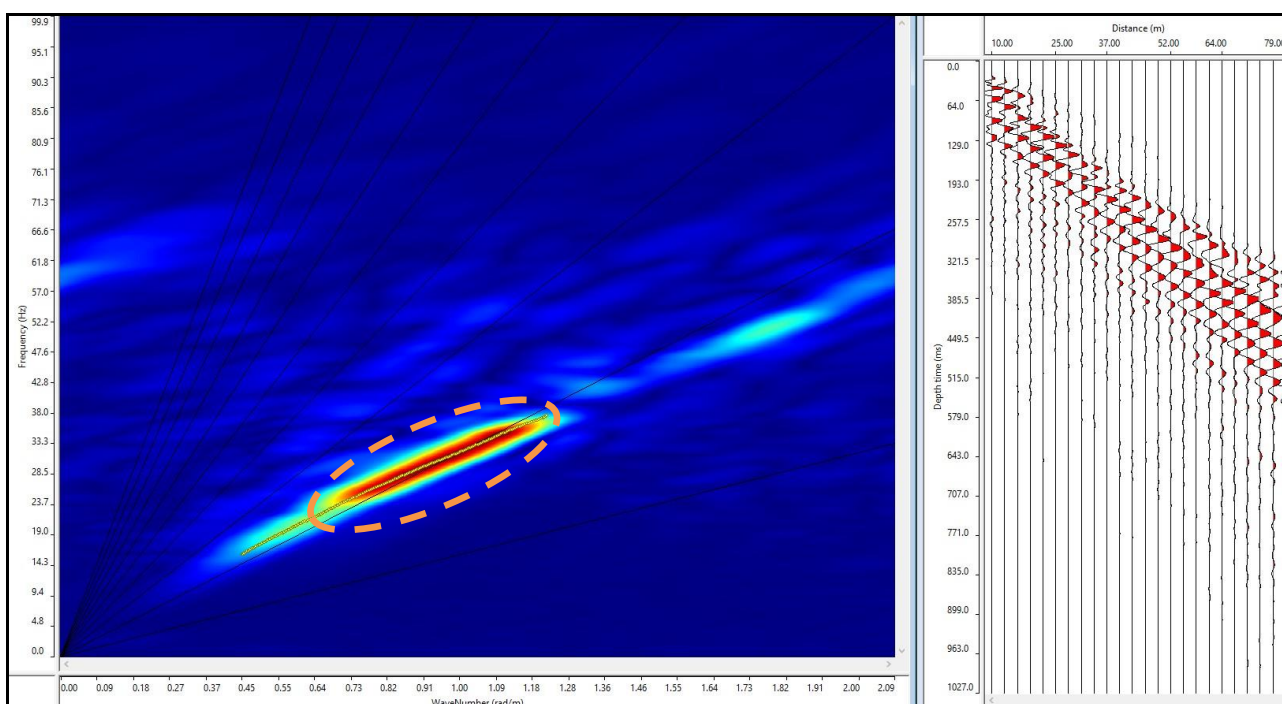


Figura 7 - Spettro FK dei dati del masw M1.

Il rapporto segnale/rumore è sufficientemente alto da consentire la determinazione di un modello soddisfacente dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità (Figura 8).

In particolare, sono stati individuati 7 sismostrati caratterizzati da un progressivo aumento delle velocità sismiche con la profondità e di conseguenza da un miglioramento delle caratteristiche elastomeccaniche dei terreni.

In base al modello ottenuto il substrato sismico, rappresentato dalla Vs degli 800 m/s, non è stato rinvenuto entro i 30 m di profondità dalla superficie e quindi, secondo l'attuale normativa antisismica *D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni*, esso viene considerato presente alla profondità di 30 m dal p.c. Il valore calcolato di $V_{Seq} = V_{S30}$ è pari a **324 m/s**. Pertanto il suolo investigato ricade nella **categoria C** ("Depositi di

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

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”).

È bene precisare infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia MASW, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

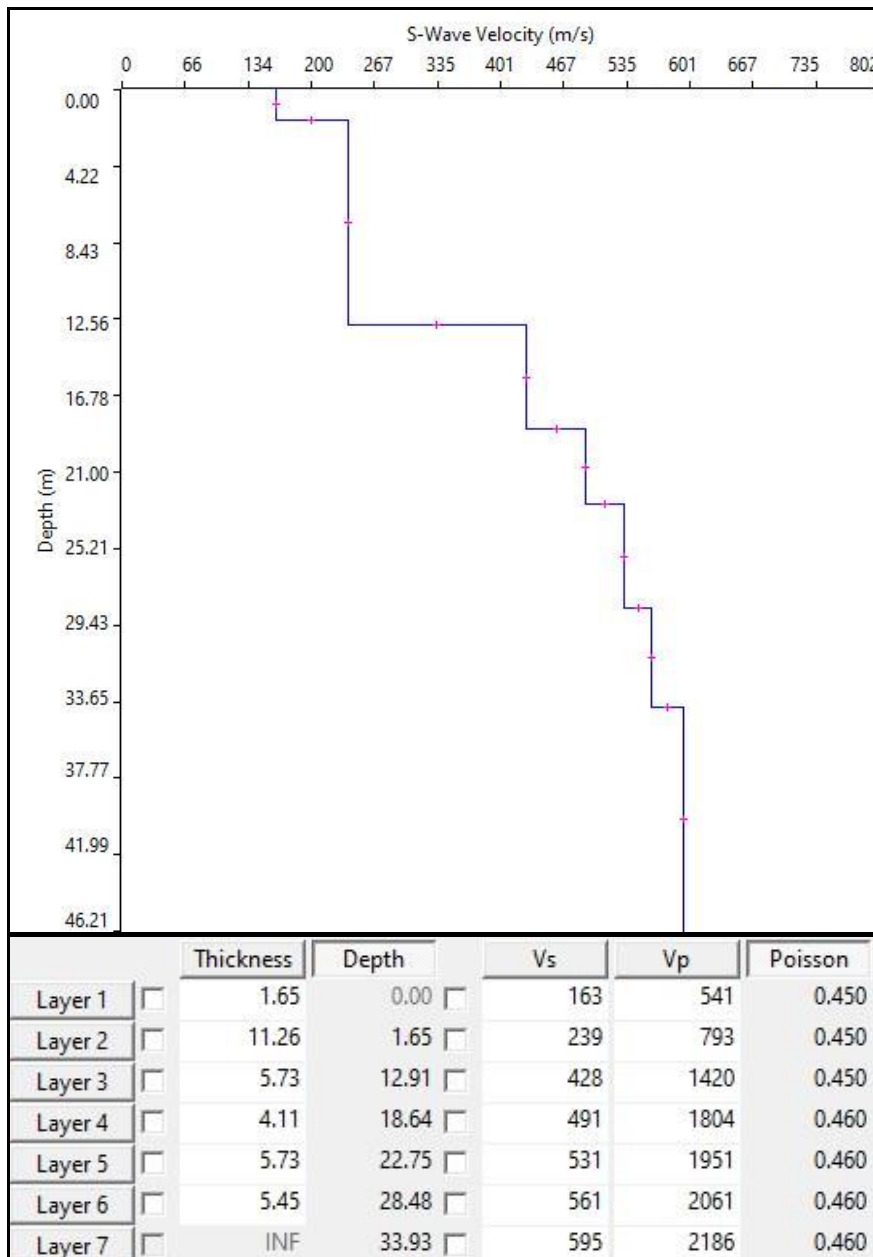


Figura 8 - Modello Vs del terreno ottenuto dall'acquisizione masw M1.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)

5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 e 2 - Acquisizione dati sismici.

Progettisti:



di Andersson Anna Maria Margareta & C. s.a.s.
via S. Visconti n. 190 - 70122 - Bari
(MANDATARIA)

Ing. Gianluca CICIRIELLO (MANDANTE)

Geol. Danilo GALLO (MANDANTE)

Ing. Roberta GENTILE (MANDANTE - GIOVANE PROFESSIONISTA)