



# CITTA' DI BOJANO

(Provincia di Campobasso)



## STRADA DI SERVIZIO ALL'AREA PRODUTTIVA

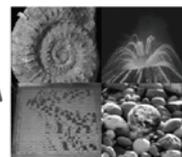
### PROGETTO PRELIMINARE

DATA:	<i>Cap. 3 - Geologia, idrologia, idraulica ed Archeologia</i>	ALLEGATO:
AGGIORNAMENTO: -		<b>3.1</b>
SCALA: -		
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>		

PROGETTAZIONE:  
*Ing. Antonio DI BIASE*

CONSULENZA GEOLOGICA:  
*Dott. Vincenzo CORTESE*

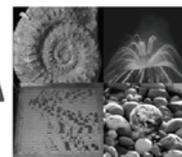
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO UNICO:  
*Arch.j Bernardino PRIMIANI*



## S O M M A R I O

1. PREMESSA..... Pag. 02
  
2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DEL  
TERRITORIO E DELLA ZONA INTERESSATA DALL'INTERVENTO..... Pag. 04
  
3. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME..... Pag. 06
  
4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO DEL  
TERRITORIO..... Pag. 10
  
5. CAMPAGNA DI RILEVAMENTO ED INDAGINI ESEGUITE  
NELL'AREA DI STUDIO..... Pag. 12
  
6. MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO..... Pag. 14
  
7. MODELLIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA INVESTIGATA..... Pag. 18
  
8. CONCLUSIONI..... Pag. 29

## ALLEGATI



## 1. PREMESSA

L'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI BOJANO (CB) ha incaricato, con **Determina n. 84 del 01/08/2013**, il sottoscritto Geologo Vincenzo CORTESE, iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Molise al N° 155 della Sezione A "Geologi Specialisti", titolare dello **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** sito in BOJANO (CB) alla Via Barcellona n° 20, di effettuare la **Relazione Geologica** relativa ai **LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA "STRADA DI SERVIZIO ALL'AREA PRODUTTIVA" IN LOCALITA' MONTEVERDE DEL COMUNE DI BOJANO.**

E' stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

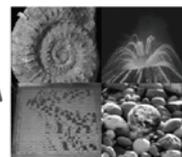
In seguito, sono stati compiuti altri sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.

Il lavoro, nel rispetto delle **N.T.C. 2008**, ha avuto lo scopo di:

- *definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell'area;*
- *valutare l'assetto litostratigrafico dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 14 Gennaio 2008.*

Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

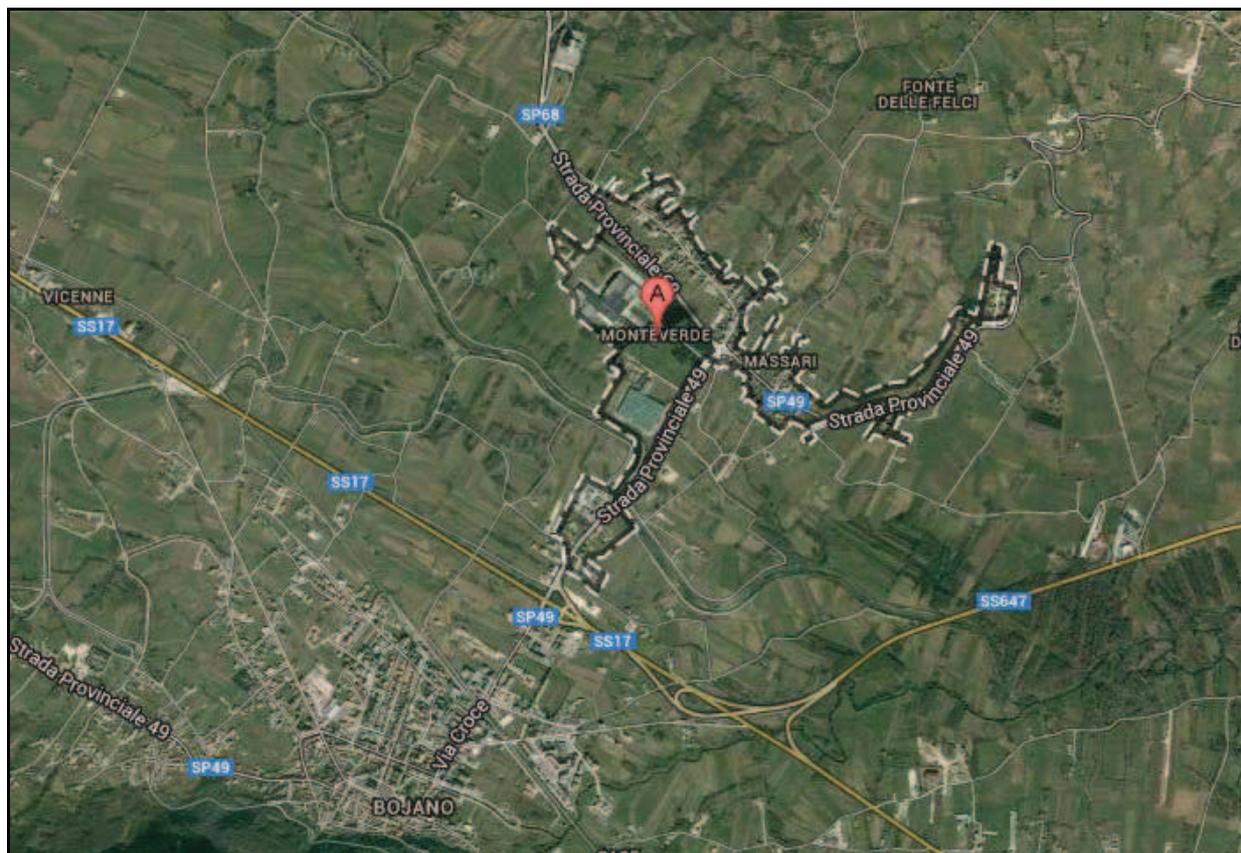
- nella prima fase è stata effettuata una analisi geomorfologica, idrogeologica, geologica e tettonica della zona in cui ricade l'area oggetto di studio;



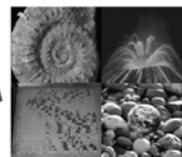
- nella seconda fase è stato realizzato un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche in situ.

Tutti i risultati desunti dalle indagini effettuate e le relative elaborazioni grafiche, si riportano nel presente fascicolo.

Di seguito si espongono le risultanze di cui trattasi e le considerazioni emerse dallo studio effettuato.

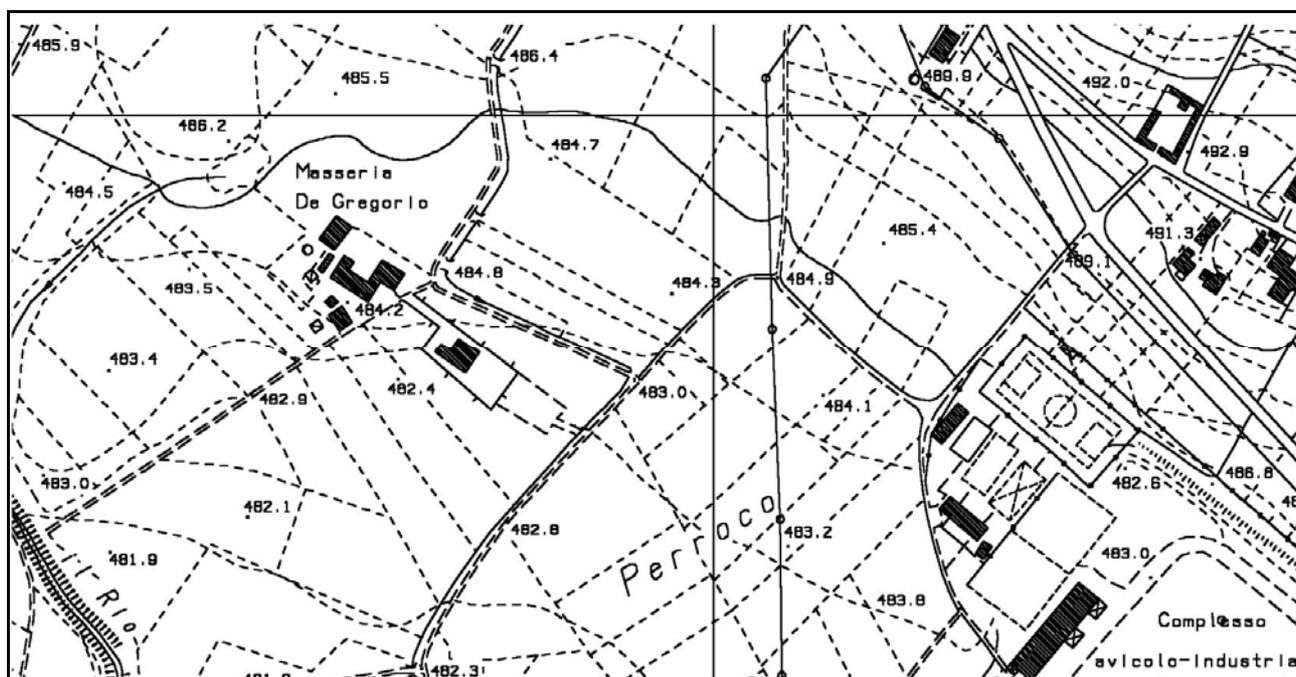


*Fig. 1: Immagine aerea della zona di studio.*



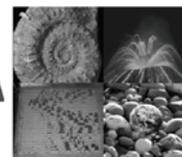
## 2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO E DELLA ZONA INTERESSATA DALL'INTERVENTO

L'area geografica del Comune di Bojano (CB) è individuabile nella tavoletta I. G. M. al 25.000, III° NO - Bojano, appartenente al Foglio n° 162 (CAMPOBASSO) del Quadro d'Unione d'Italia al 100.000 e nell'elemento n. 405101 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1: 5.000, edita dalla Regione Molise, di cui si riporta uno stralcio con l'indicazione della zona di studio:



*Fig 2: Stralcio della Carta Tecnica Regionale (fuori scala).*

Il territorio del comune di Bojano è situato alle pendici settentrionali dei Monti del Matese e l'abitato del Comune stesso è costituito da un nucleo storico più antico, fondato sul rilievo carbonatico, elevato di circa 230 metri rispetto al livello della piana sottostante, da un nucleo storico più recente, collocato immediatamente ai piedi del rilievo carbonatico e da un centro moderno e contemporaneo che si estende sui depositi quaternari della piana stessa.



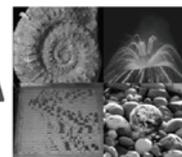
La conca di Bojano è una depressione tettonica allungata in direzione appenninica bordata a SO dall'imponente massiccio del Matese (quota massima, 2050 metri s.l.m., Monte Miletto) e a NE dai rilievi collinari del Sannio (quote massime raramente superiori a 1200 metri s.l.m.); la piana attuale si trova a quote intorno ai 500 metri s.l.m. e la stessa si è impostata su una depressione formatasi precedentemente (Bacino di S. Massimo), in conseguenza dell'attività tettonica compressiva e trascorrente caratterizzata da deposizione lacustre nel Pleistocene inferiore (Brancaccio *et al.*, 1979) e probabilmente fino al Pleistocene medio basale (Corrado *et al.*, 2000).

La formazione della conca attuale è riferibile essenzialmente alla tettonica estensionale instauratasi nell'area a partire almeno dal Pleistocene medio che, seppure in parte rimobilizzando linee tettoniche preesistenti, ha comunque determinato la progressiva evoluzione di un *graben* ad orientazione circa appenninica, di cui le faglie dirette bordiere del Matese (faglia di Bojano) e dei monti del Sannio («faglia Sannita») costituiscono i due elementi tettonici principali (Russo & Terribile, 1995; Naso, 1998).

Il riempimento della conca è continuato fino ad oggi attraverso periodi di ingente deposizione cui si sono alternati momenti a più intensa attività erosiva: i depositi di riempimento sono di natura prevalentemente lacustre e palustre (GEMINA, 1963) con intercalazioni più grossolane prevalentemente dal lato matesino; in base a considerazioni geomorfologiche (Russo & Terribile, 1995), si ritiene che tale fase di riempimento lacustre sia proseguita fino al Pleistocene superiore finale.

Durante l'Olocene si è quindi instaurato il sistema geomorfico attuale che ha provocato la reincisione della superficie lacustre e la formazione dei suoli attuali.

La geomorfologia e l'orografia di leggero declivio dell'intero territorio limitrofo escludono fenomeni di alterazione superficiale e, di conseguenza, conferiscono ai terreni interessati, già



pianeggianti, ottime condizioni di stabilità superficiale. Dal punto di vista morfologico, infatti, il sito è caratterizzato da un costante assetto sub-pianeggiante, a volte interrotto da piccoli sbancamenti o pareggiamenti di origine antropica: si nota una copertura uniforme costituita da terreno di riporto, presentante uno spessore pari circa a 1,00 mt.

Non si osservano, pertanto, indizi di instabilità del terreno, legati ad erosione o alla gravità, né si riscontrano fenomeni di dissesto attivi o quiescenti.

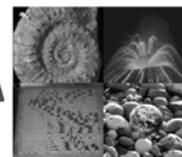
Anche il piano campagna dei terreni circostanti l'area interessata non presenta terrazzamenti, avvallamenti o altre irregolarità morfologiche che possano far pensare a fenomeni di cedimento del terreno in atto.

### **3. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME**

L'area di studio, coincidente con il territorio del comune di Bojano, è situata alle pendici settentrionali dei Monti del Matese.

In particolare, il bacino che sottende la piana occupata dall'abitato moderno e contemporaneo è colmato da depositi lacustri e fluvio-palustri del Pleistocene- Olocene (Coltorti & Cremaschi, 1982; Russo & Terribile, 1995; Brancaccio *et alii*, 1997), a cui si intercalano, a diversi livelli stratigrafici, depositi piroclastici (Brancaccio *et alii*, 1979; Delitala *et alii*, 1983; Van Otterloo & Sevink, 1983), è interessato dalla tettonica estensionale quaternaria ed è sede di attività sismica piuttosto frequente e sostenuta (Brancaccio *et alii*, 1997; Corrado *et alii*, 1997).

Il sistema estensionale di faglie del bacino di Bojano ha direzione principale NO-SE ed è geometricamente e cinematicamente molto articolato; tale sistema è costituito, infatti, da due



famiglie di faglie, la principale con direzione NO-SE, pendenze medio-alte e cinematica normale e l'altra con direzione EO, elevate pendenze e cinematica sia normale che trascorrente e obliqua destra (Naso *et alii*, 1998).

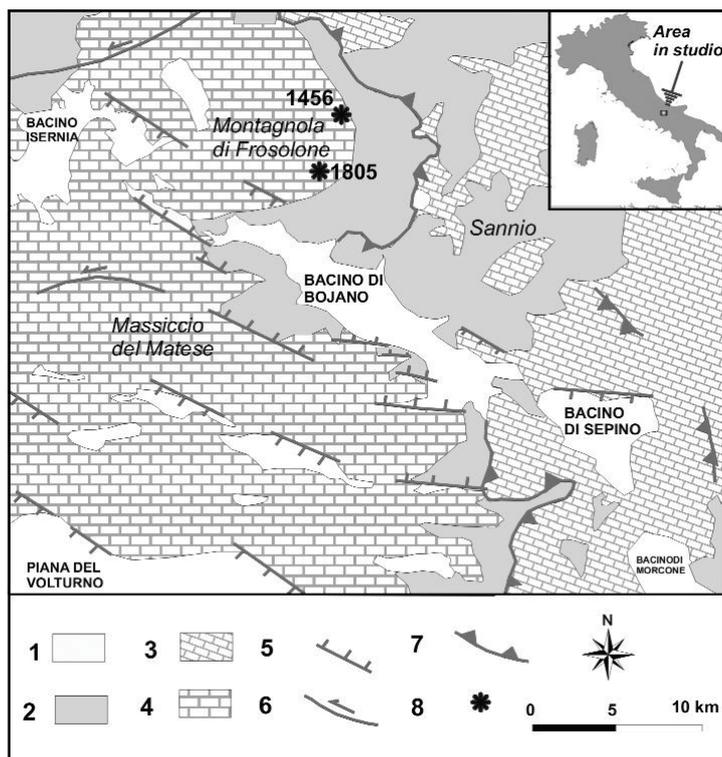
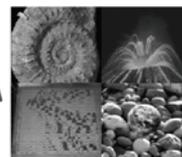
La zona della *master fault*, immergente verso NE, in superficie si sviluppa in una fascia larga circa 2 km e lunga circa 25 km (Naso *et alii*, 1998).

All'attività del sistema estensionale viene attribuito anche l'attuale assetto geologico dei depositi lacustri e piroclastici quaternari presenti nella zona di S. Massimo, rinvenuti a circa 300 m al di sopra del livello attuale della piana (Brancaccio *et alii*, 1979; Naso *et alii*, 1998).

Le formazioni geologiche che costituiscono i versanti della conca di Bojano sono riferibili fondamentalmente a due domini paleogeografici: un dominio di piattaforma carbonatica (Piattaforma abruzzese-campana, D'Argenio *et al.*, 1973) ed un dominio pelagico (Bacino molisano e/o lagonegrese).

Dal punto di vista strutturale, le due unità tettoniche principali (Unità Matese-Monte Maggiore e Falda Sannitica) sono sovrapposte secondo *thrusts* non coassiali rispetto ai domini paleogeografici meso-cenozoici (Di Bucci *et al.*, 1999).

Si riporta, di seguito, uno schema geologico della conca di Bojano e delle aree limitrofe (**Figura 3**):

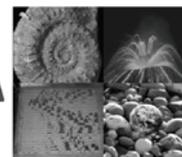


*Fig 3: Schema geologico della conca di Bojano ed aree limitrofe (da Blumetti et al., 2000, modificata). 1. Depositi continentali (Quaternario); 2. Flysch (Miocene); 3. Sequenze pelagiche e di transizioni dell'Unità Sannitica; 4. Sequenze neritiche e di transizione dell'Unità della Piattaforma Appenninica; 5. Faglia diretta (Quaternario); 6. Faglia trascorrente (Pliocene?); 7. Thrust (Neogene). 8. Epicentro di forte terremoto storico.*

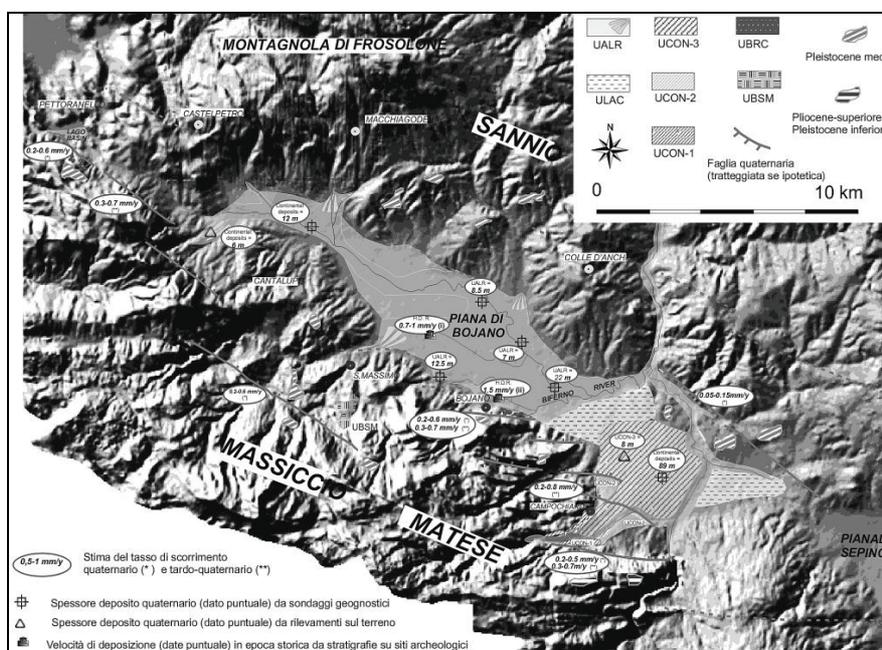
In particolare, l'area di studio sorge su depositi di versante, correlati secondo un criterio di tipo morfo-stratigrafico.

In particolare si distinguono le seguenti unità (**Figura 4**):

- I) **UCON-I**: depositi conglomeratici cementati in facies di conoide alluvionale sospesi di circa 30 metri rispetto agli alvei attuali;
- II) **UCON-II**: depositi conglomeratici cementati in facies di conoide alluvionale sospese di 15-20 metri rispetto agli alvei attuali;
- III) **UCON-III**: depositi conglomeratici cementati in facies di conoide alluvionale sospese di circa 10 metri rispetto agli alvei attuali;

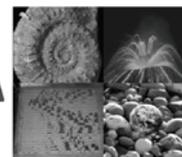


- IV) **ULAC**: depositi lacustri e palustri di riempimento della conca di Bojano;
- V) **UALR**: depositi sciolti in facies fluviale e di conoide deposti nelle aree golenali del Biferno e dei suoi affluenti;
- VI) **UBSM**: depositi di ambiente lacustre prevalentemente limosi, stratificati, con intercalazioni di materiale vulcanoclastico. Costituiscono lembi relitti riferibili al cosiddetto Bacino di S. Massimo (Brancaccio et al., 1979);
- VII) **UBRC**: depositi di versante e di conoide tipo breccie e conglomerati cementati, sospesi a varie altezze sui versanti, di età difficilmente collocabile.



**Fig 4: Sintesi dei dati stratigrafici, geomorfologici e geologico-strutturali della conca di Bojano.**

Sulla base delle enunciazioni fino ad ora prodotte è quindi possibile affermare che l'area di studio è caratterizzata dall'affioramento di **facies alluvionali di sedimentazione Pleistocenica** costituite da **ghiaie sabbiose, sabbie argillose e limi argillosi** in genere da sciolti a scarsamente addensati.



## 4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO

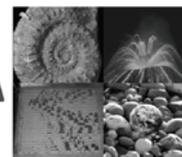
Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici del territorio i cui è compresa l'area allo studio, la circolazione delle acque superficiali risente fortemente delle caratteristiche litologiche locali, essendo condizionata essenzialmente dall'assetto litostratigrafico e dall'urbanizzazione.

In relazione al primo fattore, da un punto di vista generale, bisogna tener presente che i **litotipi carbonatici** favoriscono l'infiltrazione idrometeorica, in virtù di una permeabilità secondaria dovuta alla fratturazione, consentendo un buon drenaggio sotterraneo: in questi terreni le acque meteoriche, infiltrandosi in profondità, possono dar luogo a falde idriche, sostenute dai livelli meno permeabili presenti a varie altezze stratigrafiche.

I **litotipi appartenenti alle facies terrigene** risultano al contrario meno permeabili, non consentendo alle acque un buon deflusso nel sottosuolo e favorendo il ruscellamento e l'imbibizione delle porzioni più superficiali del terreno.

I **depositi eluvio-colluviali**, i **riporti antropici**, i **depositi detritici e di frana** e **le alluvioni** sono infine caratterizzati da una grande facilità di imbibizione, ma da una permeabilità piuttosto bassa o comunque variabile in relazione alle loro caratteristiche granulometriche: in generale questi terreni tendono quindi ad imbibirsi facilmente nelle porzioni superficiali, dando talvolta origine a fenomeni gravitativi superficiali (tipo soliflusso).

Riguardo alla caratterizzazione dei parametri idrologici ed idrogeologici validi per l'area di studio, inoltre, in seguito ai rilievi effettuati, è possibile affermare che sia presente una **diffusa falda idrica ipogea libera**, con flusso sotterraneo diretto verso il recapito torrentizio costituito dal "*Torrente Callora*"; l'altezza del livello piezometrico risulta, inoltre, davvero poco variabile durante tutto l'anno idrogeologico, con un valore medio di 2.50 m dal P.C.; durante il rilevamento, la quota piezometrica stessa è stata individuata ad una profondità di circa 2,20 m dal P.C.; come appare



chiaramente dai numerosi indizi riscontrati nei dintorni del lotto investigato, si nota, ciononostante, che tale corpo idrico ipogeo possa addirittura risultare affiorante o sub-affiorante in periodi di *morbida idrogeologica*.

Per quanto riguarda gli aspetti idrologici, va sottolineato che l'assetto pianeggiante di tutto il sito favorisce il ristagno idrico in corrispondenza di eventi piovosi anche di non rilevante entità.

La raccolta e lo smaltimento delle acque piovane avviene con una certa lentezza, anche per la presenza di terreno vegetale con una significativa componente argillosa nei primi decimetri di profondità, al di sotto della copertura a terreno di riporto, che non favorisce di certo l'infiltrazione delle acque meteoriche ed il loro rapido allontanamento in profondità attraverso i terreni sottostanti che presentano una maggiore permeabilità: di conseguenza si riscontra un'elevata concentrazione di umidità nel terreno.

Dalle stratigrafie dei sondaggi consultate è emerso, inoltre, un sostanziale alternarsi in profondità di orizzonti ciottolosi in matrice sabbiosa, molto permeabili per porosità, di orizzonti prevalentemente argilloso-limosi, caratterizzati da bassa permeabilità per porosità, e di livelli granulari costituiti da sabbie limose, a permeabilità intermedia rispetto ai precedenti.

Tale condizione stratigrafica determina dei continui limiti di permeabilità nel sottosuolo, che causano da un lato l'innescò di microdeflussi ipodermici nei livelli più grossolani, dall'altro la formazione di ristagni idrici negli orizzonti granulari, sostenuti dai livelli più pelitici.

I valori di permeabilità attribuiti ai terreni presenti sono tratti dallo studio geologico eseguito per la realizzazione del **P.R.G.** del Comune di Bojano:

**terreno vegetale e di riporto  $K = 10^{-2} \div 10^{-4}$  cm/sec**

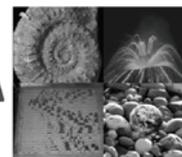
**terreni fluvio-lacustri  $K = 10^{-6} \div 10^{-8}$  cm/sec**

**PAGINA 11 di 36**

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**GEOLOGO VINCENZO CORTESE - GEOLOGO SALVATORE MORRONE - GEOLOGO RAFFAELE BRUNO**  
**INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)**

**TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991 - 339.6735839 - 349.0947466**  
**E-MAIL: vincenzocortese@live.it - morronesal@alice.it - raf\_bruno@email.it**



## 5. CAMPAGNA DI RILEVAMENTO ED INDAGINI ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

I terreni presenti nel sito sono caratterizzati da una grande variabilità laterale e verticale.

Sono riconducibili a formazioni costituite da sedimenti argilloso-limosi e a sabbie, in copertura ad una successione flyschoidale direttamente tamponante gli ammassi calcarei del massiccio del Matese.

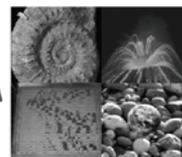
Per la ricostruzione della serie litostratigrafica locale è stato eseguito un rilevamento geologico di dettaglio esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse. Sono state inoltre analizzate le **risultanze di una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche condotta nell'area di intervento.**

Le indagini geognostiche e geotecniche in situ consistono in:

- n° 1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, denominato S1 e spinto fino alla profondità dal p.c di 20 m.
- n° 6 prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT (Standard Penetration Test), eseguite a diverse profondità nel foro di sondaggio.

*Le indagini geognostiche e geotecniche in situ* sono state eseguite, nel mese di Agosto 2013, dalla **Impresa Certificata a livello ministeriale** denominata **ALBANESE PERFORAZIONI s.r.l.**, con sede in **Ripalimosani (CB)**.

**Nell' ALLEGATO N. 1 sono riportati i certificati relativi alle INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE IN SITU ESEGUITE NELL'AREA DI INTERVENTO.**

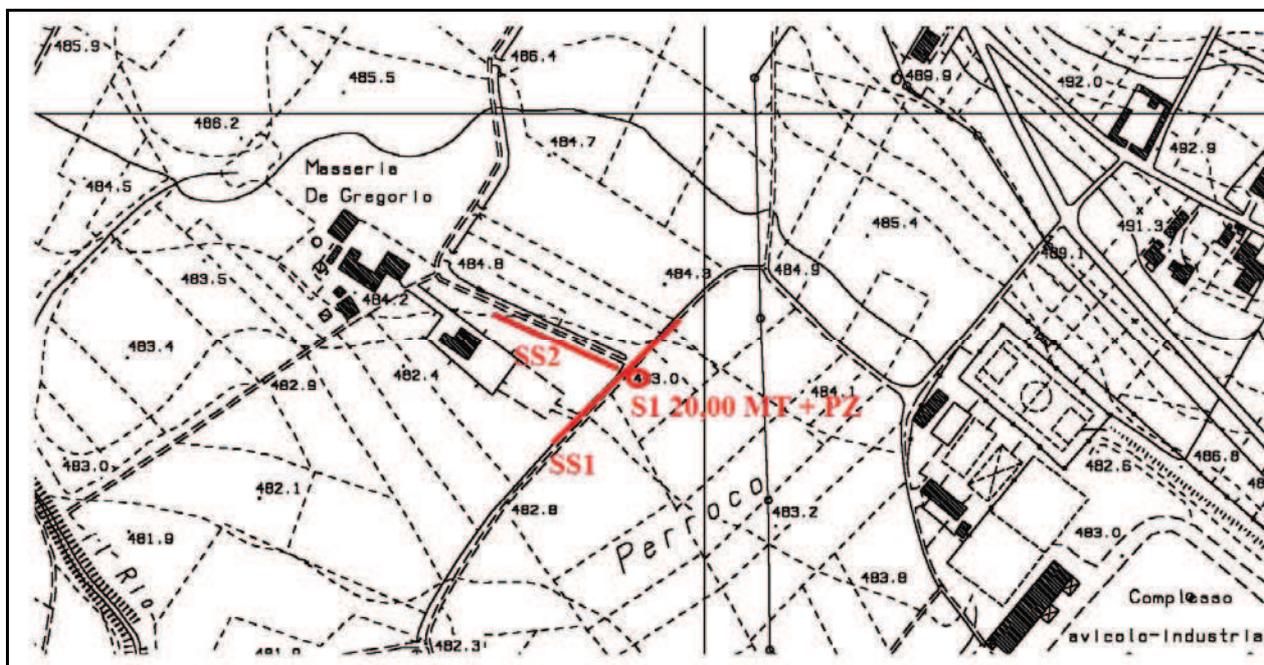


Le indagini geofisiche eseguite in sito sono costituite, nello specifico, da:

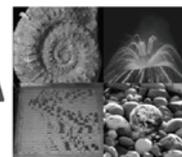
- n° 02 prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica, allo scopo di ottenere delle sezioni sismiche da interpretare in chiave geologico-tecnica;
- n° 02 prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine MASW, necessarie per la **misurazione del valore delle  $V_{s30}$** , ovverosia per classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle N.T. vigenti.

Le **indagini geofisiche** sono state eseguite dalla **Ditta GEOSECURE s.a.s.**, con sede in Bojano (CB), nel mese di AGOSTO 2013: nell'**ALLEGATO 2** sono riportati **gli elaborati relativi alle indagini geofisiche eseguite**.

La **corretta ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di intervento** è riportata nella **Figura n. 5**.



*Fig 5: Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di intervento.*



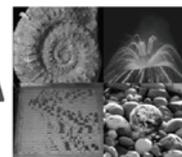
I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione della prospezione con metodologia di indagine "MASW" hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- $V_{s30}$  SS1 pari a 238 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.
- $V_{s30}$  SS2 pari a 226 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica MASW il valore di  $V_{s30}$  valido per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella categoria di tipo C: tale sottosuolo è definito come *““Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*, secondo il DM 14 Gennaio 2008, Nuove norme tecniche per le costruzioni”, **secondo il D.M. 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.**

## **6. MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO**

La consultazione dei **dati di Letteratura** disponibili per l'area di studio, la **diretta osservazione di campo** ottenuta durante il **rilevamento geologico di dettaglio**, effettuato sia direttamente nell'area di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e la **ricostruzione lito-stratigrafica** derivante dalla realizzazione del **sondaggio geognostico** eseguito nel sito di intervento, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

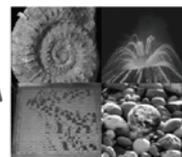


Per il sito di specifico interesse è pertanto possibile definire il seguente **modello geologico preliminare**:

- **0,00 mt ÷ 1,50 mt = Terreno di riporto passante verso il basso a terreno vegetale di origine eluvio-colluviale con rari frammenti litici di origine calcarea;**
- **1,50 mt ÷ 3,90 mt = Limi argillosi di colore avana con inclusi rari lapidei, poco consistenti;**
- **3,90 mt ÷ 4,60 mt= Sabbia limosa giallastra con a luoghi frammenti eterometrici sub-arrotondati prevalentemente calcarei;**
- **4,60 mt ÷ 4,90 mt = Limi argillosi di colore avana con inclusi rari lapidei, poco consistenti;**
- **4,90 mt ÷ 20,00 mt = Argille grigiastre debolmente limose, presentanti media consistenza nelle posizioni più superficiali; la consistenza stessa migliora costantemente con l'aumentare della profondità e risulta essere buona verso fondo foro; da segnalare livelletti di ghiaie sabbiose costituite prevalentemente da ciottoli calcarei sub-arrotondati tra le progressive 6,30 - 6,50 // 12,40 - 12,60 // 17,00 - 17,30 // 19,00 - 19,40.**

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Dall'esecuzione delle prospezioni geotecniche in sito di tipo **SPT** eseguite nell'area è stato possibile produrre le seguenti tabelle mostranti i parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione e i parametri sismici ed elastici ricavati dall'esecuzione delle prospezioni geofisiche:



## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7	1,85	Terzaghi-Peck	0,44
Strato 2	13	3,05	Terzaghi-Peck	0,88
Strato 3	28	4,05	Terzaghi-Peck	1,89
Strato 4	20	5,55	Terzaghi-Peck	1,35
Strato 5	14	7,95	Terzaghi-Peck	0,95
Strato 6	16	9,95	Terzaghi-Peck	1,08

### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7	1,85	Robertson (1983)	14,00
Strato 2	13	3,05	Robertson (1983)	26,00
Strato 3	28	4,05	Robertson (1983)	56,00
Strato 4	20	5,55	Robertson (1983)	40,00
Strato 5	14	7,95	Robertson (1983)	28,00
Strato 6	16	9,95	Robertson (1983)	32,00

### Modulo Edometrico

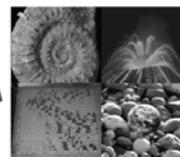
	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7	1,85	Stroud e Butler (1975)	32,12
Strato 2	13	3,05	Stroud e Butler (1975)	59,64
Strato 3	28	4,05	Stroud e Butler (1975)	128,46
Strato 4	20	5,55	Stroud e Butler (1975)	91,76
Strato 5	14	7,95	Stroud e Butler (1975)	64,23
Strato 6	16	9,95	Stroud e Butler (1975)	73,41

### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7	1,85	Apollonia	70,00
Strato 2	13	3,05	Apollonia	130,00
Strato 3	28	4,05	Apollonia	280,00
Strato 4	20	5,55	Apollonia	200,00
Strato 5	14	7,95	Apollonia	140,00
Strato 6	16	9,95	Apollonia	160,00

### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	7	1,85	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	13	3,05	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 3	28	4,05	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 4	20	5,55	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 5	14	7,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 6	16	9,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE



## Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	7	1,85	Meyerhof ed altri	1,86
Strato 2	13	3,05	Meyerhof ed altri	2,04
Strato 3	28	4,05	Meyerhof ed altri	2,14
Strato 4	20	5,55	Meyerhof ed altri	2,10
Strato 5	14	7,95	Meyerhof ed altri	2,05
Strato 6	16	9,95	Meyerhof ed altri	2,08

## Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	7	1,85	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,90
Strato 2	13	3,05	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 3	28	4,05	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,31
Strato 4	20	5,55	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 5	14	7,95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 6	16	9,95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

## Determinazione Vs30 – Stendimento SS1

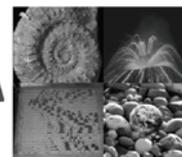
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	h/Vs
1	15.00	200	0.075
2	15.00	295	0.051
	30.00	Σ	0.126
<b>Vs30 (m/s)</b>	238		

**Classificazione Sottosuolo:  
Categoria Tipo C**

## Determinazione Vs30 – Stendimento SS2

Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	h/Vs
1	14.00	180	0.078
2	16.00	290	0.055
	30.00	Σ	0.133
<b>Vs30 (m/s)</b>	226		

**Classificazione Sottosuolo:  
Categoria Tipo C**



## 7. MODELLIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA INVESTIGATA

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

Determinare il comportamento di un litotipo, vale a dire la risposta a sollecitazioni costanti o variabili nel tempo, significa definire la o le relazioni sforzo-deformazioni sue caratteristiche, tramite i Moduli Elastici.

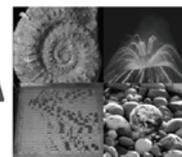
In particolare, in un contesto di prevenzione da rischio sismico, di notevole importanza è la valutazione della “**Risposta sismica locale**”, che consiste nel definire come i terreni più superficiali d'interesse ingegneristico, rispondono alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico, modificandone le caratteristiche spettrali, nel senso di amplificazioni e/o attenuazioni in termini di ampiezze delle onde.

Da tali modifiche, è noto, dipendono i maggiori danni alle strutture durante una scossa di terremoto, poiché la vulnerabilità di un edificio è funzione oltre che della durata e dell'intensità della sollecitazione, principalmente dall'ampiezza delle onde di Taglio.

L'assetto litostratigrafico locale del sito investigato, e comunque di gran parte dell'intero territorio comunale, rappresenta, da questo punto di vista, una tipica “situazione geologica a Rischio”, per la notevole possibilità che si verifichino fenomeni di amplificazioni o risonanze dei sistemi terreno-strutture.

La ricostruzione della successione litostratigrafica dedotta dai sondaggi effettuati prevede una alternanza di materiale di copertura di tipo argilloso-limoso alterato, su un substrato costituito da argille marnose molto consistenti con caratteristiche pseudo-litoidi.

Una tale situazione geolitologica nonché geomeccanica, fa sì che uno sciame sismico che percorre lo strato litoide (basamento con  $V_s > 800$  m/sec), presenta delle velocità delle onde sismiche di



taglio abbastanza elevate, ma tutte le onde vengono attenuate secondo una ben determinata legge di attenuazione (resta sempre valida la regola generale che i danni prodotti e quindi la distribuzione degli effetti, sono funzione inversa alla distanza dalla sorgente e dal meccanismo di liberazione dell'energia).

Viceversa i terreni sciolti più superficiali, a differenza del basamento litoide che ha una risposta elastica alle sollecitazioni, tendono ad avere un comportamento visco-elastico, e quindi attenuano certe frequenze, mentre ne amplificano altre.

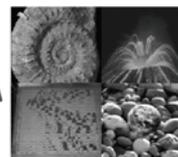
Alla luce di quanto detto, vista la possibilità oggettiva che alcune frequenze subiscano un'amplificazione (da tenere ben presente nel calcolo strutturale degli edifici da realizzare), risulta importante verificare attentamente la “**Risposta sismica locale**” del sito oggetto di studio.

## **RIFERIMENTI VALIDI PER L'AREA ALLO STUDIO**

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3234** del 29 luglio 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 1 (Comune di Bojano)**.

E' quindi necessario comunicare ai Progettisti che in fase di calcolo delle strutture in progetto sarà necessario tener conto di un incremento di spinta legato ad azioni sismiche agenti di taglio.

I dati di letteratura mostrano, inoltre, che la zona di studio ed è situata in un'area caratterizzata da spessori della coltre di copertura inferiori a 30,00 metri e quindi potrebbe essere interessata da **possibili fenomeni di amplificazione di sito per frequenze inferiori ad 1 Hz**.

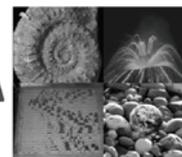


## CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Riguardo alla classificazione sismica dei suoli di fondazione in situ prevista dalla Normativa in vigore (D.M. 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), vengono identificate n° 5 classi (denominate rispettivamente A, B, C, D e E) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi fra 180 e 360 m/s (<math>15 &lt; N_{spt,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa, <math>70 &lt; c_{u30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</u>
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ( $V_{s30} > 800$ m/s).



Per  $V_{s30}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

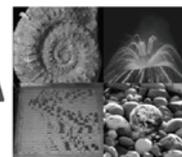
Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (o $10 < cu_{30} < 20$ ), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

Per il suolo di fondazione della zona di studio le  $V_{s30}$  mostrano i seguenti valori :

- $V_{s30}$  **SS1** pari a **238 m/s** per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.
- $V_{s30}$  **SS2** pari a **226 m/s** per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di  $V_{s30}$  valido per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come ““*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s”, secondo il DM 14 Gennaio 2008, Nuove norme tecniche per le costruzioni”, **secondo il D.M. 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.**



## STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Il **D.M. 14 gennaio 2008** (*Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche*) decreta che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "**pericolosità sismica di base**" del sito di costruzione.

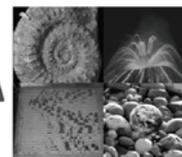
Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La **pericolosità sismica** è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR**, nel periodo di riferimento **VR**.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **PVR**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** = accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- **Tc\*** = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



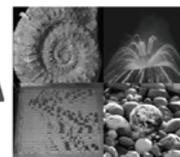
Nella presente relazione, per il sito considerato, sono forniti valori di **ag**, **Fo** e **Tc\*** necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Il "**range**" dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo del sito in oggetto, risulta caratterizzato da valori delle **V<sub>s30</sub>** riconducibili alla Categoria di Suolo di tipo C. Come anzi detto, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico.

Una volta individuate le coordinate del sito in oggetto sono state inserite nel programma che, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo, ha ricavato i valori di **Ag**, **Fo** e **Tc\*** riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), ossia in assenza di effetti locali.

Questi parametri degli spettri di risposta come detto in precedenza sono relativi ad un sito privo di effetti al suolo, ossia senza effetti locali stratigrafici e topografici.

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento **Ss** e **Cc** in funzione della **categoria di sottosuolo** di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico **Ts**.



Nelle *tabelle* successive vengono riportati i **range di variabilità dei coefficienti di amplificazione**:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
→ T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

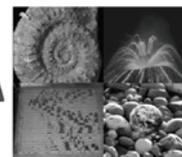
*Tabella 1: Valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica  $S_T$  per le diverse categorie topografiche.*

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{i_C} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
→ C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{i_C} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{i_C} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{i_C} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

*Tabella 2: Espressioni di calcolo dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica  $S_s$  e  $C_c$  per le diverse categorie di suolo.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
→ T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $\geq 30^\circ$

*Tabella 3: Categorie di amplificazione topografica.*



Dalle analisi geologiche, geomorfologiche, geognostiche e geotecniche effettuate, si evince che, per il sito in oggetto, può essere ragionevolmente assegnata una categoria di amplificazione topografica di **tipo T1** ossia assimilabile a *zona sub-pianeggiante* o con pendenza  $i < 15^\circ$ .

Il passo successivo consiste nella valutazione dell'**accelerazione massima attesa al sito (amax)**, che viene riportata di seguito nella seguente espressione:

$$a_{max} = a_g * S_s * S_t$$

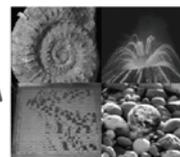
L'accelerazione massima attesa **amax** è fornita in  $m/s^2$  (dal valore nominale di **ag(g)**), accelerazione massima attesa al sito, si passa ad **ag** ( $m/s^2$ ) moltiplicando per 9.81.

Infine, si passa alla determinazione del **Coefficiente Sismico orizzontale (Kh)** e **Coefficiente Sismico verticale (Kv)**, seguendo le seguenti relazioni:

- **Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = \beta S * a_{max} / g$**  (per fondazioni)
- **Coefficiente sismico verticale  $K_v = 0.5 K_h$**  (per fondazioni)

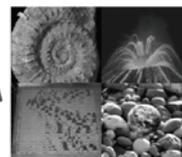
In definitiva l'analisi degli spettri di risposta è completata in funzione dell'incremento relativo alla **Classe d'uso della struttura in oggetto** e alla **Vita Nominale dell'opera**, ulteriormente incrementata con i **Coefficienti Stratigrafici e Topografici** di cui sopra e verificata agli **Stati Limiti** così come previsto da norma.

Nella **tabella** seguente sono riportati i valori dell'accelerazione del suolo orizzontale di picco  $a_g$  espressi in percentuale di g, riferiti ad ogni zona omogenea di riferimento, tali valori sono riferiti alle accelerazioni attese in seguito ad un evento sismico in siti su roccia o suolo molto rigido (*bedrock*) con  $V_s > 800$  m/s.



Zona sismica (livello di pericolosità)	Accelerazione orizzontale massima con prob. di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )
<b><u>1 (alto)</u></b>	<b><u><math>\geq 0,25</math></u></b>
2 (medio)	0,15 – 0,25
3 (basso)	0,05 – 0,15
4 (minimo)	$< 0,05$

Si riportano di seguito, infine, i **Parametri Sismici fondamentali** validi per il sito in esame ed il **Report inerente gli spettri di risposta elastici in accelerazione** delle componenti orizzontali e verticali, calcolati con software dedicati.



### Cerca Posizione

Via  n°

Comune  Cap

Provincia

---

Coordinate WGS84

Latitudine  °

Longitudine  °

Isole

### Determinazione dei parametri sismici

(1)\* Coordinate WGS84  
Lat.  ° Long.  °

(1)\* Coordinate ED50  
Lat.  ° Long.  °

Classe dell'edificio  
 Cu = 1

Vita nominale   
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Map data ©2013 Google -  
41.50374, 14.477899

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,067	2,373	0,280
Danno (SLD)	50	0,087	2,353	0,296
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,266	2,330	0,370
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,363	2,320	0,394

Periodo di riferimento per l'azione sismica:

### Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno  Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

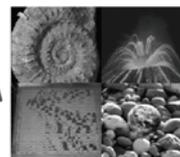
Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,33	1,19
Cc* Coeff. funz categoria	1,60	1,57	1,46	1,43
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,020	0,026	0,099	0,121
kv	0,010	0,013	0,049	0,060
Amx [m/s²]	0,978	1,281	3,463	4,237
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

\* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.



## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

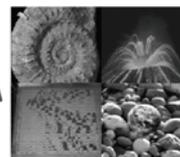
Coefficiente  $c_u$ : 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,067	2,373	0,280

Danno (SLD)	63	50	0,087	2,353	0,296
Salvaguardi a della vita (SLV)	10	475	0,266	2,330	0,370
Prevenzion e dal collasso (SLC)	5	975	0,363	2,320	0,394

## Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,600	1,000	0,020	0,010	0,978	0,200
SLD	1,500	1,570	1,000	0,026	0,013	1,281	0,200
SLV	1,330	1,460	1,000	0,099	0,049	3,463	0,280
SLC	1,190	1,430	1,000	0,121	0,060	4,237	0,280



## 8. CONCLUSIONI

L'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI BOJANO (CB) ha incaricato, con **Determina n. 84 del 01/08/2013**, il sottoscritto Geologo Vincenzo CORTESE, iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Molise al N° 155 della Sezione A “**Geologi Specialisti**”, titolare dello **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** sito in BOJANO (CB) alla Via Barcellona n° 20, di effettuare la **Relazione Geologica** relativa ai **LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA “STRADA DI SERVIZIO ALL’AREA PRODUTTIVA” IN LOCALITA’ MONTEVERDE DEL COMUNE DI BOJANO.**

E' stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

In seguito, sono stati compiuti altri sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.

Il lavoro, nel rispetto delle **N.T.C. 2008**, ha avuto lo scopo di:

- *definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell'area;*
- *valutare l'assetto litostratigrafico dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 14 Gennaio 2008.*

Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

- nella prima fase è stata effettuata una analisi geomorfologica, idrogeologica, geologica e tettonica della zona in cui ricade l'area oggetto di studio;
- nella seconda fase è stato realizzato un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche in situ.

**PAGINA 29 di 36**

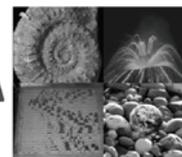
**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**GEOLOGO VINCENZO CORTESE - GEOLOGO SALVATORE MORRONE - GEOLOGO RAFFAELE BRUNO**

**INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)**

**TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991 - 339.6735839 - 349.0947466**

**E-MAIL: vincenzocortese@live.it - morronesal@alice.it - raf\_bruno@email.it**



Circa la caratterizzazione topografica e geomorfologica della zona di studio, il sito di ubicazione della zona allo studio ricade nell'elemento n. 405101 della **Carta Tecnica Regionale** alla scala 1: 5.000, edita dalla Regione Molise.

La geomorfologia e l'orografia di leggero declivio dell'intero territorio limitrofo escludono fenomeni di alterazione superficiale e, di conseguenza, conferiscono all'appezzamento di terreno interessato, già pianeggiante, la migliore stabilità superficiale per l'edificazione.

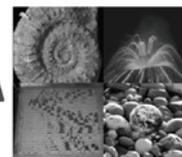
Dal punto di vista morfologico, infatti, il sito è caratterizzato da un costante assetto sub-pianeggiante, a volte interrotto da piccoli sbancamenti o pareggiamenti di origine antropica: si nota una copertura uniforme costituita da terreno di riporto antropico, presentante uno spessore pari circa a 1,00 mt.

Non si osservano, pertanto, indizi di instabilità del terreno, legati ad erosione o alla gravità, né si riscontrano fenomeni di dissesto attivi o quiescenti.

Anche il piano campagna dei terreni circostanti l'area interessata non presenta terrazzamenti, avvallamenti o altre irregolarità morfologiche che possano far pensare a fenomeni di cedimento del terreno in atto.

Non si osservano fenomeni di erosione legati a dilavamento areale, concentrato o a ruscellamento.

**Per quanto sopra descritto, l'area di studio, dal punto di vista strettamente geomorfologico, non è interessata da fenomeni sia in atto che potenziali che nel presente o nel futuro potrebbero interessare o influenzare l'amplificazione sismica locale e compromettere la fattibilità dell'opera.**



Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici del territorio i cui è compresa l'area allo studio, la circolazione delle acque superficiali risente fortemente delle caratteristiche litologiche locali, essendo condizionata essenzialmente dall'assetto litostratigrafico e dall'urbanizzazione.

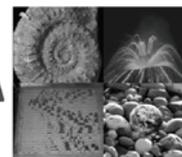
Riguardo alla caratterizzazione dei parametri idrologici ed idrogeologici validi per l'area di studio, inoltre, in seguito ai rilievi effettuati, è possibile affermare che sia presente una **diffusa falda idrica ipogea libera**, con flusso sotterraneo diretto verso il recapito torrentizio costituito dal "TORRENTE CALLORA"; l'altezza del livello piezometrico risulta, inoltre, davvero poco variabile durante tutto l'anno idrogeologico, con un valore medio di 2.50 m dal P.C.; durante il rilevamento, la quota piezometrica stessa è stata individuata ad una profondità di circa 2,20 m dal P.C.; come appare chiaramente dai numerosi indizi riscontrati nei dintorni del lotto investigato, si nota, ciononostante, che tale corpo idrico ipogeo possa addirittura risultare affiorante o sub-affiorante in periodi di *morbida idrogeologica*.

Per la ricostruzione della serie litostratigrafica locale è stato eseguito un rilevamento geologico di dettaglio esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse.

Sono riportate le **risultanze preliminari di una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche condotta nell'area di intervento**.

Le indagini geognostiche e geotecniche in sito consistono in:

- n° 1 **sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo**, denominato S1 e spinto fino alla profondità dal p.c di 20 m.
- n° 6 **prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT (Standard Penetration Test)**, eseguite a diverse profondità nel foro di sondaggio.



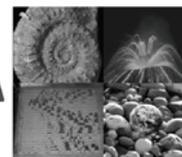
**Le indagini geofisiche eseguite in sito** sono costituite, nello specifico, da:

- n° 02 **prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica**, allo scopo di ottenere delle sezioni sismiche da interpretare in chiave geologico-tecnica;
- n° 02 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine MASW**, necessarie per la **misurazione del valore delle  $V_{s30}$** , ovverosia per classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle N.T. vigenti.

La consultazione dei **dati di Letteratura** disponibili per l'area di studio, la **diretta osservazione di campo** ottenuta durante il **rilevamento geologico di dettaglio**, effettuato sia direttamente nell'area di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e la **ricostruzione lito-stratigrafica** derivante dalla realizzazione del **sondaggio geognostico** eseguito nel sito di intervento, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Per il sito di specifico interesse è pertanto possibile definire il seguente **modello geologico preliminare**:

- **0,00 mt ÷ 1,50 mt = Terreno di riporto passante verso il basso a terreno vegetale di origine eluvio-colluviale con rari frammenti litici di origine calcarea;**
- **1,50 mt ÷ 3,90 mt = Limi argillosi di colore avana con inclusi rari lapidei, poco consistenti;**
- **3,90 mt ÷ 4,60 mt= Sabbia limosa giallastra con a luoghi frammenti eterometrici sub-arrotondati prevalentemente calcarei;**



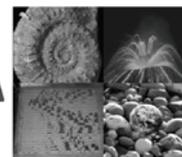
- 4,60 mt ÷ 4,90 mt = Limi argillosi di colore avana con inclusi rari lapidei, poco consistenti;
- 4,90 mt ÷ 20,00 mt = Argille grigiastre debolmente limose, presentanti media consistenza nelle posizioni più superficiali; la consistenza stessa migliora costantemente con l'aumentare della profondità e risulta essere buona verso fondo foro; da segnalare livelletti di ghiaie sabbiose costituite prevalentemente da ciottoli calcarei sub-arrotondati tra le progressive 6,30 - 6,50 // 12,40 - 12,60 // 17,00 - 17,30 // 19,00 - 19,40.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione della prospezione con metodologia di indagine "MASW" hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- $V_{s30}$  SS1 pari a 238 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.
- $V_{s30}$  SS2 pari a 226 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt.

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica MASW il valore di  $V_{s30}$  valido per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*, secondo il DM 14 Gennaio 2008, Nuove norme tecniche per le costruzioni”, **secondo il D.M. 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.**

**Per ciò che concerne le caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti nel lotto investigato, i dati di letteratura e le indagini geotecniche *in situ* ed in laboratorio eseguite per il presente lavoro mostrano che la zona di studio è compresa nell'Unità litotecnica L 5.c caratterizzata da depositi di**



materiali granulari sciolti o poco addensati a prevalenza fine; il comportamento in sito degli stessi è legato alla genesi secondaria e alla natura del deposito; la risposta meccanica è sempre scadente visto che comunque i materiali hanno subito un trasporto gravitativo; la permeabilità è sempre molto variabile ed è legata alla natura, omogeneità o eterogeneità del terreno.

E' stata infine effettuata la **Microzonazione Sismica** valida per il lotto di terreno investigato: **i dati di letteratura e le indagini geotecniche *in situ* eseguite per il presente lavoro mostrano che la zona di studio è compresa nell'area caratterizzata da spessori della coltre alluvionale superiori a 200 metri e con possibili fenomeni di amplificazione per frequenze inferiori ad 1 Hz.**

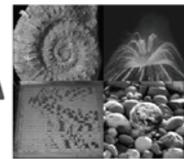
Il sito in esame, infine, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3234** del 29 luglio 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"**, è compreso in **ZONA SISMICA 1 (Comune di BOJANO)**.

E' quindi necessario comunicare ai Progettisti che in fase di calcolo delle strutture in progetto sarà necessario tener conto di un incremento di spinta legato ad azioni sismiche agenti di taglio.

**Pertanto, per il dimensionamento delle opere d'arte previste per gli interventi di natura edile è prevista l'adozione, con le relative prescrizioni, delle norme tecniche emanate con D.M. 14.1.2008 ai sensi delle Leggi 1086 del 1971 e 64 del 1974, poi diventate D.P.R. 380 del 2001.**

## IL GEOLOGO

Dott. Vincenzo CORTESE



## **ALLEGATO N. 1**

# **INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE**

**PAGINA 35 di 36**

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**GEOLOGO VINCENZO CORTESE - GEOLOGO SALVATORE MORRONE - GEOLOGO RAFFAELE BRUNO**

**INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)**

**TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991 - 339.6735839 - 349.0947466**

**E-MAIL: vincenzocortese@live.it - morronesal@alice.it - raf\_bruno@email.it**



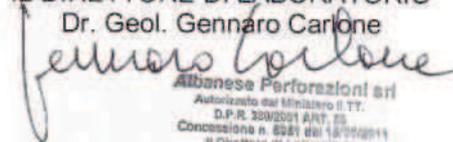
**COMMITTENTE:**  
**COMUNE DI BOJANO**  
**PROVINCIA DI CAMPOBASSO**

**ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA  
PRODUTTIVA LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)**

**CERTIFICATO N. 15 /2013**

RIPALIMOSANI, AGOSTO 2013

IL DIRETTORE DI LABORATORIO  
Dr. Geol. Gennaro Carbone



Albanese Perforazioni srl  
Autorizzato dal Ministero D.T.T.  
D.P.R. 380/2001 ART. 59  
Concessione n. 5281 del 12/09/09  
Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Gennaro Carbone

**CERTIFICATO DI PROVA N. 15 DEL 05 AGOSTO 2013**

Rif. Verbale di accettazione n. 13 DEL 01 AGOSTO 2013

Committente: COMUNE DI BOJANO

Richiedente : DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Direttore dei lavori: DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Oggetto : ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)

Data Inizio Operazioni: 02 AGOSTO 2013

Data Fine Operazioni : 02 AGOSTO 2013

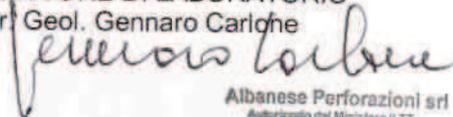
Allegati: Quaderno d'indagine n. 15 / 2013 con l'indicazione dei seguenti aspetti:

- Ubicazione dettagliata dei punti d'indagine
- Attrezzo di perforazione, metodo di perforazione e tipo di rivestimento
- Tipo e caratteristiche dell'attrezzatura per le prove penetrometriche e scissometriche
- Data di inizio delle operazioni
- Data di ultimazione delle operazioni
- Misure, esami e loro risultati corredati da fotografie
- Rilievo stratigrafico con l'indicazione delle date di inizio e fine della perforazione, il diametro di perforazione, il diametro degli eventuali rivestimenti, i campioni prelevati ed il tipo di campionatore usato, la profondità e la data di prelievo, eventuali strumentazioni in foro
- Rilievo della falda nel corso della perforazione

Anomalie riscontrate: -----

NB: Questo certificato consta di n. 2 pagine

IL DIRETTORE DI LABORATORIO  
Dr. Geol. Gennaro Carbone



Albanese Perforazioni srl  
Autorizzato dal Ministero di TT  
D.P.R. 380/2001 ART. 59  
Concessione n. 5501 del 15/05/2011  
Il Direttore di Laboratorio  
Dr. Geol. Gennaro Carbone



Albanese Perforazioni srl  
 Aut. Min. Infrastr. n. 111  
 S.P.A. S. 111 ART. 59  
 Consorzio n. 5181 del 15/06/2011  
 100 Vettore di Campagna  
 Dott. Geol. Giovanni Carone

**Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11**  
 per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui  
 all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

## ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE

Le perforazioni sono state eseguite mediante sonda a rotazione CMV MK600 D MATR. 1661 con movimentazioni a cingoli, ralla rotativa, antenna di perforazione in struttura di profilati in acciaio, reclinabile e con pompa acqua reclinabile a comando idraulico le cui caratteristiche principali sono:

Sottocarro allargabile FL4  
Lunghezza 2540 mm  
Larghezza 1600 mm  
Larghezza pattini 30 mm  
Rulli 7  
Stabilizzatori 4  
Peso totale 5700 Kg

Motore Diesel Deuts BF4M 1011 f  
Potenza 51/70 hp  
Insonorizzazione LpA -Lwa 86-103 db

Serbatoio Carburante 70Lt  
Serbatoio olio idraulico 210 Lt

Antenna  
Lunghezza min. 5175 mm  
Corsa tavola rotary 3300 mm  
Spinta sull'utensile 2600 Kg  
Forza di estrazione 3800 Kg  
Traslazione verticale 500 mm  
Inclinazione antenna sx/dx 90°  
Rotazione Pantografo sx/dx 20°

Morse di bloccaggio diam. 50-220 mm  
Svitatrice diam. 50-220 mm

Argano Idraulico  
Tiro al 1° strato 1000 Kg  
Capacità tamburo 52 m

Rotary  
Coppia min-max 200-600 Kgm  
Velocità min-max 56-170 rpm  
Passaggio testa di adduzione 1/2" - 1 n  
Spostamento laterale rotary 350 mm

Accessori  
Lubrificatore di linea 3 lt  
Pompa acqua 120 lt/min 20 bar  
Pompa scarotrice 15 lit/min 150 bar  
Pompa schiumogeni 30 lit/min 30 bar

Aste di perforazione  
Diametro esterno 76 mm con raccordo conico  
Peso 14,5 Kg/m  
Lunghezza 1000 mm ; 1500 mm ; 3000 mm

La Perforazione è stata eseguita con aste e carotieri semplici di diametro esterno di 101 mm, con corone al widia della lunghezza di mm. 1500, facendo ricorso in quanto necessario a tubazione di rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm

L'avanzamento in fase di perforazione è stato condotto a secco o comunque riducendo al minimo l'utilizzo di fluidi di perforazione, per garantire un campionamento rappresentativo dei terreni, senza dilavamento della frazione fine, il posizionamento del rivestimento provvisorio è stato effettuato mediante impiego di fluido di circolazione a bassa pressione costituito da acqua limpida;

I testimoni di terreno prelevati sono stati ordinati in successione continua in apposite cassette catalogatrici con coperchio di protezione in pvc delle dimensioni di cm. 100x50 le quali sono state fotografate singolarmente ;

### **Prove penetrometriche in foro (SPT)**

Le prove sono state eseguite all'interno dei fori di sondaggio in corrispondenza dei livelli litologici ritenuti piu' rappresentativi dal Direttore del Laboratorio. Le prove sono state effettuate utilizzando una massa battente pari a 63.5 Kg(+ o - 1,0 Kg) ed un dispositivo di sollevamento a sgancio automatico che consente la caduta libera del maglio da una altezza di 0.76 m (+o- 0.02 m).

La pulizia del foro prima dell'esecuzione di ogni prova è stata garantita eseguendo una apposita manovra.

a carotaggio continuo										
Pz metri lan	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
						S.P.T.	N			
1									1.0	Terreno di riporto passante verso il basso a terreno vegetale di origine eluvio-colluviale con rari frammenti litici di origine calcarea;
2					3-3-4	7				Limi argillosi di colore avana con inclusi rari lapidei, poco consistenti;
3					3-6-7	13				
4					8-6-12	18				
5								3.9		Sabbia limosa giallastra con a luoghi frammenti eterometrici sub-arrottonati prevalentemente calcarei;
6								4.6		Limi argillosi di colore avana con inclusi rari lapidei, poco consistenti;
7					5-9-11	20		4.9		
8										Argille grigiastre debolmente limose, presentanti media consistenza nelle posizioni più superficiali; la consistenza stessa migliora costantemente con l'aumentare della profondità e risulta essere buona verso fondo foro; da segnalare livelletti di ghiaie sabbiose costituite prevalentemente da ciottoli calcarei sub-arrottonati tra le progressive 6,30 - 6,50 // 12,40 - 12,60 // 17,00 - 17,30 // 19,00 - 19,40.
9					5-7-7	14				
10					5-7-9	16				
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20									20,0	

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15 giugno 2011  
 per l'esecuzione e la certificazione delle indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del  
 D.P.R. N. 380/2001

Albanese Pedrazzoni srl  
 Autorizzato dal Ministero S.T.T.  
 D.P.R. 380/2001 ART. 59  
 Concessione n. 2551 del 15/06/2011  
 al Geologo Dott. Carlo  
 Dott. Geol. Sebastiano Carone

SCHEDA PER FOTO  
CASSETTE CATALOGATRICI

ESECUZIONE DI INDAGINI  
AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI  
SERVIZIO AREA PRODUTTIVA LOC.  
VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO  
(CB)

SONDAGGIO S1 + PIEZOMETRO



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)

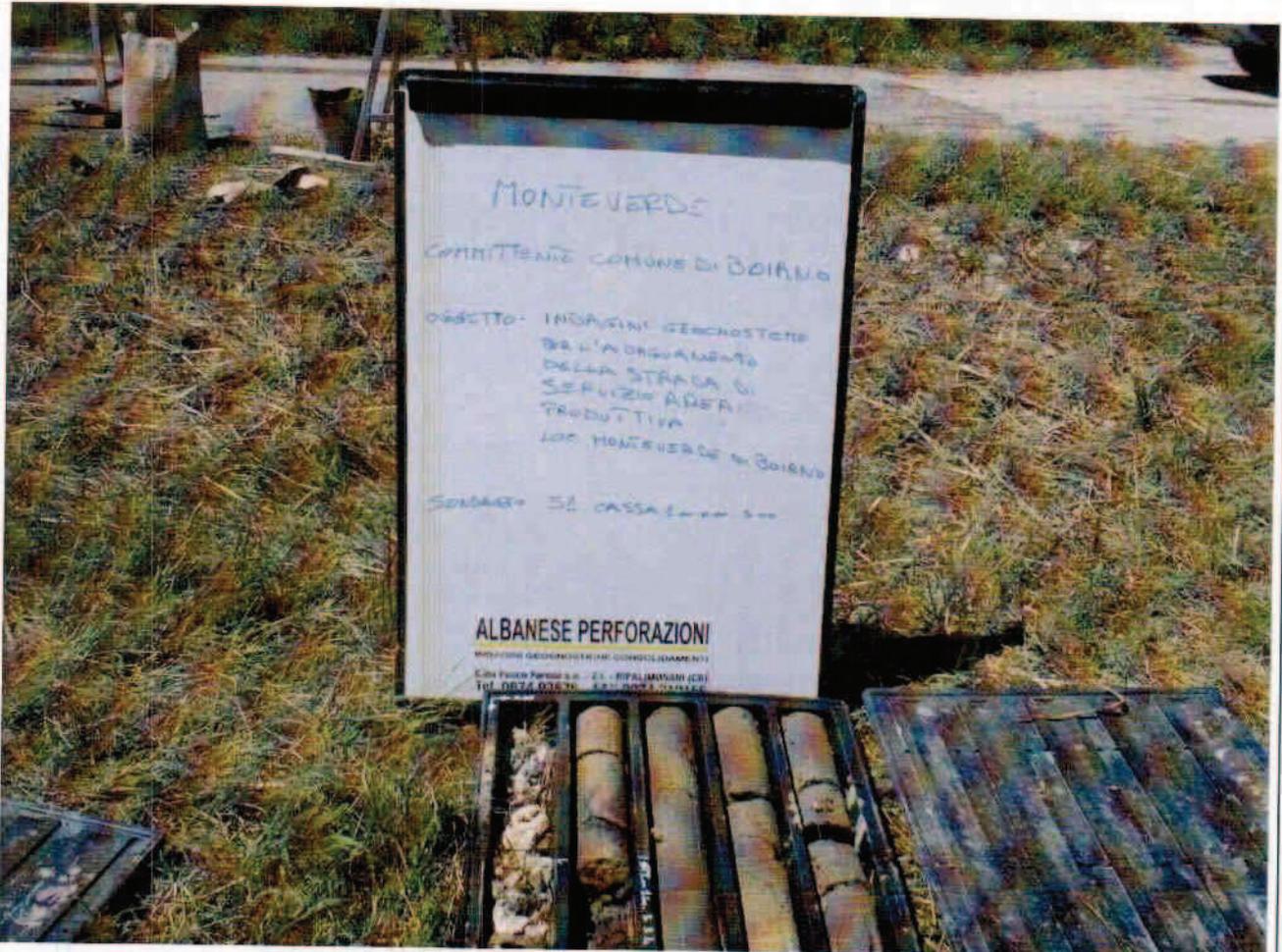
Albanese Perforazioni srl  
Autorizzato al Ministero S.T.E.  
D.P.R. 380/2001 ART. 59  
Concessione n. 555 del 10/06/2011  
il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giovanni Carbone

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

SCHEDA PER FOTO  
CASSETTE CATALOGATRICI

ESECUZIONE DI INDAGINI  
AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI  
SERVIZIO AREA PRODUTTIVA LOC.  
VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO  
(CB)

SONDAGGIO S1 + PIEZOMETRO



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)

Cassetta Catalogatrice n. 1 profondità da 0,00 a 5,00 ml

Albanese Perforazioni srl  
Autorevole del Registro S.TE.  
D.P.R. 30/05/2011 ART. 59  
Conferenza a C.C.L. del 15/06/2011  
il Direttore di Laboratorio  
Dott. Cost. Camero Carone

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

SCHEDA PER FOTO  
CASSETTE CATALOGATRICI

ESECUZIONE DI INDAGINI  
AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI  
SERVIZIO AREA PRODUTTIVA LOC.  
VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO  
(CB)

SONDAGGIO S1 + PIEZOMETRO



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)  
Cassetta Catalogatrice n. 1 profondità da 0,00 a 5,00 ml

Albanese Perforazioni srl  
Autorizzata dal Ministero S.T.T.  
D.P.R. 380/2001 ART. 59  
Confezionamento n. 5951 del 15/06/2011  
Il Direttore  
Dott. Dott. Genaro Carbone

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001



SCHEDA PER FOTO  
CASSETTE CATALOGATRICI

ESECUZIONE DI INDAGINI  
AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI  
SERVIZIO AREA PRODUTTIVA LOC.  
VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO  
(CB)

SONDAGGIO S1 + PIEZOMETRO



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)

Cassetta Catalogatrice n. 2 profondità da 5,00 a 10,00 ml

Albanese Perforazioni srl  
Autorizzata dal Ministero S. IT.  
D.P.R. n. 380/2001 ART. 59  
Circoscrizione n. 1001 ind. 1320/22911  
Il Direttore: *[Signature]*  
Dott. Geol. Carmine Martore

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)

Cassetta Catalogatrice n. 3 profondità da 10,00 a 15,00 ml

Albinese Perforazioni srl  
Autorizzata dal Ministero S.T.T.  
D.P.R. 380/2001 ART. 59  
Comunicazione n. 1500/2011  
8 Direttore Tecnico  
Dott. Gen. Cantone

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

SCHEDA PER FOTO  
CASSETTE CATALOGATRICI

ESECUZIONE DI INDAGINI  
AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI  
SERVIZIO AREA PRODUTTIVA LOC.  
VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO  
(CB)

SONDAGGIO S1 + PIEZOMETRO



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)

Cassetta Catalogatrice n. 3 profondità da 10,00 a 15,00 ml

Albanese Perforazioni srl  
Autorizzato dal Ministero RTI  
S.P.R. 1000/01 del 15/06/2011  
e Direzione Laboratorio  
Sott. Gen. S. 1000/01

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)  
Cassetta Catalogatrice n. 4 profondità da 15,00 a 20,00 ml

Albanese Perforazioni srl  
Autoregolazione n. 1177  
D.P.R. n. 380/2001 art. 59  
Certificazione n. 1505/2011  
Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Enzo Romano Carrozza

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001



ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA PRODUTTIVA  
LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)  
Cassetta Catalogatrice n. 4 profondità da 15,00 a 20,00 ml

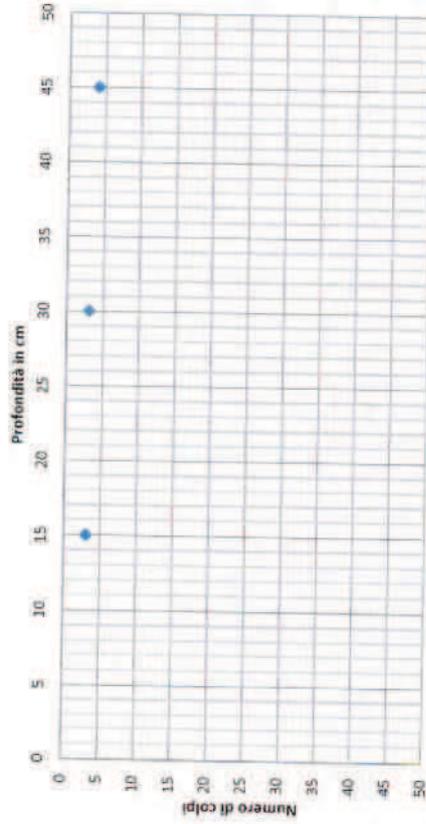
Albanese Perforazioni srl  
Autorizzata dal Ministero S. IT.  
D.P.R. 380/2001 art. 59  
Comunicazione n. 15/022011  
Sede: Contr. Cassiano Bologna

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

Modulo SPT		Rap. n° : SPT01		MOT: 07_18 Rev. 00 del 09.05.2011	
Certificato N° 15/2013		Verbale di accettazione: N 13DEL 01 AGOSTO 2013		Committente COMUNE DI BOJANO	
Data Esecuzione: 02/08/2013		Data di Emissione: 05/08/2013		Località: VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO	
Sonda : Cmv Mk 600 D		Perforatore : DI IORIO FRANCO		Oggetto: ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO DELL'AREA PRODUTTIVA	
Sondaggio n° S1		Metodo di Perforazione : a carotaggio continuo		Il Responsabile di Sito : Dott. Geol. Salvatore Renato	
Tipo Maglio: Tipo Standard della Nenzi		Tipo Maglio: Tipo Standard della Nenzi		Il Direttore di Laboratorio Dott. Carlone Gennaro	
Massa Battente 63,5 Kg (+/- 1,0 Kgff)		Quota Inizio Prova : 1,40		Rivestimento	
Peso Aste 7,0 +/- 0,5 kg/m		N. Colpi 1° 3		N. Colpi 2	
Diametro Aste 50,8 mm		N. Colpi 2 3		N. Colpi 3	
Campionatore : Tipo Raymond		prof in cm 15			
		30			
		45			
				4 P.C.	

Prova S1 SPT01

Standard Penetration Test

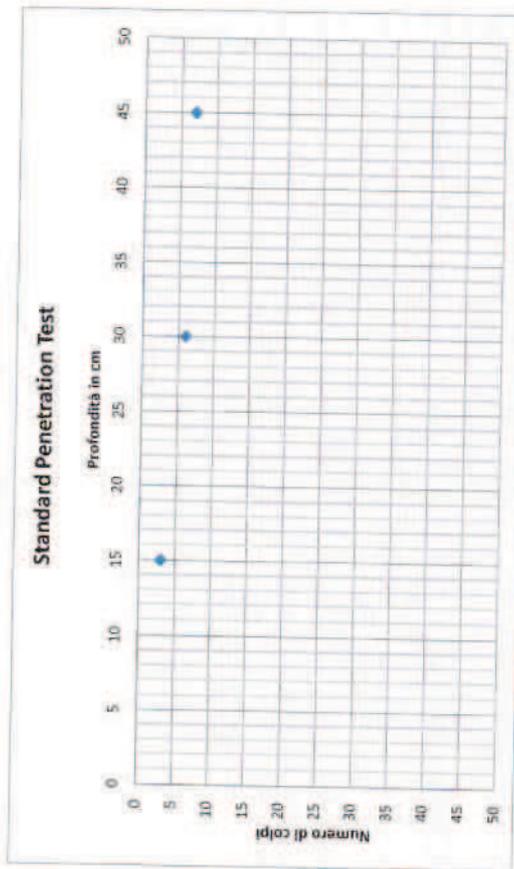


Albanese Perforazioni srl  
Abitante del Comune di Ft.  
DIP. N. 5002/21 ART. 28  
C.Generale n. 5101 del 11/09/2011  
Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Gaetano Carlone

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

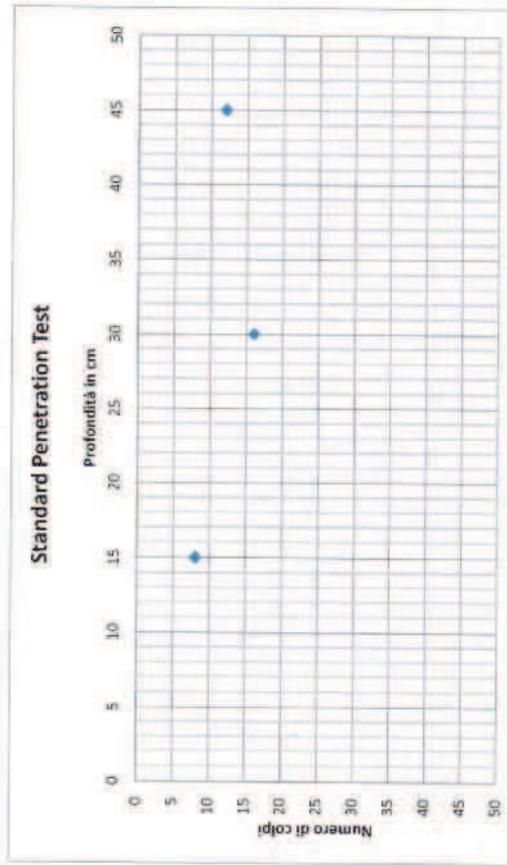
Modulo SPT		Rap. n° : SPT02		M400 - 07.18 Rev. 00 del 09-05-2011	
Certificato N° 15/2013		Verbale di accettazione: N 13DEL 01 AGOSTO 2013		Committente COMUNE DI BOJANO	
Data Esecuzione: 02/08/2013		Data di Emissione: 05/08/2013		Località: VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO	
Sonda : Cmv Mk 600 D		Perforatore : DI IORIO FRANCO		Sondaggio n° 51	
Metodo di Perforazione : a carotaggio continuo		Tipo Maglio: Tipo Standard della Renzi		Rivestimento	
Massa Battente 63,5 Kgf (+/- 1,0 Kgf)		Peso Aste 7,0 +/- 0,5 Kg/m		Quota inizio Prova : 2,60	
Diametro Aste 50,8 mm		Campionatore : Tipo Raymond		N. Colpi 1° 3	
		prof in cm		N. Colpi 2	
		15		6	
		30		N. Colpi 3	
		45		7 P.C.	
				Il Responsabile di Sito : Dott. Geol. Salvatore Renato	
				Il Direttore di Laboratorio Dott. Carlone Gennaro	

Prova S1 SPT02



Modulo SPT		Rap. n° : SPT03		Inidd. 07.18 Rev. 00 del 09.05.2011	
Certificato N° 15/2013		Committente COMUNE DI BOJANO		Località: VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO	
Verbale di accettazione: N 13DEL 01 AGOSTO 2013		Oggetto: ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO DELL'AREA PRODUTTIVA		Il Responsabile di Sito : Dott. Geol. Salvatore Renato	
Data Esecuzione: 02/08/2013		Il Direttore di Laboratorio Dott. Carlone Gennaro			
Data di Emissione: 05/08/2013					
Sonda : Cmw MK 600 D					
Perforatore : DI IORIO FRANCO					
Sondaggio n° S1					
Metodo di Perforazione : a carotaggio continuo		Rivestimento		Quota Inizio Prova : 3,60	
Tipo Maglio: Tipo Standard della Nenzi		N. Colpi 1*		N. Colpi 2	
Massa Battente 63,5 Kgf (+/- 1,0 Kgf)		8		16	
Peso Aste 7,0 +/- 0,5 Kg/m		15			
Diametro Aste 50,8 mm		30			
Campionatore : Tipo Raymond		45			
				12 P.C.	

Prova S1 SPT03

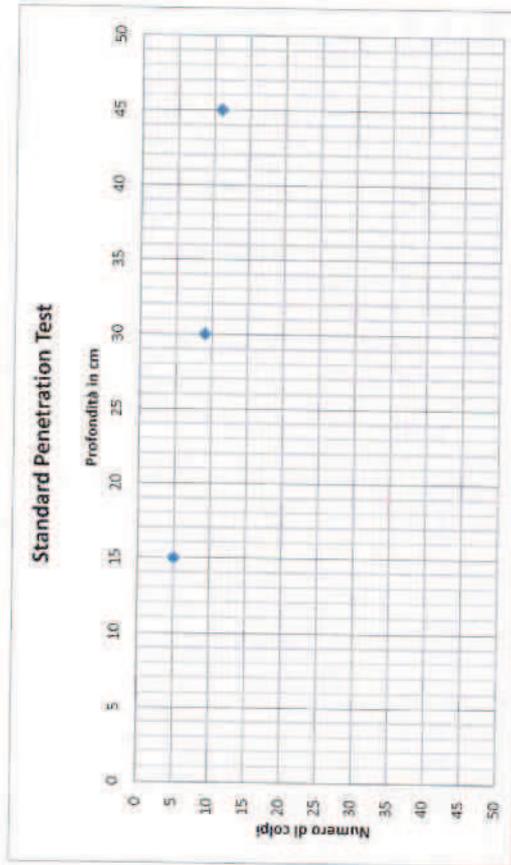


Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
 per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Albanese Perforazioni srl  
 Avanzato del Ministero S.T.T.  
 D.P.R. 380/2001 ART. 59  
 Concessione n° 5031 del 12/06/2011  
 Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Gennaro Carlone

Modulo SPT		Rap. n° : SPT04	
Certificato N° 15/2013		MDD: 07.18 Rev. 00 del 09.05.2013	
Verbale di accettazione: N 13DEL 01 AGOSTO 2013		Committente COMUNE DI BOJANO	
Data Esecuzione: 02/08/2013		Località: VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO	
Data di Emissione: 05/08/2013		Oggetto: ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO DELL'AREA PRODUTTIVA	
Sonda : Cmv Mk 600 D		Il Responsabile di Sito : Dott. Geol. Salvatore Renato	
Perforatore : DI IORIO FRANCO		Il Direttore di Laboratorio Dott. Carlone Gennaro	
Sondaggio n° 51		Rivestimento	
Metodo di Perforazione : a carotaggio continuo		Quota Inizio Prova : 5,10	
Tipo Maglio: Tipo Standard della Renzi		N. Colpi 1°	
Massa Battente 63,5 Kg (+/- 1,0 Kgf)		N. Colpi 2°	
Peso Aste 7,0 +/- 0,5 Kg/m		N. Colpi 3°	
Diametro Aste 50,8 mm		9	
Campionatore : Tipo Raymond		11 P.C.	
prof in cm			
15			
30			
45			

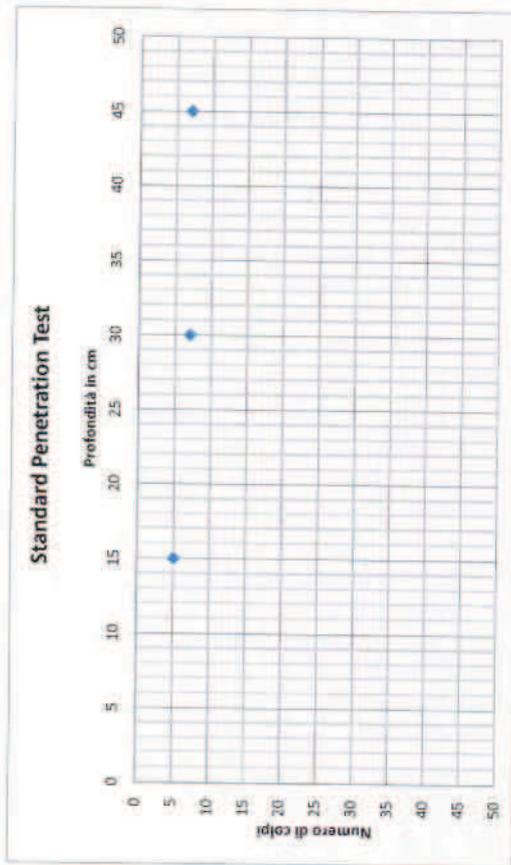
Prova S1 SPT04



Aut autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

Modulo SPT		Rap. n° : SPT05		MOD. 07.18 Rev. 00 del 09.05.2011	
Certificato N° 15/2013		Comittente COMUNE DI BOJANO		Località: VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO	
Verbale di accettazione: N 13DEL 01 AGOSTO 2013		Oggetto: ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO DELL'AREA PRODUTTIVA		Il Responsabile di Sito : Dott. Geol. Salvatore Renato	
Data Esecuzione: 02/08/2013		Il Direttore di Laboratorio Dott. Carlone Gennaro		Rivestimento	
Data di Emissione: 05/08/2013		Quota Inizio Prova : 7,50		N. Colpi 1°	
Sonda : Cmv Mk 600 D		prof in cm		N. Colpi 2	
Perforatore : DI IORIO FRANCO		15		N. Colpi 3	
Sondaggio n° S1		30		7	
Metodo di Perforazione : a carotaggio continuo		45		7 p.c.	
Tipo Maglio: Tipo Standard della Nenzi					
Massa Battente 63,5 Kgf (+/- 1,0 Kgf)					
Peso Aste 7,0 +/- 0,5 Kg/m					
Diametro Aste 50,8 mm					
Campionatore : Tipo Raymond					

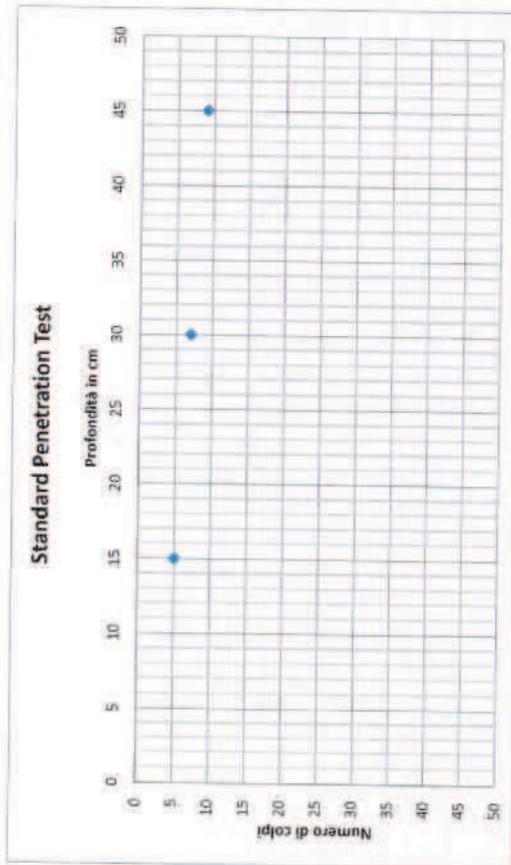
Prova S1 SPT05

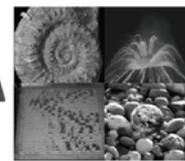


Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture n. 5951 del 15.06.11  
per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001

Modulo SPT		Rap. n° : SPT06		M100: 07.18 Rev. 00 del 09.05.2011	
Certificato N° 15/2013		Committente COMUNE DI BOJANO		Località: VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO	
Verbale di accettazione: N 13DEL 01 AGOSTO 2013		Oggetto: ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO DELL'AREA PRODUTTIVA		Il Responsabile di Sito : Dott. Geol. Salvatore Renato	
Data Esecuzione: 02/08/2013		Data di Emissione: 05/08/2013		Il Direttore di Laboratorio Dott. Carlone Gemmaro	
Sonda : Cmv MK 600 D		Rivestimento		Quota Inizio Prova : 9,50	
Perforatore : DI IORIO FRANCO		Sondaggio n° S1		N. Colpi 1°	
Metodo di Perforazione : a carotaggio continuo		Tipo Maglio: Tipo Standard della Renzi		N. Colpi 2°	
Massa Battente 63,5 kgf (+/- 1,0 Kgf)		prof in cm		N. Colpi 3°	
Peso Aste 7,0 +/- 0,5 Kg/m		15		5	
Diametro Aste 50,8 mm		30		7	
Campionatore : Tipo Raymond		45		9 P.C.	

Prova S1 SPT06





## **ALLEGATO N. 2**

### **INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE**

**PAGINA 36 di 36**

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**GEOLOGO VINCENZO CORTESE - GEOLOGO SALVATORE MORRONE - GEOLOGO RAFFAELE BRUNO**  
**INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)**

**TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991 - 339.6735839 - 349.0947466**  
**E-MAIL: vincenzocortese@live.it - morronesal@alice.it - raf\_bruno@email.it**



**COMMITTENTE:**

**COMUNE DI BOJANO**

**PROVINCIA DI CAMPOBASSO**

**ESECUZIONE DI INDAGINI AFFERENTI I LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DELLA STRADA DI SERVIZIO AREA  
PRODUTTIVA LOC. VARAZI MONTEVERDE DI BOJANO (CB)**

*PROVE MASW*

## INDICE

- 1    **INTRODUZIONE** \_\_\_\_\_ PAG. 02
- 2    **ELABORAZIONE DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODO-  
LOGIA D'INDAGINE "SISMICA A RIFRAZIONE" E "TOMOGRAFIA SISMICA"** \_\_ PAG. 03
- 3    **ELABORAZIONE DELLA PROSPEZIONE GEOFISICA SUPERFICIALE CON METODOLOGIA  
D'INDAGINE "MASW"** \_\_\_\_\_ PAG. 14
- 4    **CLASSIFICAZIONE DEL SITO IN BASE AL METODO PREVISTO DAL D.M. 14 GENNAIO  
2008** \_\_\_\_\_ PAG. 24



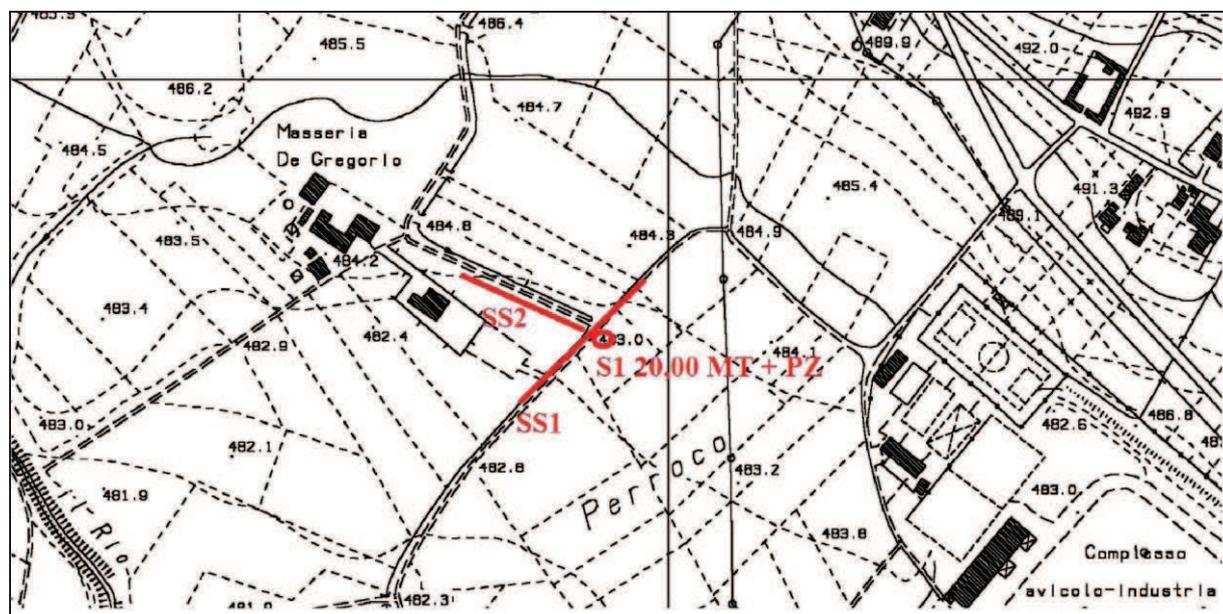
## 1. INTRODUZIONE

In questo **ALLEGATO SISMICO** si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geofisiche** effettuata nel tenimento di BOJANO (CB) dalla Impresa “GEOSECURE s.a.s.”, nel mese di **AGOSTO 2013**, eseguita a servizio della pratica di “**REALIZZAZIONE STRADA DI SERVIZIO ALL’AREA PRODUTTIVA” IN LOCALITA’ MONTEVERDE DEL COMUNE DI BOJANO**”, su incarico di **Albanese Perforazioni per conto dell’Amministrazione Comunale di Bojano (CB)**.

Nel dettaglio, la **campagna di indagini geofisiche** eseguite nell’area è consistita in:

- N° 02 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIE DI INDAGINE DENOMINATE “SISMICA A RIFRAZIONE” E “TOMOGRFIA SISMICA” ESEGUITE MEDIANTE INSTALLAZIONE DI N° 02 STENDIMENTI SISMICI DENOMINATI RISPETTIVAMENTE **SS1** (LUNGHEZZA LINEARE PARI A 34,50 MT), **SS2** (LUNGHEZZA LINEARE PARI A 34,50 MT),
- N° 02 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW” **SS1** (LUNGHEZZA LINEARE PARI A 34,50 MT), **SS2** (LUNGHEZZA LINEARE PARI A 34,50 MT);

La corretta ubicazione delle indagini eseguite nell’area allo studio è riportata di seguito in **Figura 1**:



**Fig. 1: ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nel tenimento del Comune di BOJANO (CB) dalla Impresa “GEOSECURE s.a.s.”.**





## 2. ELABORAZIONE DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA D'INDAGINE "SISMICA A RIFRAZIONE" E "TOMOGRAFIA SISMICA"

L'obiettivo delle prospezioni geofisiche effettuate con metodologia di indagine SISMICA A RIFRAZIONE e TOMOGRAFIA SISMICA è stato quello di investigare attraverso metodologie geofisiche specifiche il sottosuolo allo scopo di creare un profilo sismo-stratigrafico di riferimento per ciascuna prova effettuata.

### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:

La strumentazione utilizzata nell'area è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S (Figura 2), avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- *capacità di campionamento dei segnali tra 0,002 e 0,00005 sec;*
- *sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);*
- *filtri High Pass e Band Reject;*
- *"Automatic Gain Control";*
- *convertitore A/D a 24 bit;*
- *24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;*
- *massa battente pesante di 10 Kg.*



**Fig. 2: sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S.**

Durante la fase di acquisizione dati la Ditta "GEOSURE S.A.S." si è avvalsa delle seguenti figure professionali:

- n. 1 geofisico prospettore;
- n. 2 assistenti al geofisico prospettore.

Tutti gli strumenti di misura, impiegati in accordo con il calendario di taratura imposto al sistema di qualità in uso presso la Ditta "GEOSURE S.A.S." sono tarati presso il laboratorio della "M.A.E.s.r.l." di Frosolone (IS).





### PRINCIPI DI BASE:

La metodologia **sismica a rifrazione** utilizza la stima delle **velocità di propagazione** delle onde sismiche nel sottosuolo che sono generate quando il terreno è sottoposto a sollecitazioni artificiali o naturali (sisma).

La determinazione delle velocità viene ricavata misurando i **tempi di primo arrivo** delle onde sismiche generate in diversi punti sulla superficie topografica, considerando i seguenti *principi di base*:

- *le onde sismiche si propagano con velocità diverse in mezzi con caratteristiche meccaniche diverse*
- *quando il raggio sismico attraversa una discontinuità di velocità (passa da una mezzo più lento ad uno più veloce, o viceversa) cambia direzione come descritto dalla Legge di Snell.*

### I CASI DI APPLICAZIONE DELLA SISMICA A RIFRAZIONE:

I metodi di interpretazione della **sismica a rifrazione di superficie** si basano sull'analisi delle **onde P** o in alternativa **onde S** e trovano numerosi campi di applicazione:

- **Studi di carattere geotecnico (individuazioni delle proprietà fisiche dei mezzi investigati).**
- **Studi di carattere geologico (successioni stratigrafiche, individuazione di faglie, strutture sepolte, ecc.).**
- **Determinazione della profondità del substrato roccioso.**
- **Studi per la pianificazione del territorio (microzonazione sismica).**
- **Studi in campo ambientale (discariche).**

La tabella di seguito riportata illustra i casi di applicazione per ogni metodologia d'indagine.





<u>Metodi di interpretazione</u>	<u>Caso di applicazione</u>
<b>Delle intercette (o convenzionale)</b>	Strati paralleli e sub-orizzontali
Reciproco generalizzato (GRM)	Morfologie degli strati articolate e con inclinazioni < 20°
Reciproco di Hawkins o Delay time	Morfologie degli strati articolate e con inclinazioni < 20°
<b>Tomografico</b>	Morfologie complesse

Considerate le caratteristiche geologiche dell'area di studio, i metodi d'indagine sismica utilizzati sono stati il **metodo delle intercette** (o metodo convenzionale) ed il **metodo tomografico**.

Operativamente, ciò che è stato eseguito in campagna è una disposizione lungo una retta di **trasduttori velocimetrici (geofoni)** lungo la sezione specifica che si desiderava investigare; quindi, in funzione della risoluzione e delle profondità ricercate, si sono adeguatamente disposti i punti di produzione dell'energia elastica; leggendo i tempi dei primi arrivi delle onde sismiche ai geofoni, si sono ricostruite le **dromocrone** che permettono di individuare le variazioni verticali di velocità e le velocità reali dei diversi sismostrati.

Secondo i tempi di primo arrivo delle onde longitudinali **P** e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (**interspazio geofonico** e **offset di scoppio**) è stato possibile, inoltre, dimensionare gli spessori dei sismo-strati attraversati dalla radiazione elastica e quindi ottenere una **dettagliata perizia sismica** della porzione di sottosuolo sottoposta ad indagine.

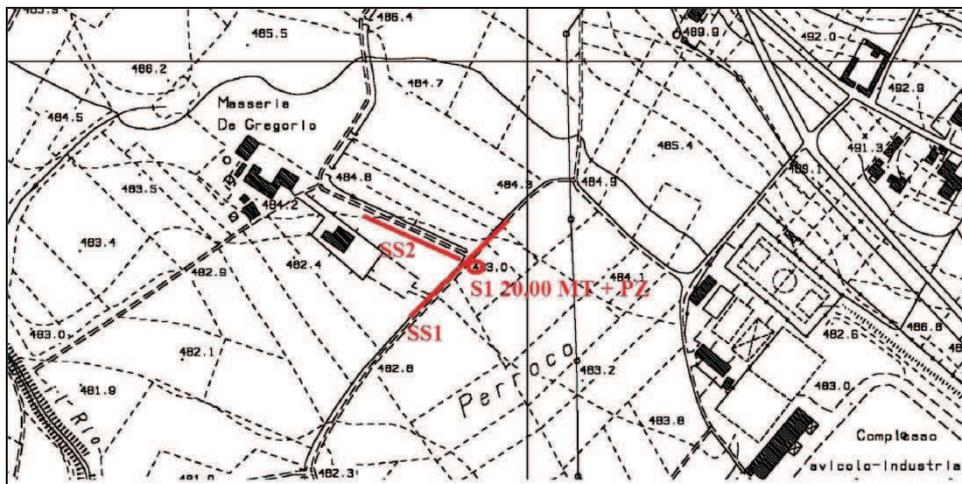
Per ciò che concerne la campagna di indagine del lavoro in oggetto, sono stati sviluppati in situ:

- **n° 01 stendimento sismico - DENOMINATO SS1** - con l'utilizzo di n° **24 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a 1,50 metri (LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO = 34,50 MT) e
- **n° 01 stendimento sismico - DENOMINATO SS2** - con l'utilizzo di n° **24 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a 1,50 metri (LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO = 34,50 MT).



## ELABORAZIONE PROFILO SISMICO DENOMINATO SS1 – LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 34,50 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 1,50 Mt

Il profilo sismico in oggetto è stato ubicato come mostrato, di seguito, in **Figura 3**:



**Fig. 3: ubicazione del profilo sismico denominato SS1.**

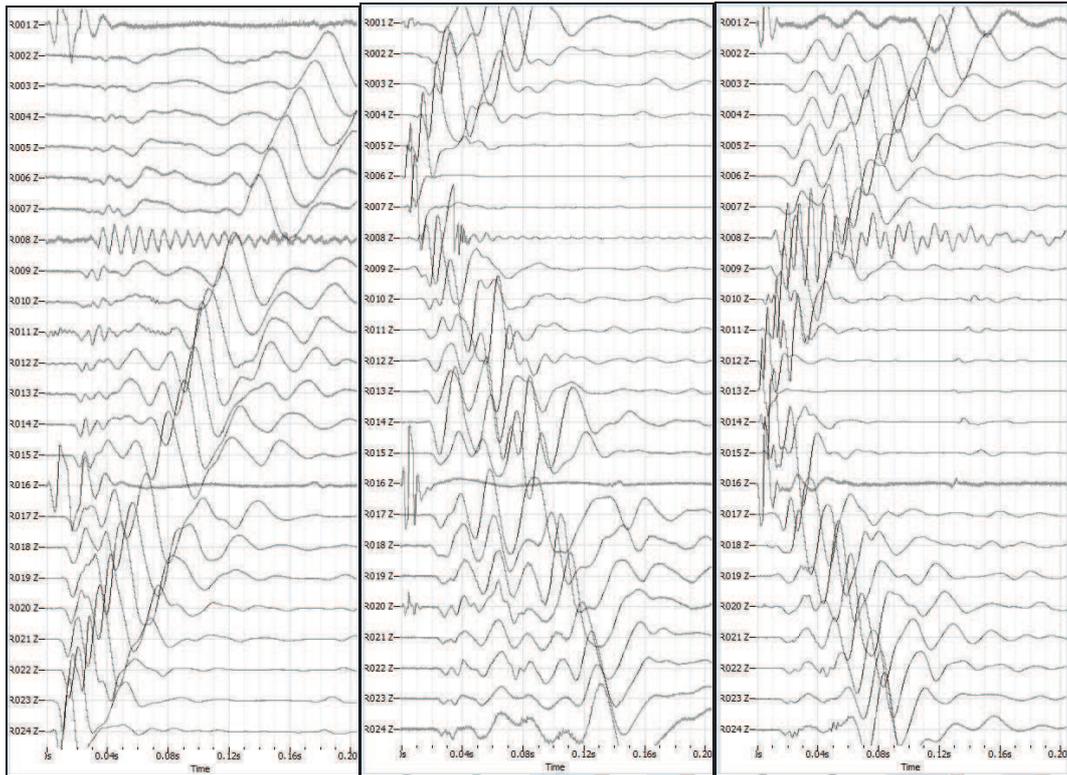
Il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza **battente di massa pari a 10.00 kg** effettuando scoppi specifici ubicati in punti ben precisi lungo ciascuno stendimento stesso:

- *due scoppi simmetrici (**off-shots**) esterni allo stendimento ad una distanza di 3,00 metri dal geofono più vicino;*
- *uno scoppio (**mid-shot**) al centro dello stendimento stesso.*
- *due scoppi intermedi allo stendimento, il primo tra il 6° e il 7° geofono e il secondo tra il 18° e 19° geofono.*

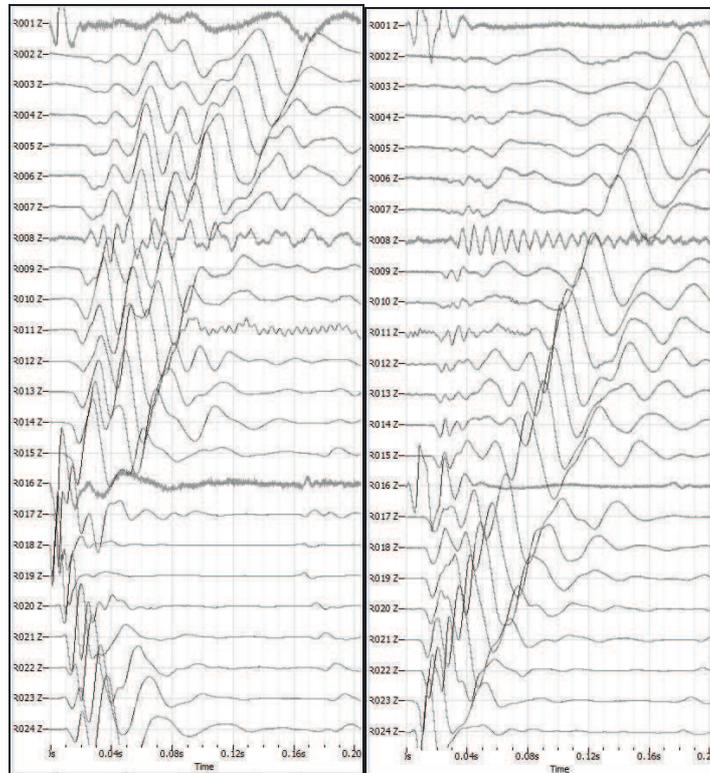
I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 15.000 campioni al secondo per un totale di 0.13 secondi di acquisizione.

Sono riportati le forme d'onda e i dati di picking che sono stati elaborati con il software "**Rayfract 3.18**" della **IntelligentResources** (Copyright 1996-2010), relativi ai risultati dell'indagine sismica effettuata.





**Fig. 4: sismogrammi dello Scoppio 1, 2 e 3.**



**Fig. 5: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5.**





TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-3.00	8.25	17.25	26.25	37.50
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	3.13	11.33	17.60	24.00	29.47
1.50	6.80	9.60	16.53	22.40	28.47
3.00	9.47	7.80	14.93	21.33	27.73
4.50	11.60	6.13	13.73	20.60	25.80
6.00	13.40	2.73	12.47	19.93	25.07
7.50	14.93	0.40	11.13	18.53	24.73
9.00	17.87	0.40	10.27	18.00	22.87
10.50	19.27	2.47	8.53	16.73	22.87
12.00	19.93	4.53	6.80	15.67	21.80
13.50	21.27	6.60	6.40	14.67	20.07
15.00	21.47	7.73	2.73	12.80	19.00
16.50	23.27	10.40	0.07	11.80	18.20
18.00	23.93	12.87	-0.27	11.33	17.67
19.50	24.13	14.07	3.20	9.60	16.53
21.00	25.73	16.20	5.87	7.60	15.67
22.50	26.53	17.40	6.67	5.47	14.33
24.00	26.60	18.27	7.40	2.13	12.47
25.50	26.13	17.93	8.73	0.00	11.87
27.00	29.13	18.87	9.33	0.53	10.87
28.50	29.33	19.47	10.27	2.87	9.33
30.00	29.93	20.47	10.33	4.27	7.73
31.50	31.07	20.93	11.80	6.67	6.00
33.00	32.53	20.87	11.80	6.80	3.87
34.50	33.07	21.73	12.13	7.07	2.87

Fig. 6: tabella dei primi arrivi.

Nella **Figura 7** sono riportate le **dromocrone** dei primi arrivi.

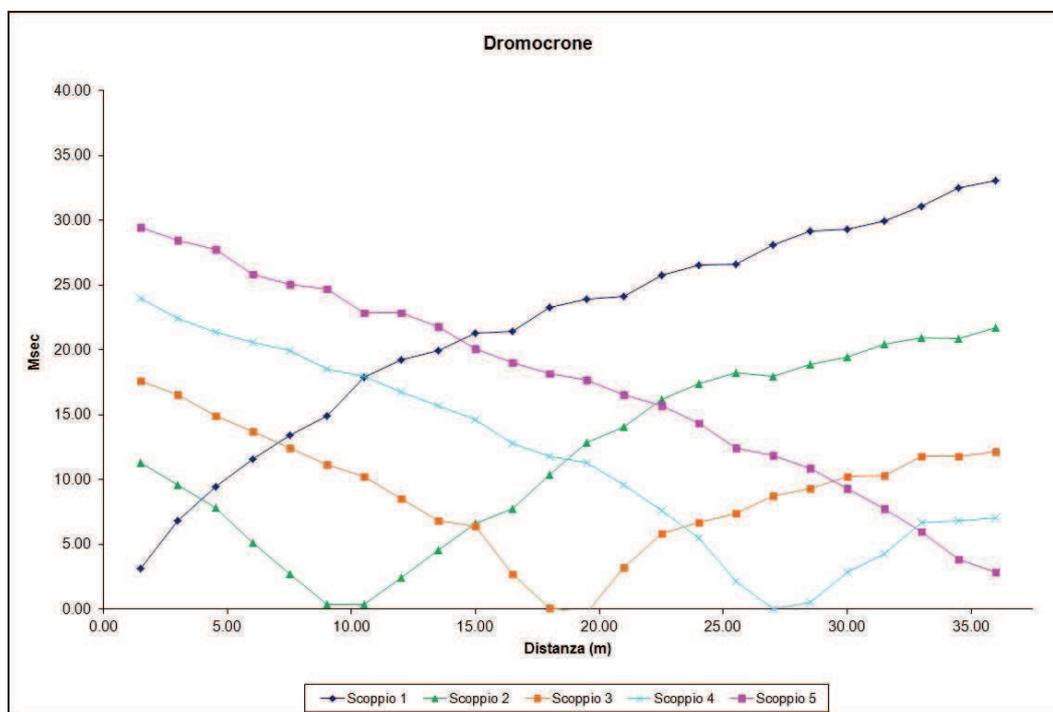
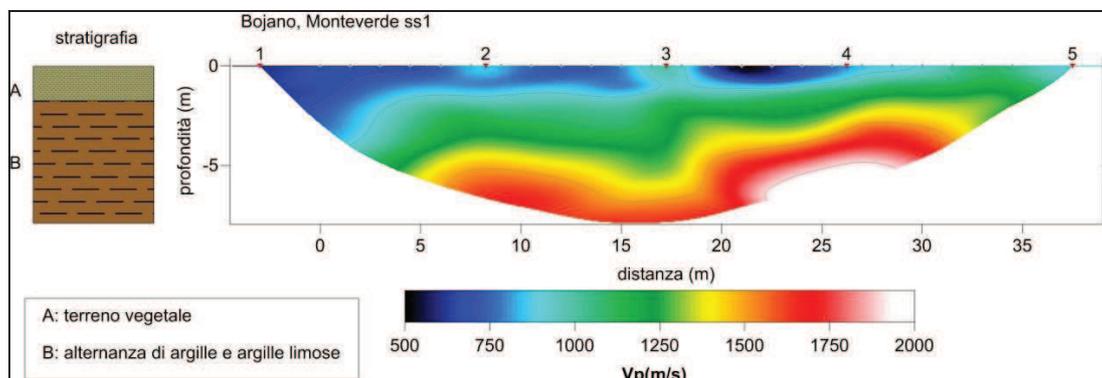


Fig. 7: dromocrone dei primi arrivi.



Nella figura seguente viene riportata la tomografia sismica relativa al sito di indagine, calcolata tramite software **Rayfract 3.18** con restituzione grafica ottenuta tramite software **Surfer 9.0**.



**Fig. 8: tomografia sismica.**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE**



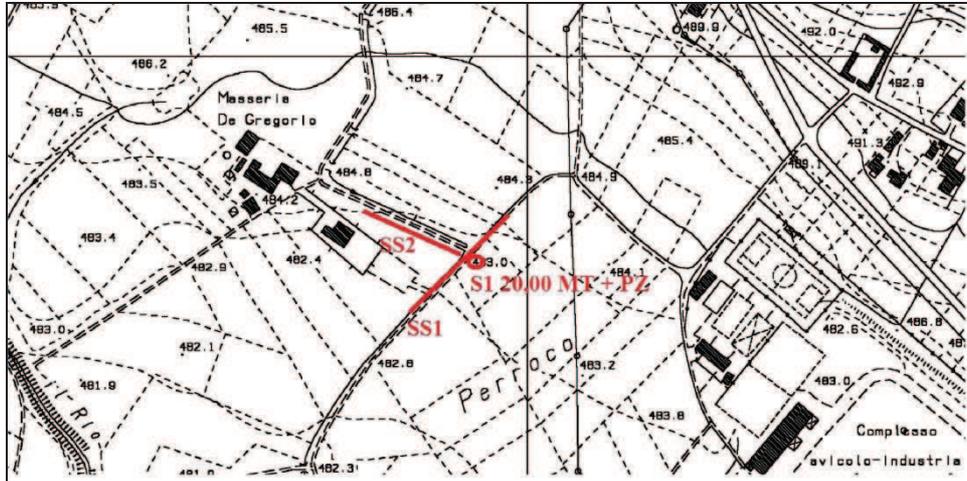
**FOTO 1: panoramica dello stendimento.**





## ELABORAZIONE PROFILO SISMICO DENOMINATO SS2 – LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 34,50 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 1,50 Mt

Il profilo sismico in oggetto è stato ubicato come mostrato, di seguito, in **Figura 9**:



**Fig. 9: ubicazione del profilo sismico denominato SS2.**

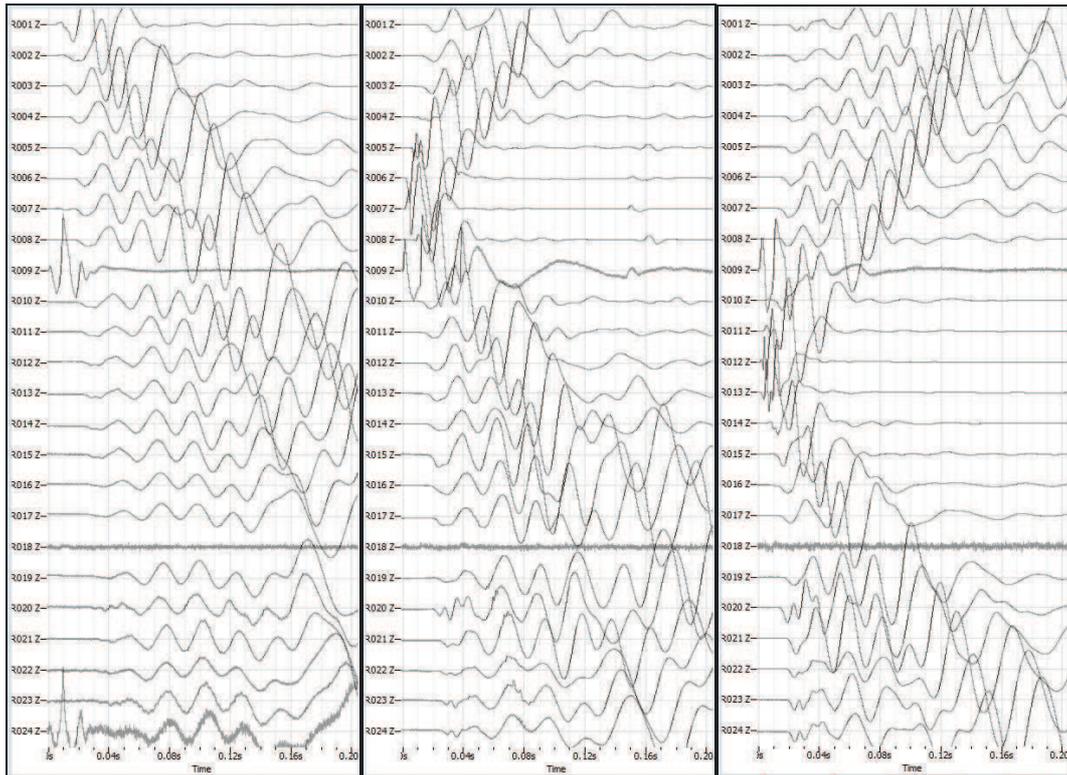
Il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza **battente di massa pari a 10.00 kg** effettuando scoppi specifici ubicati in punti ben precisi lungo ciascuno stendimento stesso:

- *due scoppi simmetrici (**off-shots**) esterni allo stendimento ad una distanza di 3,00 metri dal geofono più vicino;*
- *uno scoppio (**mid-shot**) al centro dello stendimento stesso.*
- *due scoppi intermedi allo stendimento, il primo tra il 6° e il 7° geofono e il secondo tra il 18° e 19° geofono.*

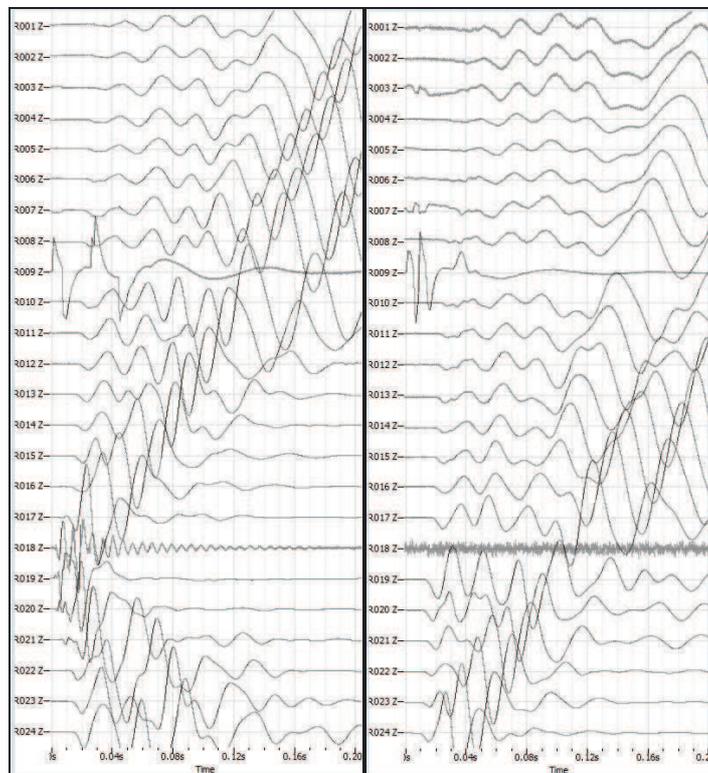
I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 15.000 campioni al secondo per un totale di 0.2 secondi di acquisizione.

Sono riportati le forme d'onda e i dati di picking che sono stati elaborati con il software "**Rayfract 3.18**" della **IntelligentResources** (Copyright 1996-2010), relativi ai risultati dell'indagine sismica effettuata.





**Fig. 10: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3.**



**Fig. 11: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5.**

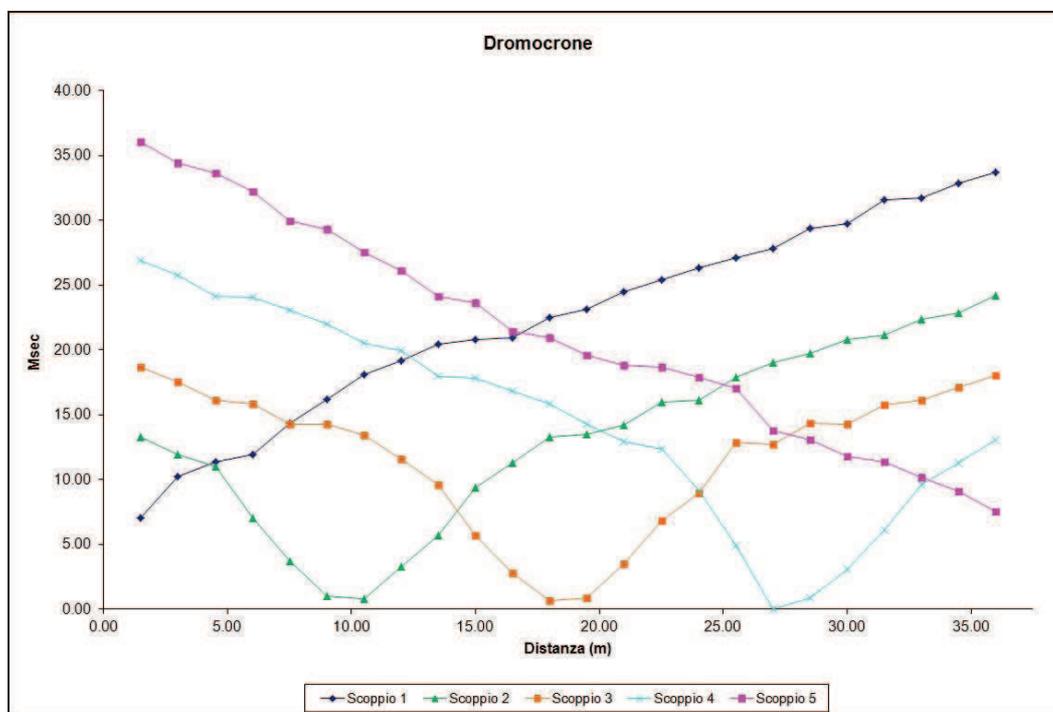




TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-3.00	8.25	17.25	26.25	37.50
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	7.07	13.27	18.67	26.87	36.07
1.50	10.27	11.93	17.53	25.73	34.40
3.00	11.40	11.00	16.13	24.13	33.67
4.50	11.93	7.07	15.87	24.07	32.20
6.00	14.33	3.73	14.27	23.07	29.93
7.50	16.20	1.00	14.27	22.00	29.33
9.00	18.13	0.80	13.40	20.53	27.53
10.50	19.20	3.27	11.60	19.93	26.13
12.00	20.47	5.67	9.60	18.00	24.13
13.50	20.80	9.40	5.73	17.80	23.67
15.00	20.93	11.33	2.80	16.80	21.47
16.50	22.53	13.27	0.67	15.87	20.93
18.00	23.13	13.47	0.87	14.27	19.60
19.50	24.47	14.20	3.53	12.93	18.80
21.00	25.40	16.00	6.80	12.33	18.67
22.50	26.33	16.13	8.93	9.20	17.87
24.00	27.13	17.87	12.87	4.93	17.07
25.50	27.80	19.00	12.73	0.00	13.80
27.00	29.40	19.73	14.33	0.87	13.07
28.50	29.73	20.80	14.27	3.07	11.80
30.00	31.60	21.13	15.80	6.13	11.40
31.50	31.73	22.33	16.13	9.60	10.13
33.00	32.87	22.87	17.13	11.27	9.07
34.50	33.73	24.20	18.07	13.07	7.53

**Fig. 12: tabella dei primi arrivi.**

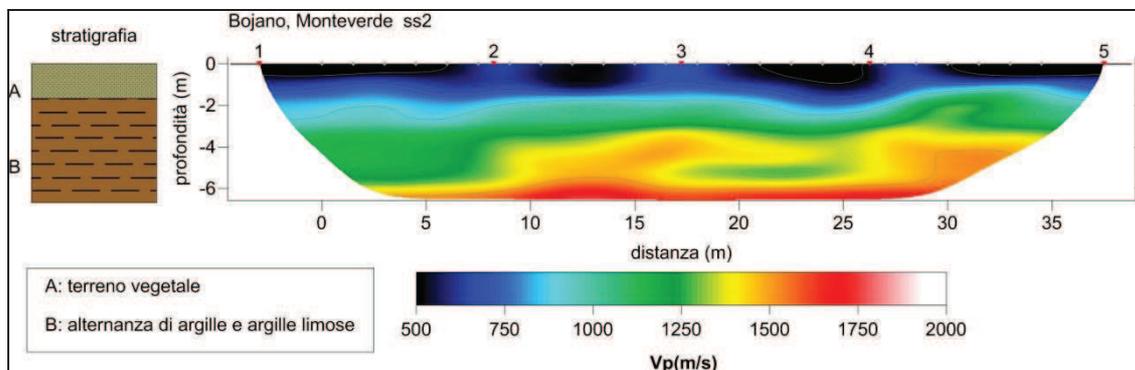
Nella **Figura 19** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi.**



**Fig. 13: dromocrone dei primi arrivi.**



Nella figura seguente viene riportata la tomografia sismica relativa al sito di indagine, calcolata tramite software **Rayfract 3.18** con restituzione grafica ottenuta tramite software **Surfer 9.0**.



**Fig. 14: tomografia sismica del profilo denominato SS2.**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA AL PROFILO SISMICO DENOMINATO SS2**



**FOTO 2: esecuzione del momento di scoppio n° 3.**





### 3. ELABORAZIONE DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA D'INDAGINE "MASW"

#### INTRODUZIONE:

Il metodo **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della **misura delle onde superficiali** eseguita in corrispondenza di diversi sensori (**geofoni** nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle **onde di Rayleigh**, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde; in un mezzo stratificato le **onde di Rayleigh** sono dispersive (**fenomeno della dispersione geometrica**), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (**Achenbach, IO., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980**) o detto in maniera equivalente **la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.**

La **natura dispersiva** delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine **MASW** utilizzato è, inoltre, di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite **energizzazione** con mazza battente parallelamente all'*array*) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (*geofoni*).

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel **range di frequenze** compreso tra **5-10Hz** e **70-100Hz**, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30,00-50,00 metri, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.





### METODOLOGIA UTILIZZATA:

Il metodo prevede lo svolgimento di **n° 4 fasi** successive e propedeutiche:

- 1) *calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;*
- 2) *calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo **Roma (2001)**;*
- 3) *calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo **Lai-Rix (1998)**;*
- 4) *individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_{sv}$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_{sv}$  e di compressione  $V_p$  (o in alternativa il **coefficiente di Poisson  $\nu$** ), la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'**affidabilità del profilo di velocità  $V_s$** , trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.*

### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:

Durante la fase di acquisizione dati la Ditta "GEOSECURE S.A.S." si è avvalsa delle seguenti figure professionali:

- **n. 1 geofisico prospettore;**
- **n. 2 assistenti al geofisico prospettore.**

Tutti gli strumenti di misura, impiegati in accordo con il calendario di taratura imposto al sistema di qualità in uso presso la Ditta "GEOSECURE S.A.S." sono tarati presso il laboratorio della "M.A.E.s.r.l." di Frosolone (IS).

**L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata** nella zona di indagine è stata costituita da:

- *un sistema di energizzazione: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;*



- un sistema di ricezione costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria di 4.5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente;
- un sistema di acquisizione dati con memoria dinamica a 24 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, cavo sismico telemetrico di 130 m, MOM power con interfaccia USB 1.1 24 V, notebook PC Windows XP con software Pane I Acquisition a 24 canali; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione; la conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

Nello specifico, la **strumentazione utilizzata nell'area** è costituita da un sismografo multicanale **M.A.E. modello A 6000 S (Figura 15)**, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0,002 e 0,00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (**time break**);
- filtri High Pass e Band Reject;
- "Automatic Gain Control";
- convertitore A/D a 24 bit;
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.





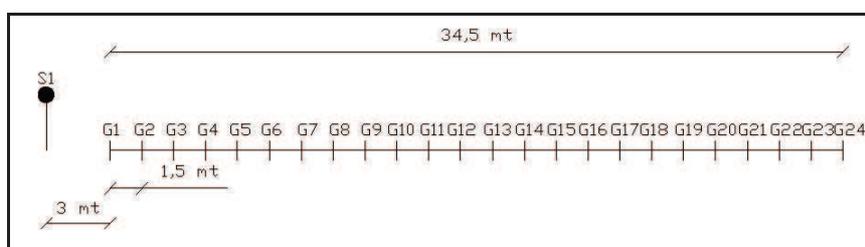
**Fig. 15: sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S.**

### ELABORAZIONE DEI DATI SS1:

Per ciò che riguarda l'**elaborazione dei dati** è stato utilizzato il software **Geopsy** per ottenere il **grafico di dispersione** ed il software **Dinver** per l'**elaborazione del profilo di Vs<sub>30</sub>**.

I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 1.000 campioni al secondo per un totale di 2 secondi di acquisizione.

La **distanza intergeofonica** è stata stabilita in 1,50 metri, mentre lo **scoppio di energizzazione** è stato effettuato a 3,00 metri dal primo geofono, come mostrato di seguito in **Figura 16**.



**Fig. 16: profilo sismico utilizzato e modalità di energizzazione del terreno.**

**Di seguito si riportano i seguenti elaborati grafici riferiti alla stesa eseguita:**

PAGINA 17 di 25



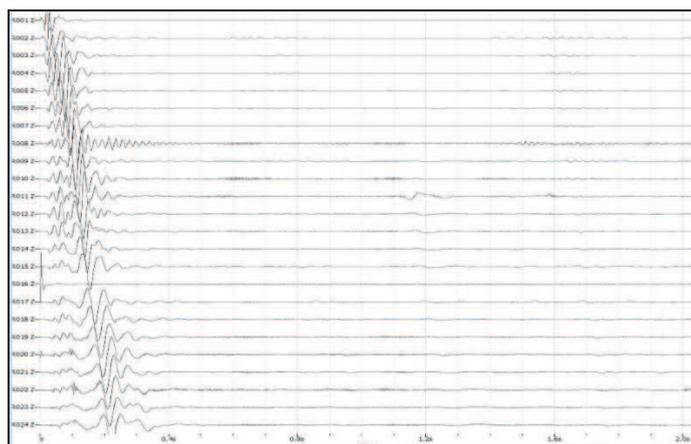
In **Fig. 16** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig.17**è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

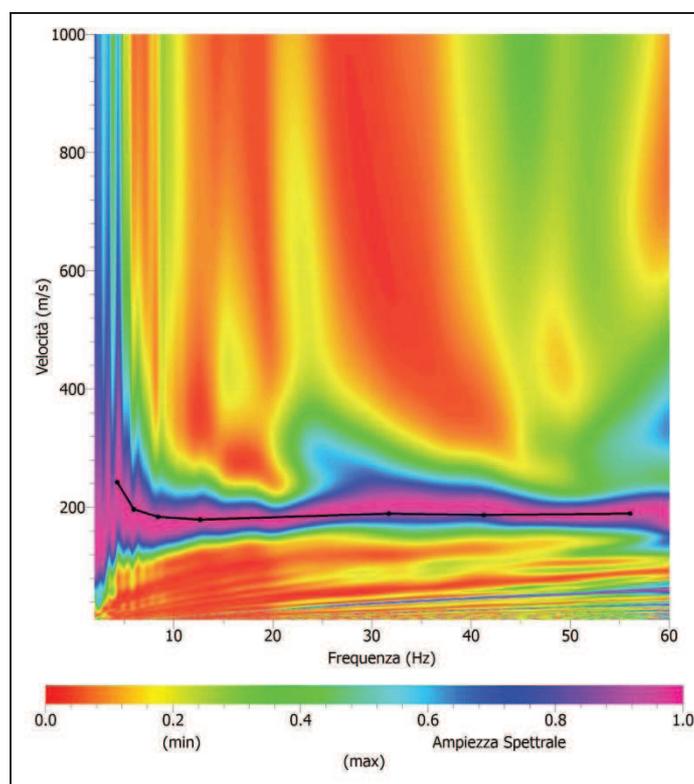
In **Fig.18** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

In **Fig.19** è riportato il grafico mostrante i profili di  $V_{s30}$

In **Fig.20** è riportata la tabella utilizzata per il calcolodi  $V_{s30}$ .

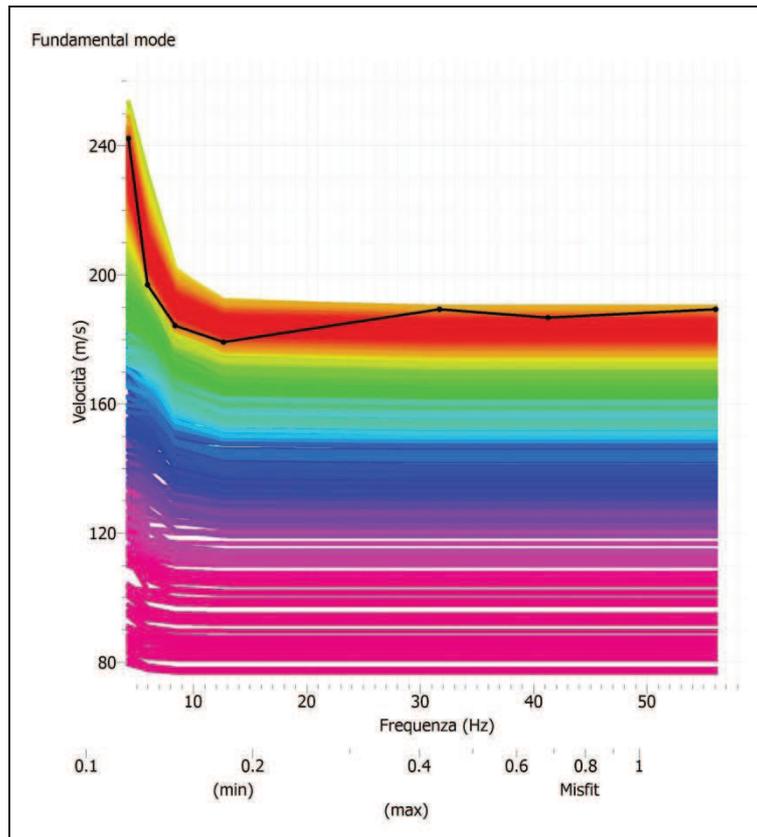


**Fig.16:** sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della prospezione.

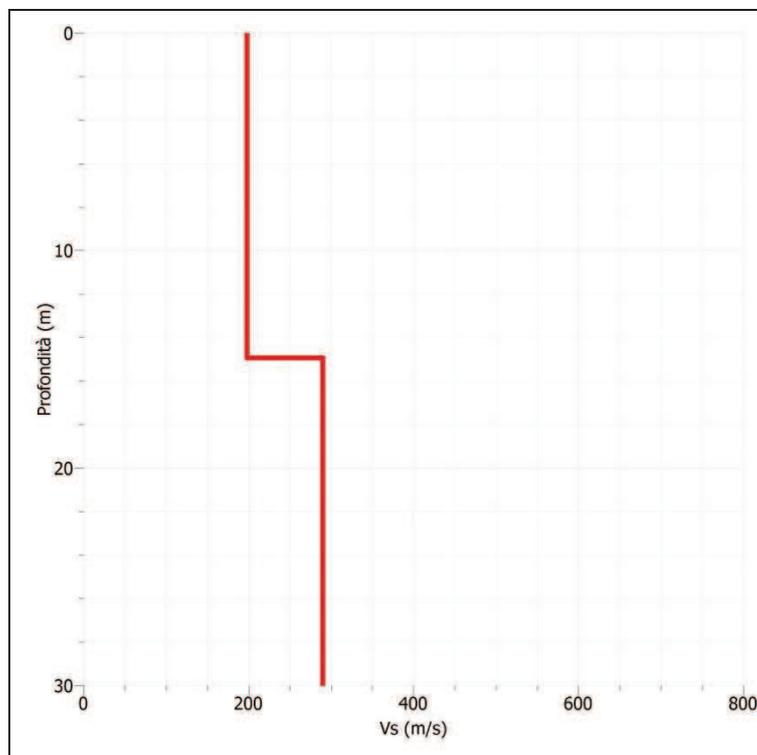


**Fig.17:** grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale.





**Fig.18: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita.**



**Fig. 19: profili di Vs<sub>30</sub>.**





Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	h/Vs		
1	15.00	200	0.075		
2	15.00	295	0.051		
	30.00	$\Sigma$	0.126		
<b>Vs30 (m/s)</b>	238				<b>Classificazione Sottosuolo: Categoria Tipo C</b>

*Fig.20: tabella per il calcolo di Vs<sub>30</sub>.*

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROVA MASW STESA SISMICA SS1**

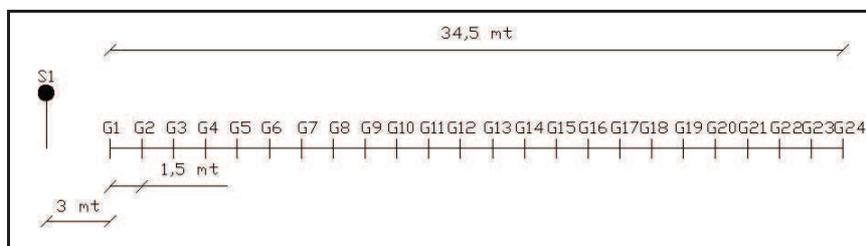


*FOTO 3: esecuzione del momento di energizzazione.*



### ELABORAZIONE DEI DATI SS2:

La **distanza intergeofonica** è stata stabilita in 1,50 metri, mentre lo **scoppio di energizzazione** è stato effettuato a 3,00 metri dal primo geofono, come mostrato di seguito in **Figura 21**.



**Fig. 21: profilo sismico utilizzato e modalità di energizzazione del terreno.**

Di seguito si riportano i seguenti elaborati grafici riferiti alla stesa eseguita:

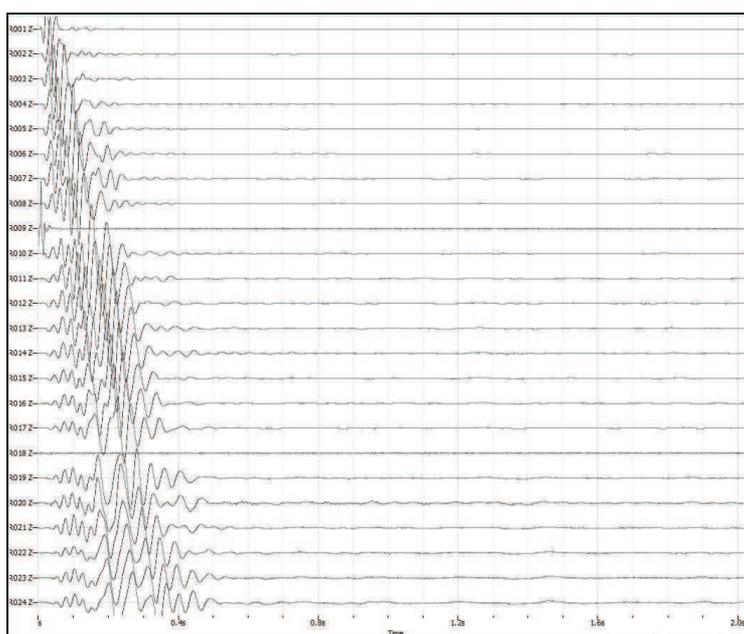
In **Fig. 22** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig.23** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

In **Fig.27** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

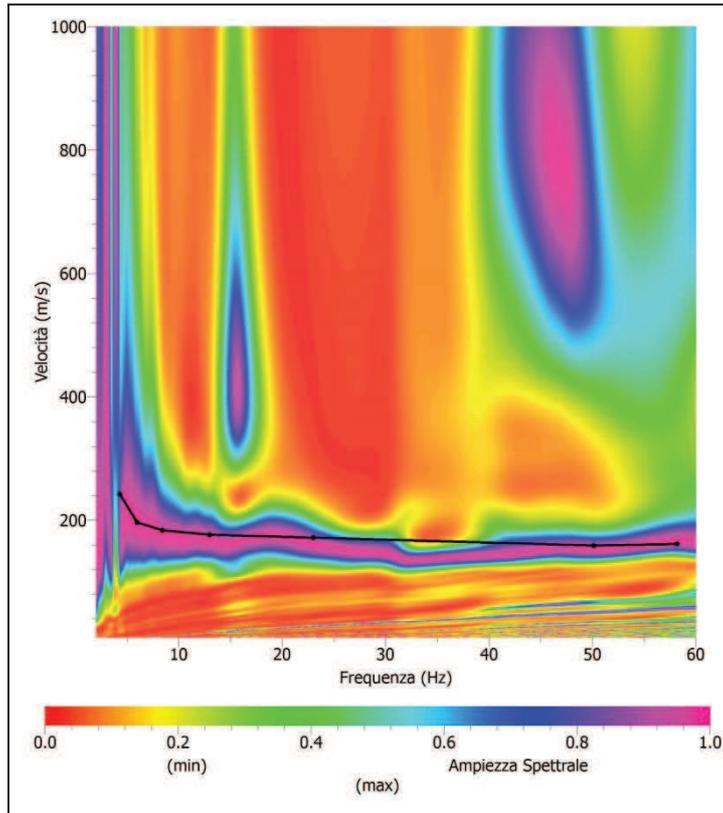
In **Fig.25** è riportato il grafico mostrante i profili di  $V_{s30}$

In **Fig.26** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{s30}$ .

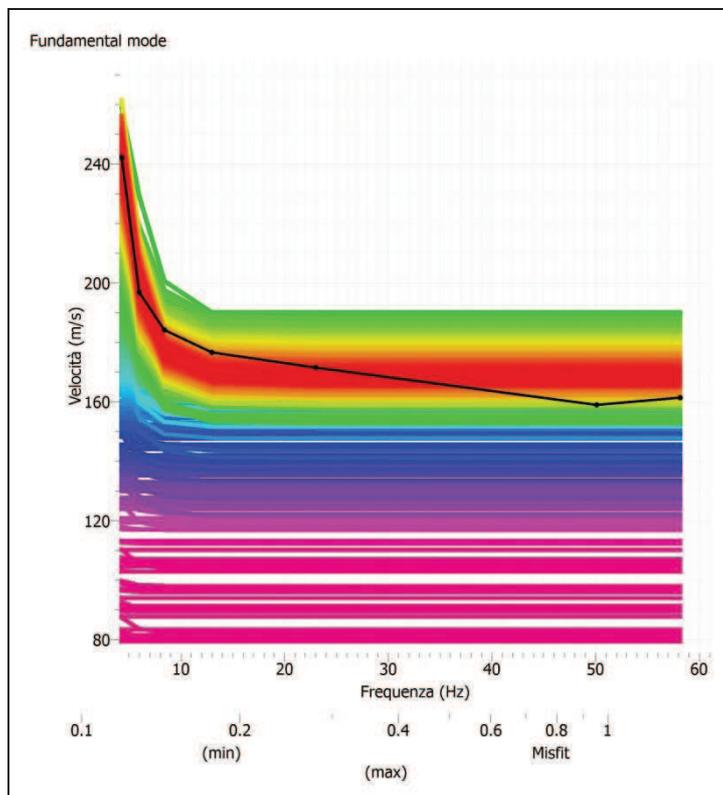


**Fig.22: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della prospezione.**



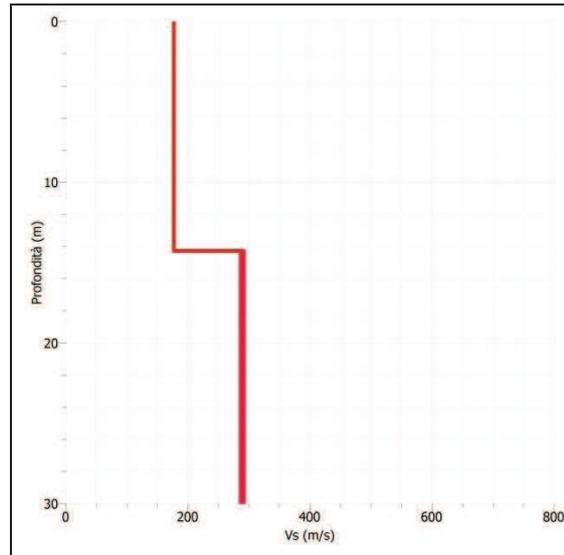


**Fig.23: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale.**



**Fig.24: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita.**





**Fig. 25: profili di Vs<sub>30</sub>.**

Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	h/Vs
1	14.00	180	0.078
2	16.00	290	0.055
	30.00	Σ	0.133
<b>Vs30 (m/s)</b>	<b>226</b>		

Classificazione Sottosuolo:  
Categoria Tipo C

**Fig.26: tabella per il calcolo di Vs<sub>30</sub>.**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROVA MASW STESA SISMICA SS2**

**DOCUMENTAZIONE**



**FOTO 4: esecuzione del momento di energizzazione.**



## 5. CLASSIFICAZIONE DEL SITO IN BASE AL METODO PREVISTO DAL D.M. 14 GENNAIO 2008

Riguardo alla classificazione sismica dei suoli di fondazione *in situ* prevista dalla Normativa in vigore (**D.M. 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**), vengono identificate n°5 classi (denominate rispettivamente **A, B, C, D** e **E**) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di 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, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi fra 180 e 360 m/s (<math>15 &lt; N_{spt,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa, <math>70 &lt; c_{u30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</u>
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ( $V_{s30} > 800$ m/s).





Per  $V_{s30}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde **S** negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (o $10 < cu_{30} < 20$ ), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

Per il suolo di fondazione della zona di studio il parametro **Vs30** è caratterizzato dalle seguenti velocità rilevate (**SS1** Figura 19 e Figura 20 pagine 19/20 - **SS2** Figura 25 e Figura 26 pagina 23)

- $V_{s30}$  SS1 pari a **238 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt**  
**= suolo categoria C;**
- $V_{s30}$  SS2 pari a **226 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt**  
**= suolo categoria C;**

IL DIRETTORE TECNICO

**Dott. Vincenzo Cortese**

Geosecure s.a.s.  
Il Direttore Tecnico  
Dott. Geol. Vincenzo Cortese

