



ERG Wind 4 s.r.l.
Via De Marini, 1 - 16149 Genova (GE)

**PROGETTO DI POTENZIAMENTO
DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA
MONTECORVINO E VOLTURARA APPULA (FG),
IN LOCALITA' SERRA DEFENZA,
DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW**



Tecnico
dott. geol. Raffaele Sassone

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

Responsabile Commessa
ing. Danilo Pomponio

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V20	RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	19042	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC19042D-V20			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		DC119042D-V20.doc	90+ copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	20/07/19	Emissione	Sassone	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

INDICE

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

01. Premessa	pag. 2
02. Inquadramento geologico generale	pag. 3
03. Assetto geologico-strutturale e geomorfologico	pag. 5
04. Classificazione sismica dell'area	pag. 5
05. Caratterizzazione del sottosuolo all'interno del parco eolico	pag. 8
06. Moduli elasto-dinamici del terreno	pag. 9
07. Parametri geotecnici bibliografici dei terreni affioranti	pag. 13
08. Conclusioni	pag. 13

Allegati:

1. Elaborati cartografici
2. Indagini sismiche, con la tecnica della rifrazione e della MASW, per la caratterizzazione del sottosuolo all'interno di un parco eolico

01. Premessa

Lo scopo del presente lavoro è fornire delle conoscenze sismiche e geotecniche di base per una porzione di territorio in agro di Motta Montecorvino (FG) in cui il gestore Erg Wind 4 s.r.l., Via de Marini 1 - Genova (GE), intende intervenire su un impianto di generazione di energia eolica situato a nord della cittadina (Fig. 01, 02a, 02b e 03).

L'installazione è attualmente costituita da 25 aerogeneratori ricadenti fra il territorio di Motta Monte Corvino e Volturara Appula; nello specifico interessa i fogli di mappa catastali n° 1,2, 4, 5 e 7 del Comune di Motta Montecorvino ed i Fogli di mappa catastali n° 3, 4 e 5 del comune di Volturara Appula.

Il gestore intende attuare un'operazione di repowering che prevede la rimozione di 18 aerogeneratori esistenti tralicciati della potenza nominale di 0,60 MW ricadenti nel territorio di Motta Montecorvino, e l'installazione nella stessa area d'impianto di 9 aerogeneratori di nuova generazione della potenza massima di 4,2 MW e delle opere elettriche di adeguamento del cavo MT esterno di connessione esistente alla sottostazione elettrica ubicata nel comune di Volturara Appula (FG) alla quale è connesso l'attuale impianto eolico.

Anche la sottostazione esistente sarà oggetto di adeguato elettrico alla nuova potenza installata.

Gli aerogeneratori ricadenti nel territorio del comune di Volturara Appula non saranno oggetto di intervento.

La potenza complessiva dell'impianto sarà di 42 MW e sarà costituito da:

- N.9 aerogeneratori (nuovi) della potenza di 4,2 MW da ubicare nel comune di Motta Montecorvino;
- N.7 aerogeneratori (esistenti) della potenza di 0,6 MW ubicati nel comune di Volturara Appula.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa (Tab.1), in cui vengono indicate per ciascun aerogeneratore in progetto e le relative coordinate (UTM 33 WGS84) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comune di Motta Montecorvino.

Tab. 1: posizione delle nuove turbine da installare.

COORDINATE UTM 33 WGS84			DATI CATASTALI		
WTG	E	N	Comune	Foglio n°	Particella n°
R-MT01	508892,40	4597182,77	Motta Montecorvino	4	122
R-MT02	509372,21	4597071,06	Motta Montecorvino	5	113
R-MT03	510031,99	4597167,53	Motta Montecorvino	5	134
R-MT04	510380,80	4597133,14	Motta Montecorvino	5	197
R-MT05	510642,30	4596886,06	Motta Montecorvino	5	203
R-MT06	510937,88	4596682,13	Motta Montecorvino	7	321
R-MT07	511160,95	4596384,74	Motta Montecorvino	7	305
R-MT08	511261,53	4596042,59	Motta Montecorvino	7	239
R-MT09	509725,00	4596791,00	Motta Montecorvino	5	185

Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto ricadono nelle seguenti aree:

- Carta topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:50.000 - Foglio 420;
- Carta topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:25.000 - Tavole 163 II-SO e 174 I-NO;
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 - Elementi 407064, 407061, 407062;

In estrema sintesi è possibile riassumere l'intervento progettuale in:

- Dimezzamento del numero di aerogeneratori, con conseguente riduzione di spazio areale occupato dalle torri e quindi miglioramento dell'impatto visivo complessivo del parco eolico (riduzione effetto selva);
- Potenziamento del rendimento energetico dell'impianto, derivante dal raddoppio della potenza nominale prodotta da fonte rinnovabile, con conseguente riduzione di CO₂ emessa in atmosfera;
- Dismissione delle vecchie turbine esistenti e restituzione dei suoli non interessati dal nuovo intervento progettuale, e ripristino dello stato dei luoghi alle condizioni antecedenti all'opera;
- Realizzazione del nuovo impianto riutilizzando e/o adeguando le infrastrutture esistenti.

02. Inquadramento geologico del sito

L'area di intervento è situata a nord dell'abitato di Motta Montecorvino (FG), su di un alto morfologico corrispondente allo spartiacque che separa gli impluvi del torrente Triolo a nord in direzione dell'abitato di Pietramontecorvino, ed il torrente Salsola a sud; le Fig. 02-a e 02-b mostrano in dettaglio, sia su stralcio della cartografia tecnica regionale che su IGM 1:25000 l'ubicazione dell'impianto in progetto.

La Fig. 03 mostra invece i rapporti spaziali fra le vecchie turbine da rimuovere (in azzurro) e quelle nuove da installare (in arancione). Di seguito, in figura verrà mostrata solo la posizione delle nuove turbine.

L'area in studio ricade nel territorio conosciuto come Appennino Dauno, caratterizzato da una serie di accavallamenti tettonici a vergenza adriatica che coinvolgono unità tettoniche individuate tra l'Oligocene e il Pliocene.

Tra i terreni affioranti, di origine sedimentaria, prevalgono unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) e termini prevalentemente argillosi (Complesso indifferenziato o Argille Varicolori). Nelle aree con affioramenti argillosi è maggiormente diffusa la presenza di movimenti gravitativi.

Più in particolare, il substrato geologico dell'area di intervento è caratterizzato dall'affioramento di rocce di origine marina la cui età è compresa tra il Miocene e il Pliocene.

Queste vengono di seguito brevemente descritte dalle più antiche alle più recenti (cfr. Fig. 04, uno stralcio del F. 163 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000).

Complesso indifferenziato (i, in carta geologica).

Questa unità, conosciuta anche con il nome di Formazione delle Argille Varicolori, è formata da sedimenti a giacitura per lo più caotica, prevalentemente argillosi policromi, alternanti ad argille marnose e marne siltose con differente grado di costipazione e scistosità. A luoghi, l'unità è caratterizzata dalla presenza di strati litoidi formati da calcari, calcari marnosi, brecce, arenarie ed alternanze di strati a varia litologia e grado di cementazione.

Stratigraficamente questa successione è posta alla base della Formazione della Daunia (contatto tettonico).

Gli Autori delle Note Illustrative al Foglio 174 della Carta Geologica d'Italia non hanno attribuito un'età certa a questa unità, che in genere nei Fogli limitrofi è riferita all'intervallo Miocene - Oligocene.

Formazione della Daunia (bcD, in carta geologica).

È la formazione geologica meglio rappresentata in affioramento, è costituita da una successione torbiditica di breccie, brecciole e calcareniti che si alternano a marne ed argille di vario colore; argille e marne siltose, calcari pulverulenti organogeni; calcari microgranulari biancastri e giallastri; arenarie gialle, puddinghe poligeniche.

Nell'area in studio, i rapporti quantitativi tra i singoli componenti sono caratterizzati da relativamente pochi affioramenti di orizzonti clastici grossolani mentre prevalgono termini a granulometria più fine (sabbioso-arenitici e siltosi). Ciò condiziona il generale aspetto del territorio che mostra, anche nelle aree più elevate, profili morfologici relativamente dolci con versanti relativamente poco acclivi e creste smussate.

Queste rocce sono state riferite al Miocene.

Data la grande variabilità litologica che caratterizza le due formazioni, costituite per altro, a luoghi, da termini a composizione molto simile, sul campo è spesso difficile distinguere le unità del complesso indifferenziato da quelli della Formazione della Daunia. Questo fenomeno è altresì accentuato dalla diffusa scompaginazione degli strati causata dalle sollecitazioni tettoniche e dai più recenti movimenti franosi.

Argille scistose e argille marnose grigio-azzurrognole e sabbie argillose (PQa, in carta geologica).

Sono sedimenti argillosi e siltosi di colore grigiastro, alternati ad intercalazioni sabbioso-argillose, sia grigi che giallastri.

Questi termini pliocenici fanno parte della serie trasgressiva che ricopre i terreni miocenici dei monti della Daunia; questi affiorano in aree depresse tra i crinali.

03. Assetto geologico-strutturale e geomorfologico

L'assetto tettonico attuale del Subappennino Dauno è dovuto alle ultime fasi deformative che hanno caratterizzato la formazione della catena appenninica meridionale.

Nel corso dell'ultima fase orogenetica, cominciata durante il Messiniano, si individuò la così detta avanfossa adriatica meridionale, sede di un'attiva sedimentazione dal Pliocene a tutto il Pleistocene. Le spinte tettoniche verso oriente continuarono durante il Pliocene, causando, lungo il margine appenninico dell'avanfossa, l'accavallamento tettonico di unità appenniniche su depositi più recenti. In pratica, in questo periodo il fronte attivo della catena migrò verso est. Infine, durante il Quaternario, dopo una fase deformativa che portò alla generale subsidenza dei terreni al margine della catena, incominciò un graduale sollevamento.

Oggi, l'allineamento tettonico Carlantino - Volturara Appula separa i sedimenti più interni della Catena, maggiormente disturbati dalle spinte tettoniche, da quelli della fascia orientale in cui la sedimentazione è stata più continua.

L'area di studio, che ricade in prossimità del margine esterno dell'Appennino, è caratterizzata da una serie di faglie orientate NNO-SSE, a loro volta dissecate da faglie ad andamento antiappenninico.

Il locale substrato geologico è costituito dal Complesso indifferenziato, generalmente conosciuto con il nome di Argille varicolori. Alla scala dell'affioramento, ma anche a livello del campione, le argille recano evidenti segni di

profondo rimaneggiamento tettonico, con assetto caotico e strutture sedimentarie obliterate. Quando non alterate, il loro aspetto è tipicamente scaglioso.

Il Complesso indifferenziato costituisce la base su cui, con contatto tettonico, si sovrappone la Formazione torbiditica della Daunia. Rispetto al loro stato originario, gli strati della Formazione della Daunia si presentano in genere marcatamente degradati a causa degli stress tettonici che hanno favorito una intensa fratturazione.

Nell'area di Motta Montecorvino l'assetto giaciturale di tale unità è caratterizzato da una notevole immersione verso ovest, che cambia ad est dell'abitato, dove gli strati immergono verso i quadranti orientali con un'inclinazione circa parallela a quella dei depositi pliocenici sovrastanti.

La morfologia dell'area è dominata da creste allungate grosso modo lungo l'asse est-ovest, con elevazioni via via minori man mano che ci si allontana dal cuore della catena appenninica. Nell'area in esame la cima più alta è quella del Monte Sambuco (980 s.l.m.).

A seconda delle litologie affioranti, gli spartiacque separano valli più o meno ampie con versanti le cui pendenze massime si aggirano in media sui 30°. Acclività maggiori si registrano in corrispondenza degli affioramenti costituiti da rocce lapidee.

Alla scala del versante, l'altro carattere morfologico dominante è costituito dalla propensione al dissesto. Questa è maggiore laddove affiorano sedimenti a granulometria fine e/o litotipi lapidei intensamente fratturati.

Tra i fattori predisponenti il dissesto è da annoverare la scarsa copertura vegetale e le acclività dei pendii.

In generale, gran parte dei dissesti documentati è attualmente quiescente, ma recrudescenze del fenomeno franoso possono innescarsi in occasione di sollecitazioni sismiche e/o severi eventi meteorologici.

04. Classificazione sismica dell'area

Il territorio pugliese è generalmente ritenuto poco soggetto al rischio sismico, soprattutto per la più bassa frequenza temporale con cui si verificano eventi capaci di produrre danni.

Tuttavia, le ricerche degli ultimi decenni hanno mostrato che eventi sismici, originatisi sia lungo strutture regionali che extraregionali, possono produrre effetti non trascurabili, quando non devastanti.

Nel passato la Puglia è stata interessata da eventi sismici di una certa intensità che hanno causato la distruzione di intere cittadine con perdite di vite umane. Effetti di particolare intensità sono stati avvertiti anche in quelle aree tradizionalmente considerate a basso rischio. Infatti, a parte le ben note conseguenze dell'attività sismica del promontorio del Gargano e del vicino Appennino meridionale, anche il Salento è stato colpito da terremoti originatisi lungo le coste balcaniche. Tra gli eventi sismici storicamente documentati che hanno causato vittime in Puglia, i più gravi si sono verificati in provincia di Foggia. In quest'area tre eventi hanno assunto caratteri catastrofici. Noti sono i terremoti di Ascoli Satriano del 17 luglio 1361, quello della Capitanata settentrionale del 30 luglio 1627 e quello del Foggiano centro-meridionale del 20 marzo 1731. I primi due eventi hanno prodotto effetti massimi stimati intorno al X grado della scala M.C.S. (Mercalli - Cancani - Sieberg) causando vittime nell'ordine di alcune migliaia; il terzo ha prodotto effetti fino al IX grado M.C.S., con un numero di vittime più incerto, ma comunque rilevante (nell'ordine del migliaio, secondo alcune stime).

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA MONTECORVINO E VOLTURARA APPULA (FG), IN LOCALITA' SERRA DEFENZA, DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW

Il sisma meglio studiato è quello del 1627. Le cronache dell'epoca hanno suggerito che questo terremoto ha causato almeno 5000 vittime nell'area tra Serracapriola, Lesina, San Paolo di Civitate, Apricena, Torremaggiore e San Severo. Infine, nonostante sia comunemente diffusa l'opinione che la sismicità del nord della Puglia sia principalmente associata al promontorio garganico, è ormai riconosciuto che gravi catastrofi sismiche hanno avuto il loro fuoco nel Tavoliere o, comunque, nell'area compresa tra il Gargano ed il fronte della catena appenninica. La tabella che segue è tratta dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, indirizzo web: <https://emidius.mi.ingv.it>). Questo fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Motta Montecorvino										
PlaceID	IT_62216									
Coordinate (lat, lon)	41.508, 15.115									
Comune (ISTAT 2015)	Motta Montecorvino									
Provincia	Foggia									
Regione	Puglia									
Numero di eventi riportati	20									
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
5-6	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
4-5	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
F	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.09
NF	1955	02	09	10	06		Gargano	31	6-7	5.05
2	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64
5	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.09
NF	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
NF	1996	11	10	23	23	1	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	2001	07	02	10	04	4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5	2002	10	31	10	32	5	Molise	51	7-8	5.74
5-6	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
4-5	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
4	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
3	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64
NF	2006	12	10	11	03	4	Adriatico centrale	54		4.48

La Fig. 05 è uno stralcio del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15). Questo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Il catalogo considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza. La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (Mw) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza.

Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente a Mw 4.0 o superiore.

La zonazione sismica nazionale è stata definita con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003 "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003). In questa, il territorio italiano è stato classificato in quattro zone di rischio.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153 la Regione Puglia ha recepito l'O.P.C.M. n. 3274/2003, attribuendo ai singoli comuni una propria categoria sismica. In Fig. 06 è riprodotto uno stralcio della classificazione sismica elaborata ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274/2003. Da questa si evince che il territorio di Celle di San Vito ricade in zona sismica 2.

L'O.P.C.M. n. 3274/2003 è stata a sua volta aggiornata con l'O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha classificato la zonazione sismica sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g

In Fig. 07 è riprodotto uno stralcio della classificazione sismica elaborata ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3519/2006.

05. Caratterizzazione del sottosuolo all'interno del parco eolico

Per ricostruire la sismo-stratigrafia del terreno di fondazione e per poter estrapolare i moduli elasto-dinamici e poter per definire la categoria del suolo di fondazione, come prescritto dalla vigente normativa antisismica, sono state eseguite indagini sismiche con la tecnica della tomografia in rifrazione con onde P e con la tecnica della M.A.S.W. con onde S (allegato 1).

La descrizione delle indagini in sito è puntualmente dettagliata nell'elaborato (allegato: "REPORT INDAGINI GEOFISICHE").

Le coordinate dei siti investigati (centro degli stendimenti) sono le seguenti (Fig. 08):

STENDIMENTO	WGS84	
	A	A'
AA'	508905.19 E – 4597185.87 N	508901.38 E – 4597235.44 N
BB'	B	B'
	509343.3 E – 4597155.0 N	509315.2 E – 4597115.1 N
CC'	C	C'
	510054.63 E – 4597241.72 N	510103.71 E – 4597241.89 N
DD'	D	D'
	510421.7 E – 4597192.7 N	510378.1 E – 4597213.1 N
EE'	E	E'
	510688.75 E – 4596933.03 N	510724.85 E – 4596906.78 N
FF'	F	F'
	510948.13 E – 4596641.98 N	510919.52 E – 4596680.63 N
GG'	G	G'
	511158.87 E – 4596442.03 N	511209.22 E – 4596434.27 N

Le indagini e le conseguenti elaborazioni delle informazioni raccolte hanno consentito di classificare il suolo nelle aree di indagine:

AA' = $V_{Seq} = 510.60$ m/s =	Categoria di suolo B
BB' = $V_{Seq} = 351.38$ m/s =	Categoria di suolo C
CC' = $V_{Seq} = 483.02$ m/s =	Categoria di suolo B
DD' = $V_{Seq} = 471.89$ m/s =	Categoria di suolo B
EE' = $V_{Seq} = 459.95$ m/s =	Categoria di suolo B
FF' = $V_{Seq} = 405.21$ m/s =	Categoria di suolo B
GG' = $V_{Seq} = 433.97$ m/s =	Categoria di suolo B

In pratica, i terreni di fondazione ricadenti al di sotto degli stendimenti AA', CC', DD', EE', FF' e GG' rientrano nella categoria "B" che comprende "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Mentre, solamente i terreni di fondazione ricadenti al di sotto dello stendimento BB' rientrano nella categoria "C" che comprende "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Per ogni ulteriore approfondimento che dovesse rendersi necessario si consulti l'elaborato (allegato) "REPORT INDAGINI GEOFISICHE".

Al quadro geologico-geomorfologico relativamente poco complesso si contrappone un assetto litologico piuttosto variegato in quanto, al loro interno, le formazioni sono caratterizzate dall'irregolare distribuzione di orizzonti con differenti caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per esempio (Fig.04), facies simili per litologia affiorano tanto a letto (Complesso indifferenziato, Argille varicolori) dei flysch della Formazione della Daunia, quanto a tetto di essi (terreni pliocenici). La stessa Formazione della Daunia presenta orizzonti argillosi e marnosi, il cui comportamento geotecnico è simile a quello delle unità stratigraficamente adiacenti.

Più nel dettaglio, nell'area di intervento affiorano argille, sabbie argillose, conglomerati, marne ecc., spesso interessati da crostoni calcarei.

06. Moduli elasto-dinamici del terreno

Nelle tabelle sottostanti sono riportati i moduli elasto-dinamici ottenuti dall'elaborazione dei dati dei sondaggi sismici.

Stendimento sismico AA'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico AA'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	γ _{sat} (gr/cm ³)
250.00	184.00	1.46	498.9	255.8	907.1	921.0	-0.09	1.36	267.91	1.94
500.00	266.00	1.66	1189.5	2616.8	3098.9	4202.7	0.30	1.88	441.83	2.04
1500.00	596.00	2.05	7357.6	36794.2	20693.5	46604.4	0.41	2.52	1219.76	2.27
2600.00	1254.00	2.27	36159.9	107232.5	97518.2	155445.6	0.35	2.07	2849.13	2.59

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	184 - 266	1.46 - 1.66	499 - 1189	256 - 2617	907 - 3099
II	1 - 10	500 - 1500	266 - 596	1.66 - 2.05	1189 - 7358	2617 - 36794	3099 - 20693
III	10 - 15	1500 - 600	596 - 1254	2.05 - 2.27	7358 - 36160	36794 - 107232	20693 - 97518

Stendimento sismico BB'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico BB'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	γ _{sat} (gr/cm ³)
250.00	154.00	1.46	349.5	455.0	834.8	921.0	0.19	1.62	224.23	1.87
500.00	255.00	1.66	1093.1	2745.2	2895.1	4202.7	0.32	1.96	423.56	2.03
1500.00	611.00	2.05	7732.6	36294.2	21659.6	46604.4	0.40	2.45	1250.46	2.26
3100.00	1200.00	2.35	34238.0	182840.3	96679.3	228490.9	0.41	2.58	2819.10	2.54

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	154 - 255	1.46 - 1.66	349 - 1093	455 - 2745	835 - 2895
II	1 - 15	500 - 1500	255 - 611	1.66 - 2.05	1093 - 7733	2745 - 36294	2895 - 21660
III	15 - 25	1500 - 3100	611 - 1200	2.05 - 2.35	7733 - 34238	36294 - 182840	21660 - 96679

Stendimento sismico CC'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico CC'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	γ _{sat} (gr/cm ³)
250.00	155.00	1.46	354.0	449.0	841.1	921.0	0.19	1.61	225.69	1.87
500.00	325.00	1.66	1775.7	1835.2	4027.9	4202.7	0.13	1.54	539.83	2.12
1300.00	654.00	1.99	8621.7	22570.6	22943.6	34066.1	0.33	1.99	1302.56	2.32
1900.00	789.00	2.14	13486.6	60226.9	37649.6	78209.1	0.40	2.41	1688.92	2.40

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA MONTECORVINO E VOLTURARA
APPULA (FG), IN LOCALITA' SERRA DEFENZA, DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW

Sismostrato	Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	155 - 325	1.46 - 1.66	354 - 1776	449 - 1835	841 - 4028
II	1 - 9	500 - 1300	325 - 654	1.66 - 1.99	1776 - 8622	1835 - 22571	4028 - 22943
III	9 - 15	1300 - 1900	654 - 789	1.99 - 2.14	8622 - 13487	22571 - 60227	22943 - 37650

Stendimento sismico DD'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico DD'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	Vp/Vs	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	452.00	1.66	3434.5	0	0	4202.7	0	1.11	750.78	2.25
1300.00	754.00	1.99	11459.8	18786.3	28570.2	34066.1	0.25	1.72	1501.73	2.35
2300.00	887.00	2.22	17675.1	95275.4	49937.3	118842.2	0.41	2.59	1968.89	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	112 - 452	1.46 - 1.66	185 - 3434	-	-
II	1 - 12	500 - 1300	452 - 754	1.66 - 1.99	3434 - 11460	-	-
III	12 - 15	1300 - 2300	754 - 887	1.99 - 2.22	11460 - 17675	18786 - 95275	28570 - 49937

Stendimento sismico EE'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico EE'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA MONTECORVINO E VOLTURARA APPULA (FG), IN LOCALITA' SERRA DEFENZA, DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	γ _{sat} (gr/cm ³)
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1200.00	652.00	1.96	8439.7	17335.7	21784.0	28588.7	0.29	1.84	1278.98	2.33
1800.00	954.00	2.12	19515.8	43454.8	50923.9	69475.8	0.30	1.89	2021.25	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	112 - 312	1.46 - 1.66	185 - 1636	675 - 2021	508 - 3866
II	1 - 7	500 - 1200	312 - 652	1.66 - 1.96	1636 - 8440	2021 - 17336	3866 - 21784
III	7 - 12	1200 - 1800	652 - 954	1.96 - 2.12	8440 - 19516	17336 - 43455	21784 - 50924

Stendimento sismico FF'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico FF'. I valori delle V_s sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	γ _{sat} (gr/cm ³)
250.00	188.00	1.46	520.8	226.6	884.7	921.0	-0.15	1.33	273.74	1.95
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1300.00	625.00	1.99	7874.0	23567.4	21254.9	34066.1	0.35	2.08	1244.80	2.30
2400.00	814.00	2.24	15006.4	110443.1	43068.5	130451.6	0.44	2.95	1821.52	2.42

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 2	250 - 500	188 - 312	1.46 - 1.66	521 - 1636	227 - 2021	885 - 4203
II	2 - 10	500 - 1300	312 - 625	1.66 - 1.99	1636 - 7874	2021 - 23567	4203 - 34066
III	10 - 15	1300 - 2400	625 - 814	1.99 - 2.24	7874 - 15006	23567 - 110443	34066 - 130452

Stendimento sismico GG'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico GG'. I valori delle V_s sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA MONTECORVINO E VOLTURARA APPULA (FG), IN LOCALITA' SERRA DEFENZA, DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	V _{sat} (gr/cm ³)
250.00	172.00	1.46	436.0	339.7	916.1	921.0	0.05	1.45	250.44	1.91
500.00	345.00	1.66	2000.9	1534.8	4184.4	4202.7	0.05	1.45	573.05	2.14
1300.00	588.00	1.99	6969.3	24773.7	19115.5	34066.1	0.37	2.21	1171.11	2.25
3000.00	785.00	2.33	14560.6	193244.2	42611.6	212658.3	0.46	3.82	1832.71	2.37

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 2	250 - 500	172 - 345	1.46 - 1.66	436 - 2001	340 - 1535	916 - 4184
II	2 - 15	500 - 1300	345 - 588	1.66 - 1.99	2001 - 6969	1535 - 24774	4184 - 19115
III	15 -25	1300 - 3000	588 - 785	1.99 - 2.33	6969 -14561	24774 - 193244	19115 - 42612

07. Parametri geotecnici bibliografici dei terreni affioranti

Al quadro geologico-geomorfologico relativamente poco complesso si contrappone un assetto litologico piuttosto variegato in quanto, al loro interno, le formazioni sono caratterizzate dall'irregolare distribuzione di orizzonti con differenti caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per esempio (Fig. 03), facies simili per litologia affiorano tanto a letto (Complesso indifferenziato, Argille varicolori) dei flysch della Formazione della Daunia, quanto a tetto di essi (terreni pliocenici). La stessa Formazione della Daunia presenta orizzonti argillosi e marnosi, il cui comportamento geotecnico è simile a quello delle unità stratigraficamente adiacenti.

Pertanto, con l'ausilio di dati puramente bibliografici è possibile indicare alcuni parametri geotecnici dei terreni affioranti.

- depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro:

c	0,10 kg/cmq	coesione
Φ	21°	Angolo di attrito

- alternanza di argilliti poco compatte con livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti

c	0,38 kg/cmq	coesione
Φ	24°	Angolo di attrito

- alternanza di argilliti ben costipate con livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti

c	0,55 kg/cmq	coesione
Φ	28°	Angolo di attrito

08. Conclusioni

Lo scopo del presente lavoro è fornire una base di conoscenze sismiche e geotecniche per una porzione di territorio in agro di Motta Montecorvino (FG) in cui il gestore Erg Wind 4 s.r.l. intende intervenire su un impianto di generazione di energia eolica situato a nord della cittadina. Attualmente l'installazione è costituita da 25 aerogeneratori ricadenti fra il territorio di Motta Monte Corvino (FG) e Volturara Appula (FG). Il gestore intende attuare un'operazione di repowering che, in linea di massima, prevede la rimozione dei 18 aerogeneratori

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI MOTTA MONTECORVINO E VOLTURARA APPULA (FG), IN LOCALITA' SERRA DEFENZA, DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW

esistenti tralicciati della potenza nominale di 0,60 MW ricadenti nel territorio di Motta Montecorvino, e l'installazione nella stessa area d'impianto di 9 aerogeneratori di nuova generazione della potenza massima di 4,2 MW e delle opere elettriche di adeguamento del cavo MT esterno di connessione esistente alla sottostazione elettrica ubicata nel comune di Volturara Appula (FG) alla quale è connesso l'attuale impianto eolico.

Più nel dettaglio, nell'area di intervento affiorano argille, sabbie argillose, conglomerati, marne ecc., spesso interessati da crostoni calcarei.

La caratterizzazione elasto-meccanica dei terreni di fondazione è stata ricavata attraverso i risultati delle indagini sismiche effettuate per conto dello scrivente quest'anno.

Il territorio di Motta Montecorvino ricade in zona sismica 2, qui, l'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni è stata calcolata essere tra 0,15 e 0,25 g.

Le indagini e le conseguenti elaborazioni delle informazioni raccolte hanno consentito di classificare il suolo nelle aree di indagine:

AA' = $V_{Seq} = 510.60$ m/s =	Categoria di suolo B
BB' = $V_{Seq} = 351.38$ m/s =	Categoria di suolo C
CC' = $V_{Seq} = 483.02$ m/s =	Categoria di suolo B
DD' = $V_{Seq} = 471.89$ m/s =	Categoria di suolo B
EE' = $V_{Seq} = 459.95$ m/s =	Categoria di suolo B
FF' = $V_{Seq} = 405.21$ m/s =	Categoria di suolo B
GG' = $V_{Seq} = 433.97$ m/s =	Categoria di suolo B

Gioia del Colle, luglio 2019

Dott. Geol. Raffaele Sassone



Allegato 1:
Elaborati cartografici

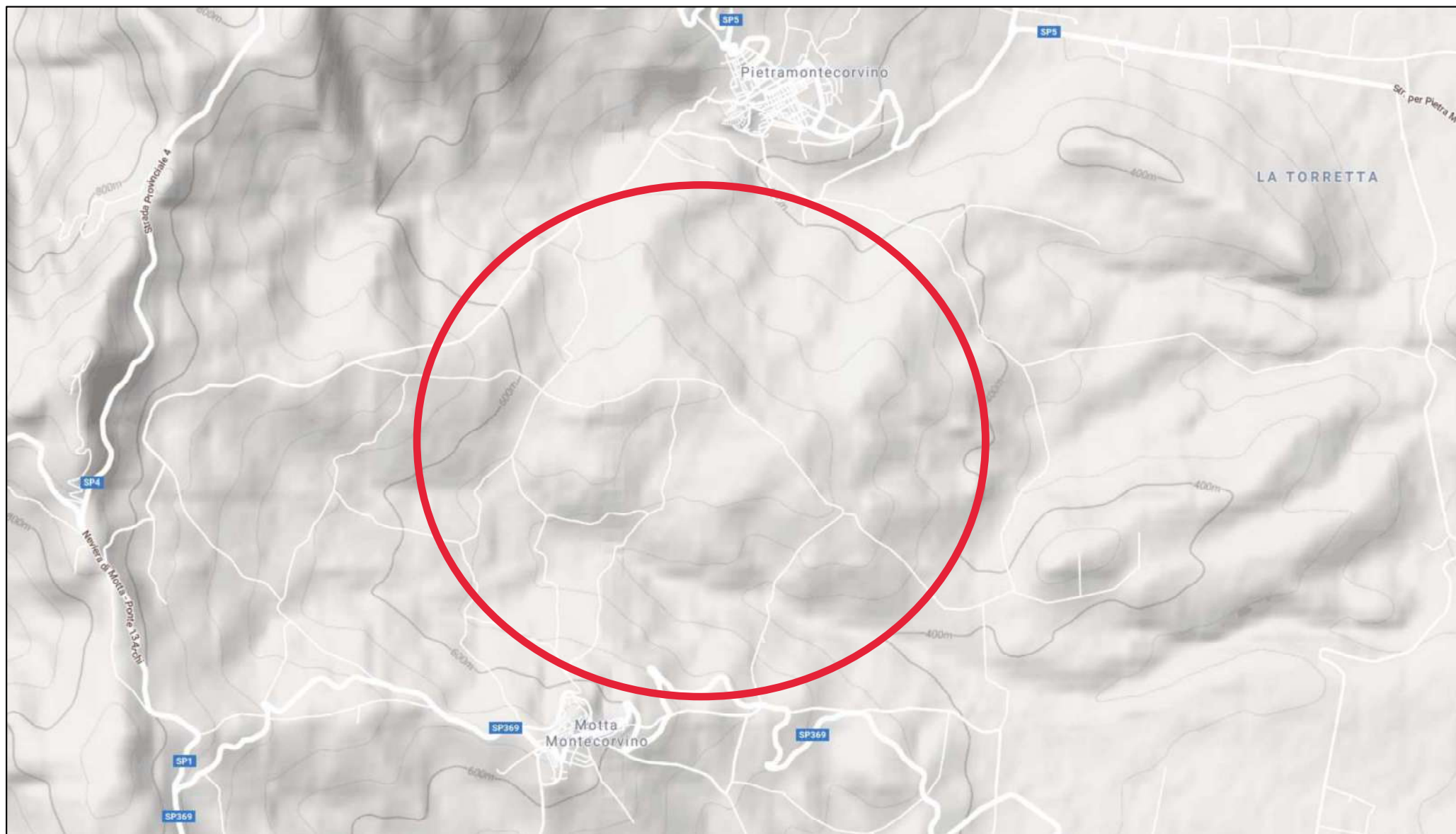


Fig. 01 - Area di studio su stralcio di carta altimetrica (GoogleMaps 2019)

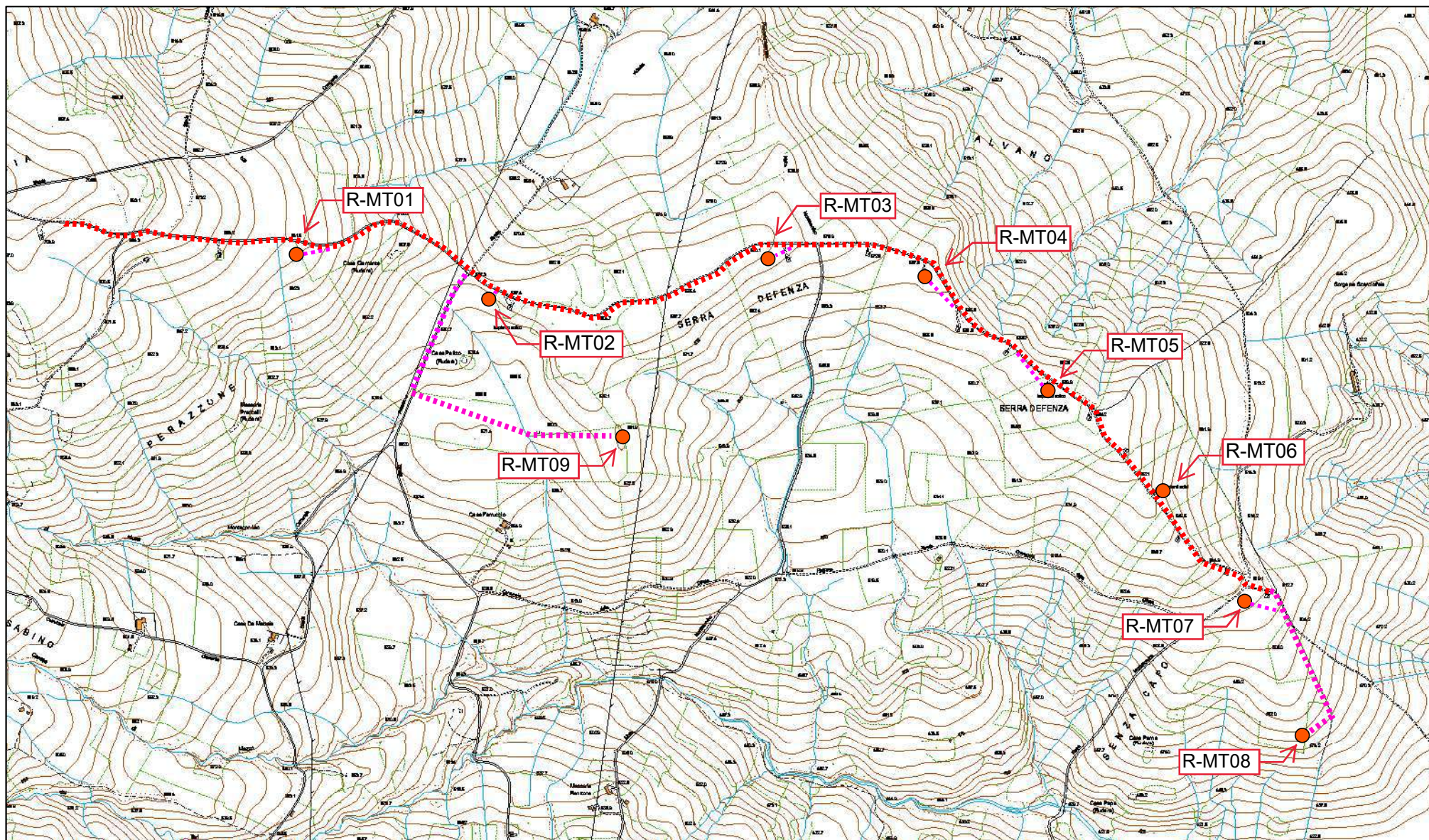


Fig. 02-a - Ubicazione dell'impianto in progetto su stralcio di Carta Tecnica Regionale 1:16000

- NUOVI AEROGENERATORI
- ⋯ CAVIDOTTO ESTERNO DA ADEGUARE
- ⋯ CAVIDOTTO INTERNO DA REALIZZARE

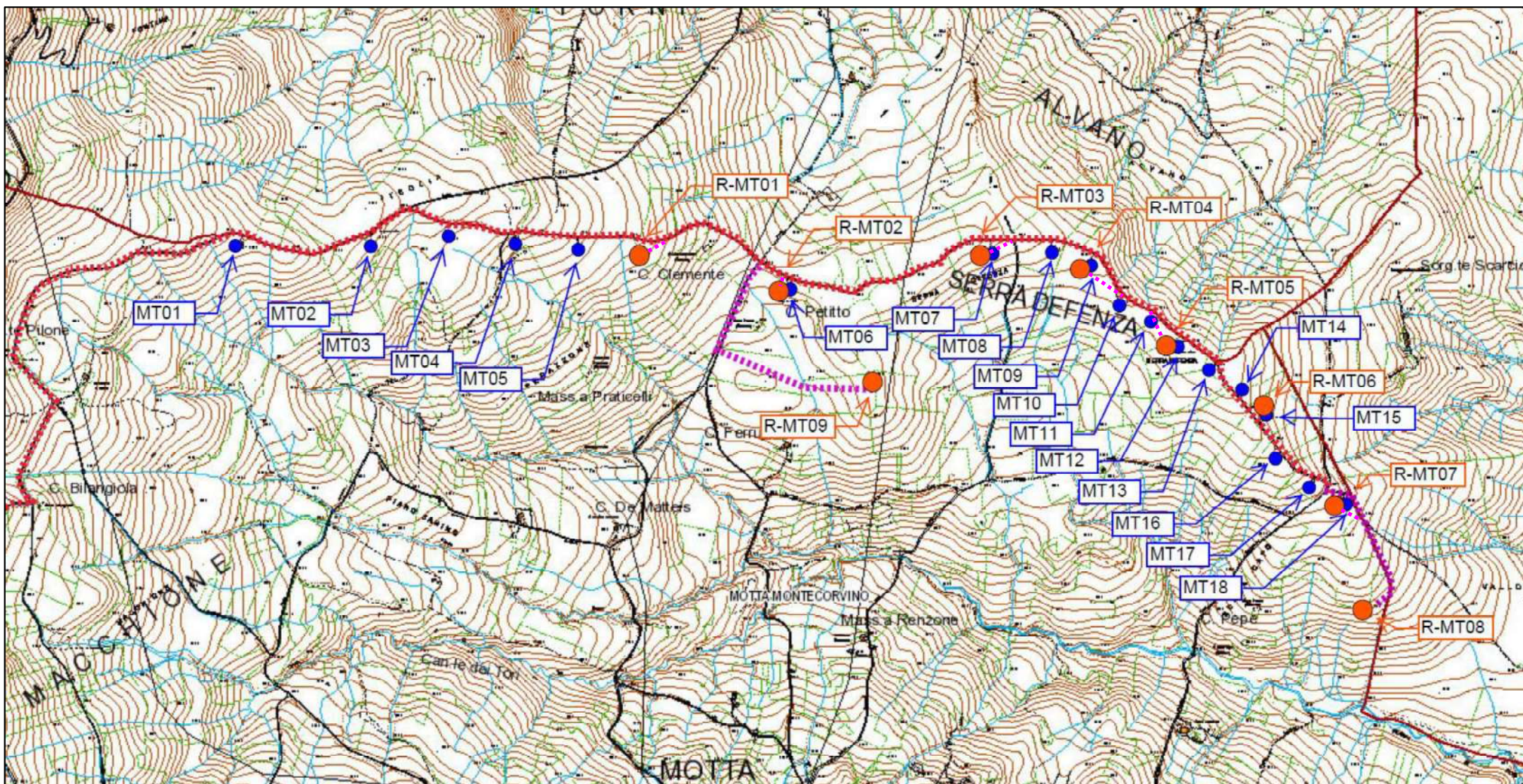
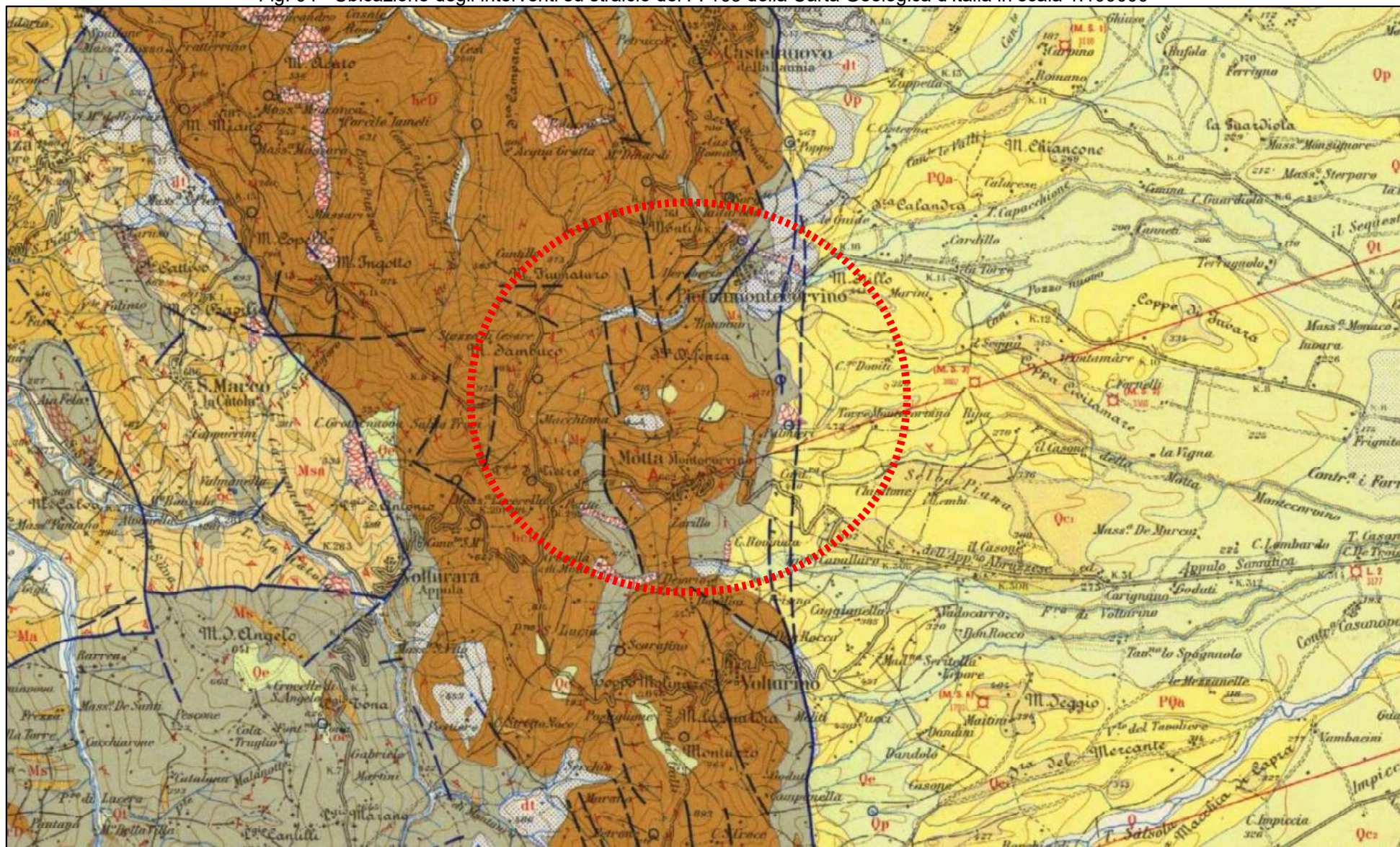
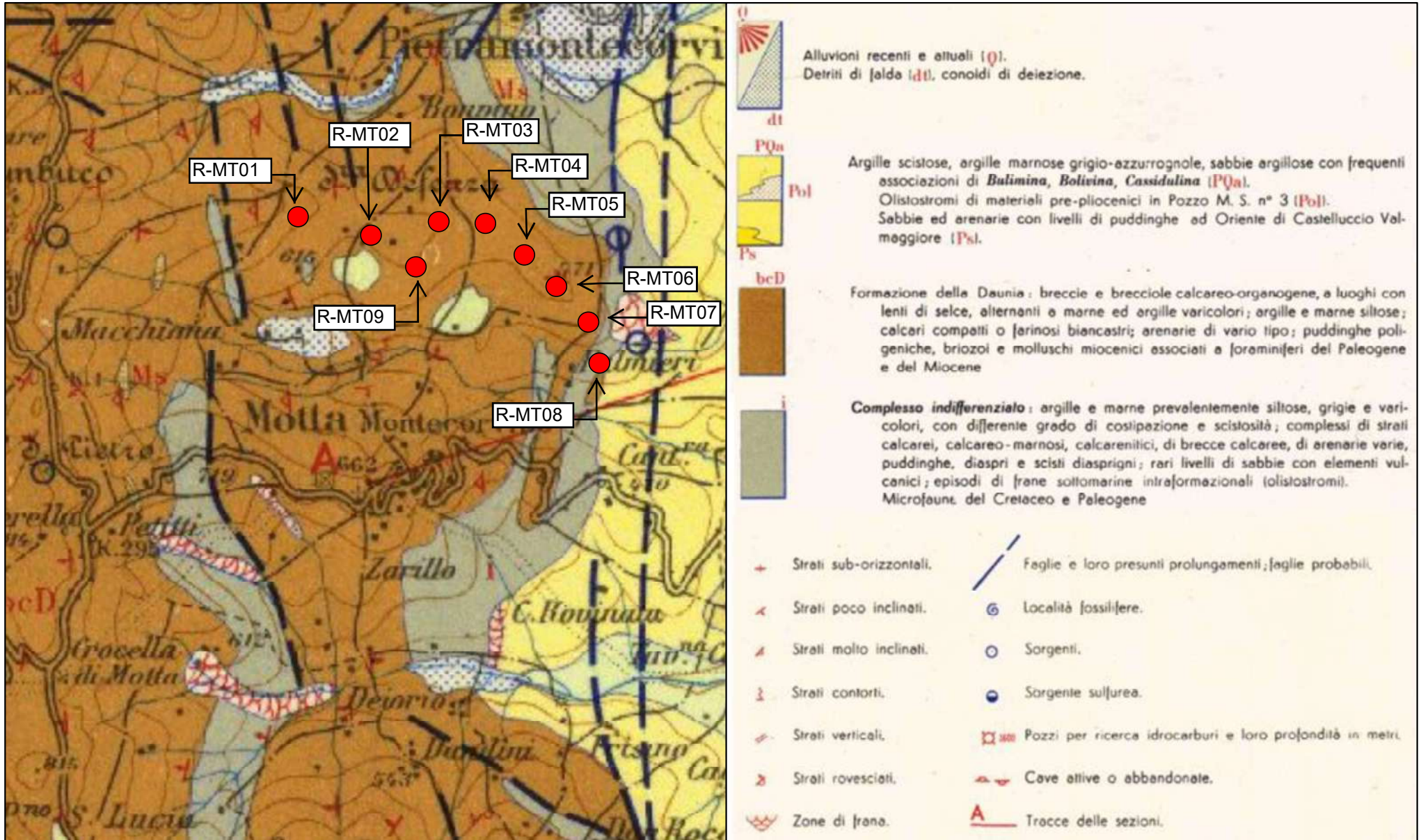


Fig. 03 - Rapporti spaziali intercorrenti tra le turbine esistenti da rimuovere e le nuove turbine da installare su stralcio di Carta Tecnica Regionale 1:16000

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| ● NUOVI AEROGENERATORI | CAVIDOTTO ESTERNO DA ADEGUARE |
| ● VECCHI AEROGENERATORI | CAVIDOTTO INTERNO DA REALIZZARE |

Fig. 04 - Ubicazione degli interventi su stralcio del F. 163 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000





● NUOVI AEROGENERATORI

Allegato 2:

Indagini sismiche, con la tecnica della rifrazione e della MASW, per la caratterizzazione del sottosuolo all'interno di un parco eolico



GEOMONITEK SRL

INDAGINI GEOFISICHE E IDROGEOLOGICHE
MONITORAGGIO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

COMUNE DI MOTTA MONTECORVINO

PROVINCIA DI FOGGIA

Elaborato

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

REDATTO

VERIFICATO

REVISIONE

GEOL. DE GIORGIO

GEOL. GIGANTE

A

COMMITTENTE: Geol. Raffaele Sassone

EMISIONE

CODICE ELABORATO

CODICE ARCHIVIAZIONE FILE

30.06.2019

GMT_RGF011_300619

GMT_RGF011_300619.pdf

GEOMONITEK SRL

Sede legale: Corso Trieste e Trento, 112 - 70011 Alberobello (BA) - Italia - P.IVA 07316560726

Tel. 0804322730 - e-mail: info@geomonitek.com - www.geomonitek.com

Indice

1. PREMESSA	2
2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.1 IL METODO DELLA SISMICA A RIFRAZIONE.....	3
2.2 METODO M.A.S.W.	3
2.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	4
3. ATTIVITÀ DI CAMPO	5
4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE	6
4.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	6
4.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	9
4.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	12
4.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI	15
4.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI	18
4.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI	21
4.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI	24
5. ANALISI MASW	27
5.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	27
5.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	30
5.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	33
5.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI	36
5.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI	39
5.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI	42
5.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI	45
6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE	48
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO AA'.....	48
6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO BB'.....	48
6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO CC'.....	49
6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO DD'.....	49
6.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO EE'.....	50
6.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO FF'.....	50
6.7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO GG'.....	51
7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	52
7.1 STENDIMENTO SISMICO AA'.....	52
7.2 STENDIMENTO SISMICO BB'.....	53
7.3 STENDIMENTO SISMICO CC'.....	54
7.4 STENDIMENTO SISMICO DD'.....	55
7.5 STENDIMENTO SISMICO EE'.....	56
7.6 STENDIMENTO SISMICO FF'.....	57
7.7 STENDIMENTO SISMICO GG'.....	58
8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	59

1. PREMESSA

Il presente report riferisce sulle risultanze di indagini geognostiche di tipo indiretto condotte nel territorio comunale di Motta Montecorvino, Provincia di Foggia, presso l'impianto eolico, finalizzate alla caratterizzazione geofisica del sottosuolo. L'incarico è stato affidato a questa Società dal Geologo Raffaele Sassone.

L'indagine in loco è consistita nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n.7 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'), ubicati come da corografia (Fig.1) e planimetrie inserite in relazione, con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n.7 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channelAnalysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce dei rilievi sismici a rifrazione, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Le tipologie di rilievo condotte sul terreno e le ubicazioni corrispondenti sono state indicate dalla DD.LL., in maniera tale da investigare le aree di interesse compatibilmente con gli spazi fisici a disposizione.

Si sottolinea che l'indagine sismica consente di valutare le risposte fisico-elastiche dell'ammasso roccioso indagato e l'individuazione di superfici di discontinuità fisiche laterali e/o verticali in termini di passaggi di velocità nelle onde elastiche lungo i profili nel sottosuolo.

2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito, come detto in premessa, è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume longitudinali (o onde P) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW che permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali.

2.1 Il metodo della sismica a rifrazione

La prospezione sismica è un'indagine indiretta, che si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie. Tali perturbazioni sono generalmente provocate da vibrazioni impresse al terreno con mezzi meccanici o da esplosioni. Le discontinuità ricercate mediante la prospezione sono di natura fisico-elastica e pertanto la ricostruzione della geometria e natura del sottosuolo possono essere legate sia a reali variazioni litologiche sia a variazioni rinvenibili nell'ambito di uno stesso litotipo. Il metodo della sismica a rifrazione si basa sul concetto di bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito di un fronte d'onda conico. Data quindi una sorgente di onde elastiche (massa battente, martello a percussione, piccola esplosione) e dato uno stendimento di trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati lungo un determinato allineamento, giungeranno ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde birifratte (head wave). Le onde birifratte sono quelle analizzate attraverso il metodo della sismica a rifrazione. Tali perturbazioni giungono sulla superficie di separazione tra due mezzi elastici (2 litologie differenti) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell), si propagano parallelamente alla superficie di discontinuità (prima rifrazione con angolo di 90°), e si rifrangono nuovamente verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

Successivamente alla registrazione dei dati, la prima operazione svolta è consistita nell'individuazione dei primi arrivi sui singoli sismogrammi (picking). Dall'acquisizione dei tempi di primo arrivo, conoscendo le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico), è stato ottenuto un diagramma tempi-distanze (dromocrona), attraverso il quale, applicando diverse metodologie, è stato possibile determinare le velocità di propagazione delle onde nel mezzo sottostante e i relativi spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica. Per le analisi interpretative, è stato utilizzato il software Rayfract (versione 3.21) che ha permesso di ottenere l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità.

2.2 Metodo M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva, utile a definire l'azione sismica di progetto, che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali V_s nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna, sulla base della misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, le uniche onde utilizzate nell'indagine MASW, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. L'impiego di tali onde è giustificato dalle proprietà che possiedono, infatti, trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente (scoppio) e allontanandosi da essa (scoppio) subiscono

un'attenuazione geometrica inferiore rispetto a quella che eventualmente avrebbero le onde P ed SV, propagandosi, conseguentemente, a profondità più grandi.

Il metodo M.A.S.W. può essere suddiviso in quattro fasi fondamentali (Roma, 2002):

- calcolo della curva di dispersione sperimentale;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Il calcolo della curva di dispersione sperimentale, si ottiene dalle misure effettuate in situ. Essa si estrae dallo spettro del dominio frequenza – numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo del moto nel dominio spazio-tempo.

Il calcolo delle curve di dispersione numeriche, apparente ed effettiva invece, si ricava applicando un'unica trasformata di Fourier alla funzione di Green. Per il calcolo della prima è stato utilizzato il metodo Roma (2001), mentre per il calcolo della seconda (curva di dispersione effettiva numerica) è stato utilizzato il metodo Lai-Rix (1998).

L'individuazione del profilo Vs, infine, è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

Per quanto riguarda, infine, la strumentazione necessaria all'esecuzione di tale indagine MASW, ci si è avvalsi delle seguenti componenti tecniche: registratore multicanale; geofoni o accelerometri da 4.5 Hz (almeno 12 canali); cavi per stendimenti sismici; sorgente energizzante composta da piastra metallica (per battuta) ed una massa battente di 5 - 10 Kg; bindella metrica per la disposizione geometricamente corretta dei geofoni con interasse compreso tra 0.5 e 5 metri.

2.3 Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata per la registrazione dei segnali è del tipo a 24 canali, modello DBS280 (anno 2012) della DOLANG interfacciato con un computer portatile.

L'attrezzatura è composta da:

- **un sistema di energizzazione:** la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in acciaio posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- **un sistema di trigger:** consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.
- **un sistema di ricezione:** costituito da 24 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione 4,5 Hz.
- **un sistema di acquisizione dati:** con memoria dinamica a 16 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali per un totale di 24 canali, 2 cavi sismici a 12 take-outs ciascuno spaziato a 5 metri, notebook PC Windows XP con software DBS280 Versione 5.1 della DOLANG

3. ATTIVITÀ DI CAMPO

L'indagine in loco è consistita come detto nella realizzazione di n.7 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG') e nell'esecuzione di n.7 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce delle sezioni tomografiche, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Gli stendimenti sismici hanno tutti lunghezza di 48 metri e sono ubicati come riportato nella seguente figura (Fig.1).

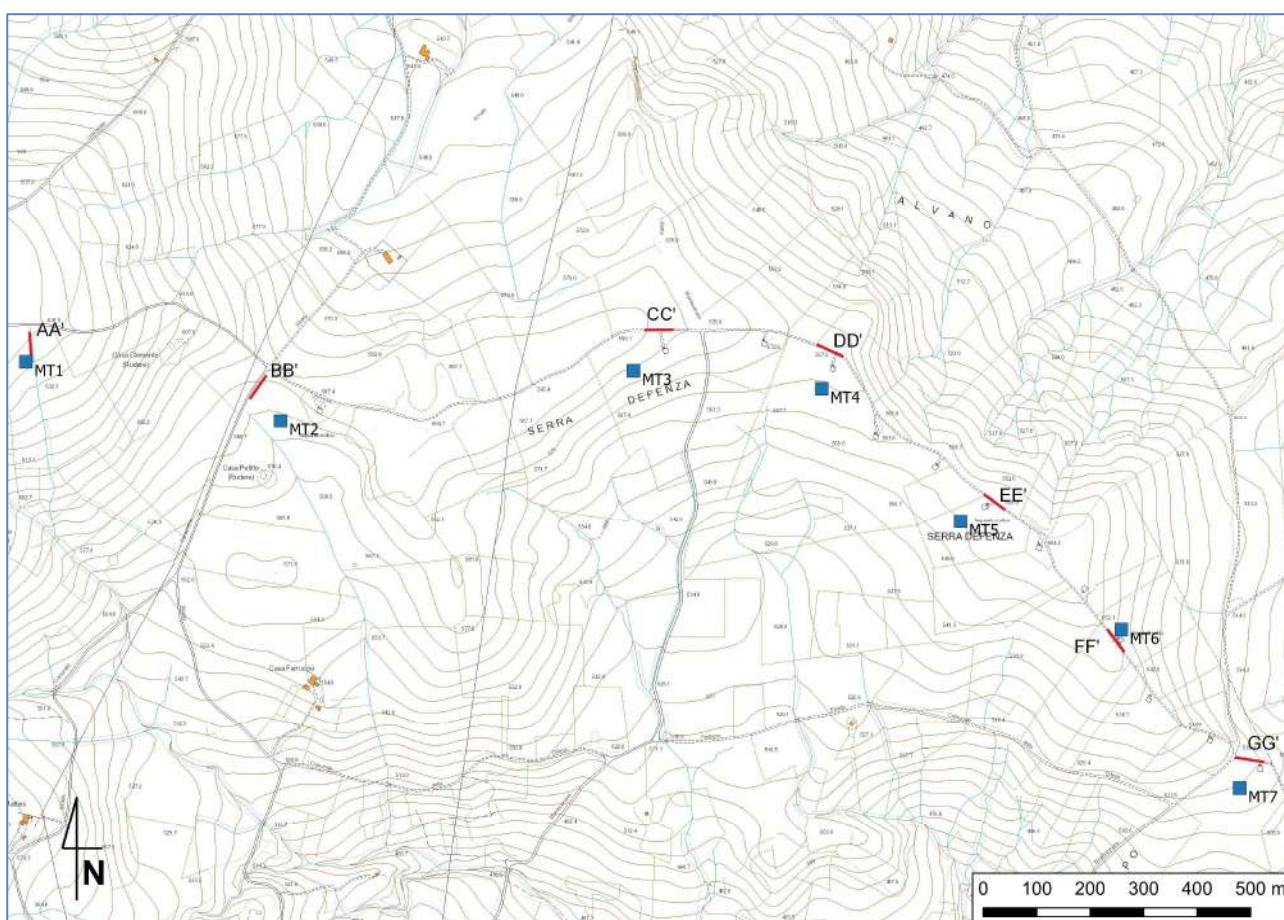


Fig. 1 – Corografia stendimenti sismici a rifrazione (i quadrati blu indicano i generatori eolici)

4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE

4.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione AA' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata S/N e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

A – 508905.19 E – 4597185.87 N; A' – 508901.38 E – 4597235.44 N.

Lo stendimento AA' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.2).

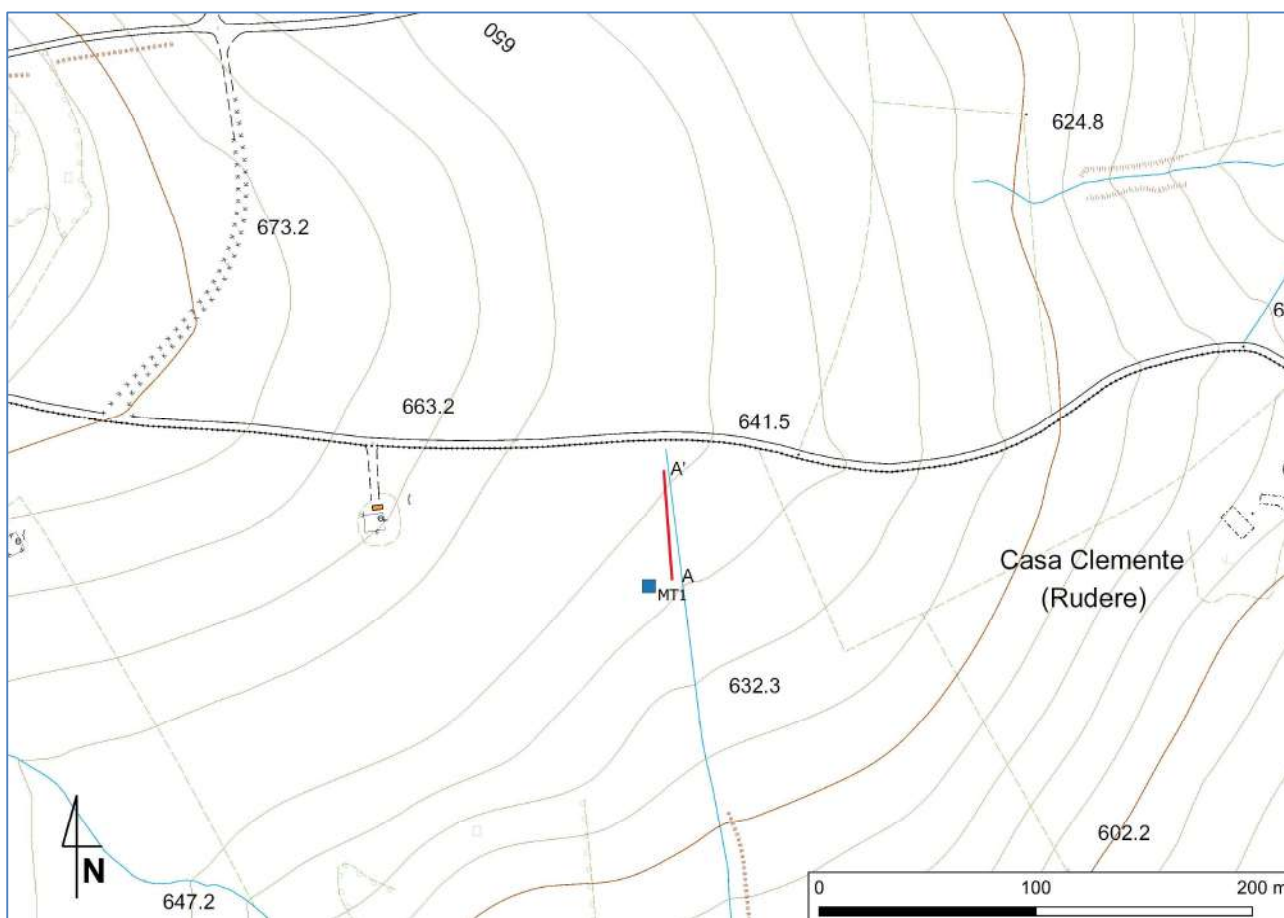


Fig. 2 – Ubicazione dello stendimento sismico AA' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.3).

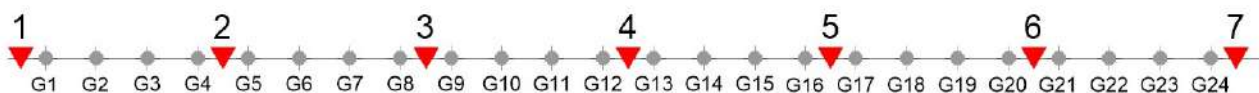


Fig.3 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione AA'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 4 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

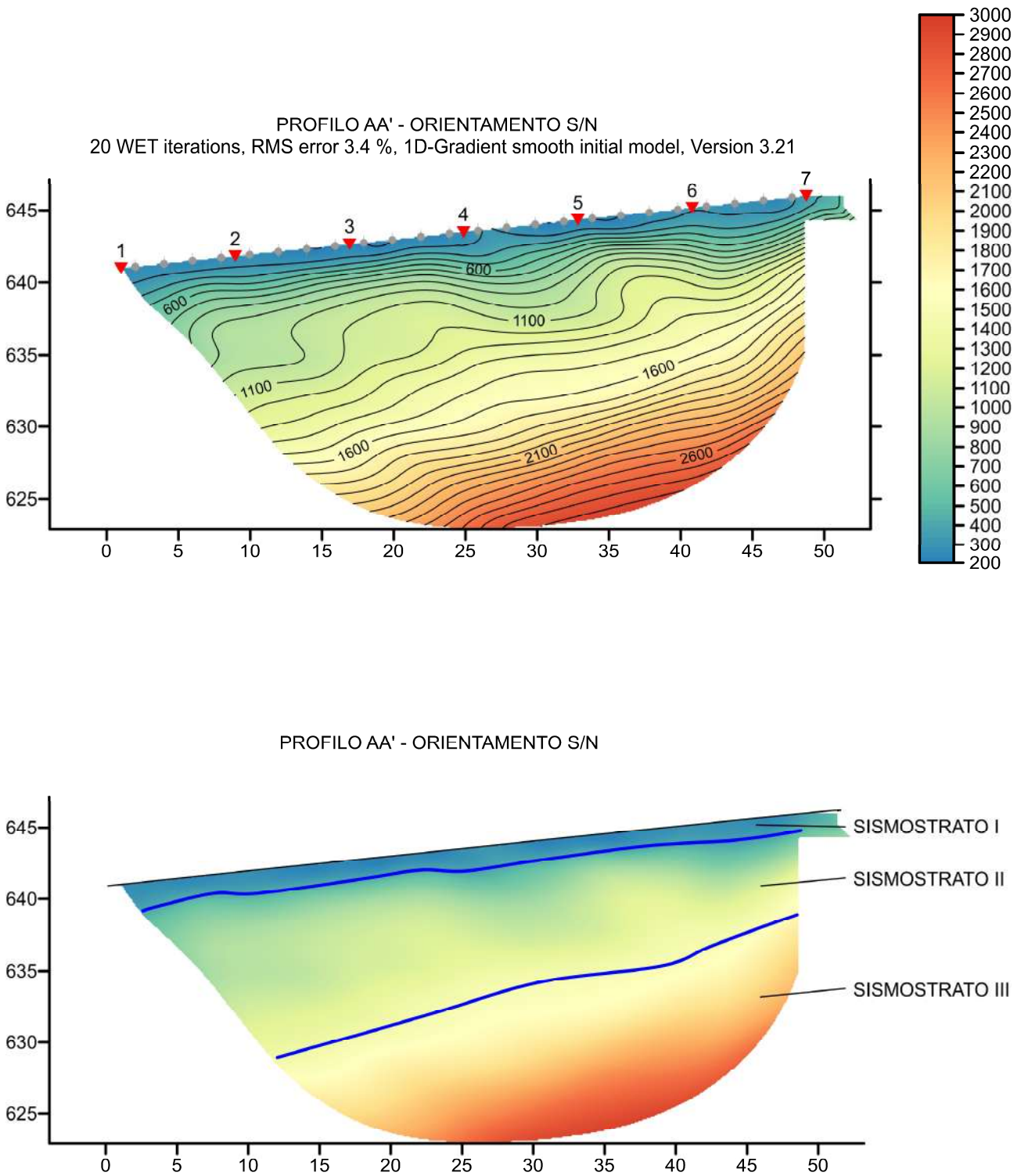


Fig. 4 – Sezione tomografica del profilo AA' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 1 m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1500 m/s. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2600 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

4.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione BB' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata NE-SW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

B – 509343.3 E – 4597155.0 N; B' – 509315.2 E – 4597115.1 N.

Lo stendimento BB' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.5).

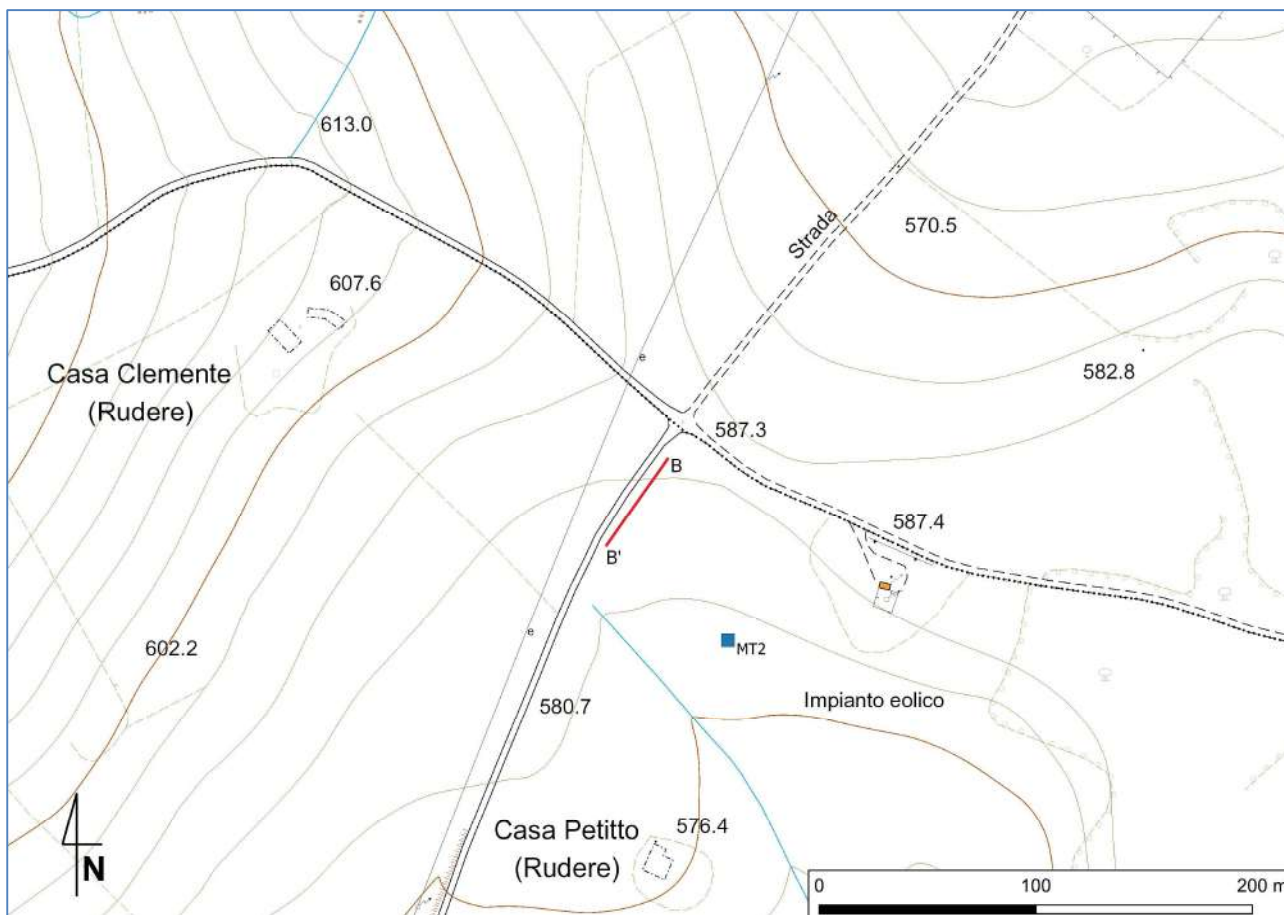


Fig. 5 – Ubicazione dello stendimento sismico BB' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.6).

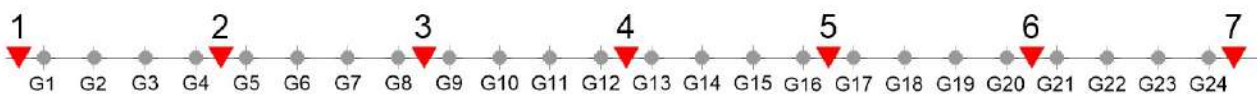


Fig.6 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione BB'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 7 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

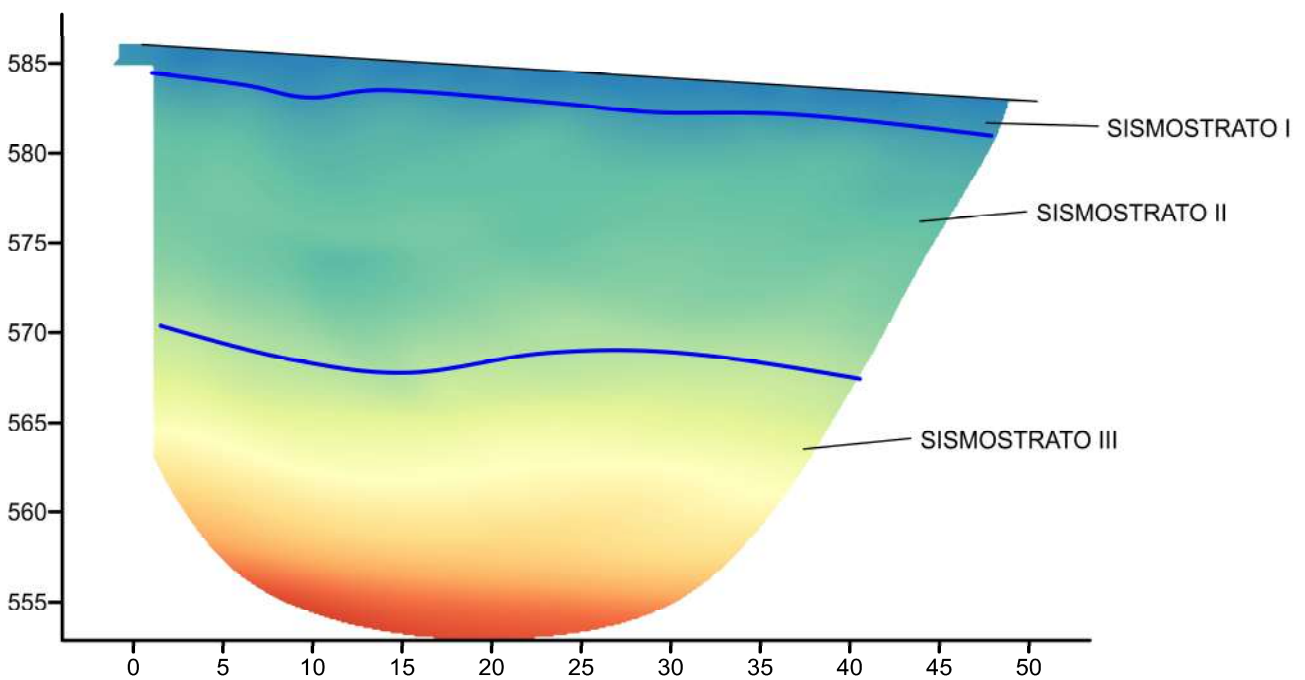
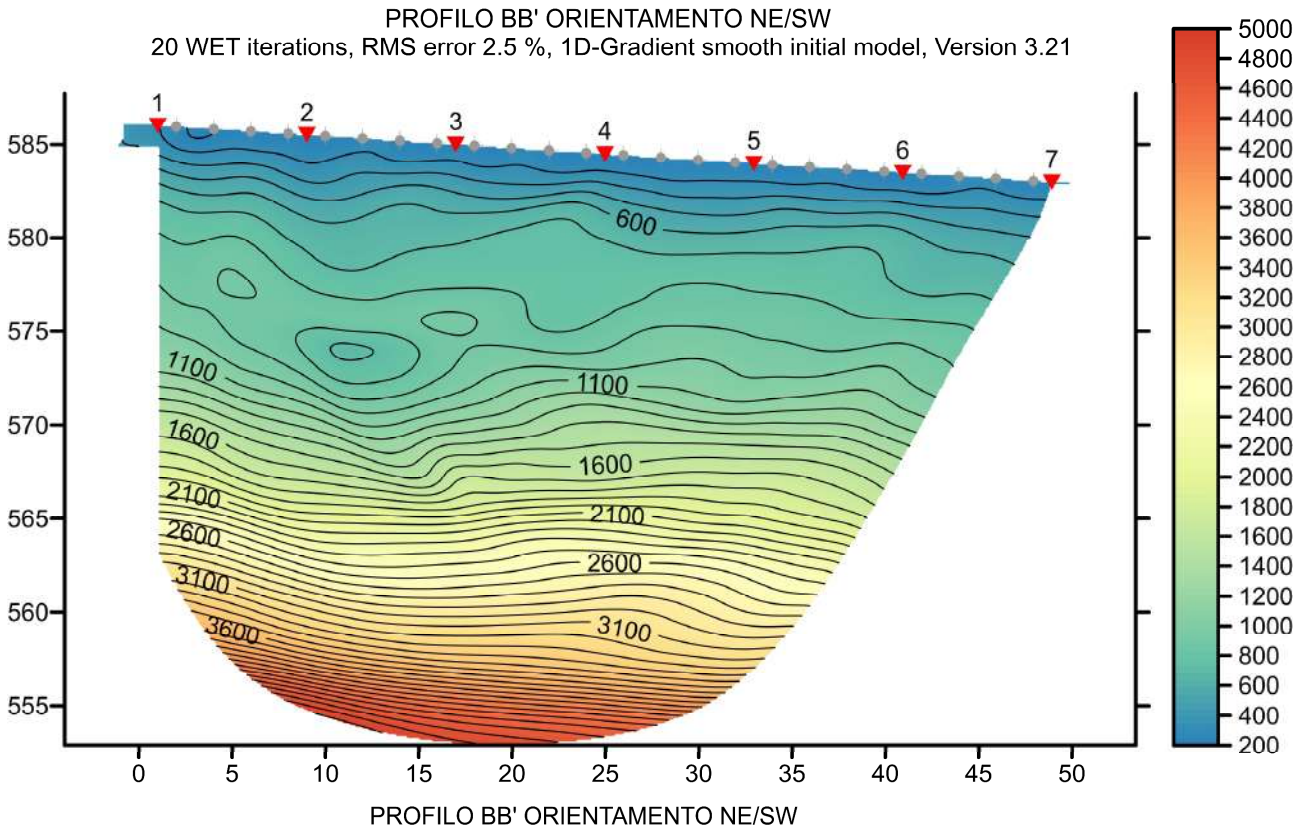


Fig. 7 – Sezione tomografica del profilo BB' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 1 m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1500 m/s, che si spingono fino a 15 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 3100 m/s alle profondità indagate, ossia circa 25 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

4.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione CC' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata W-E e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

C – 510054.63 E – 4597241.72 N; C' – 510103.71 E – 4597241.89 N.

Lo stendimento CC' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.8).

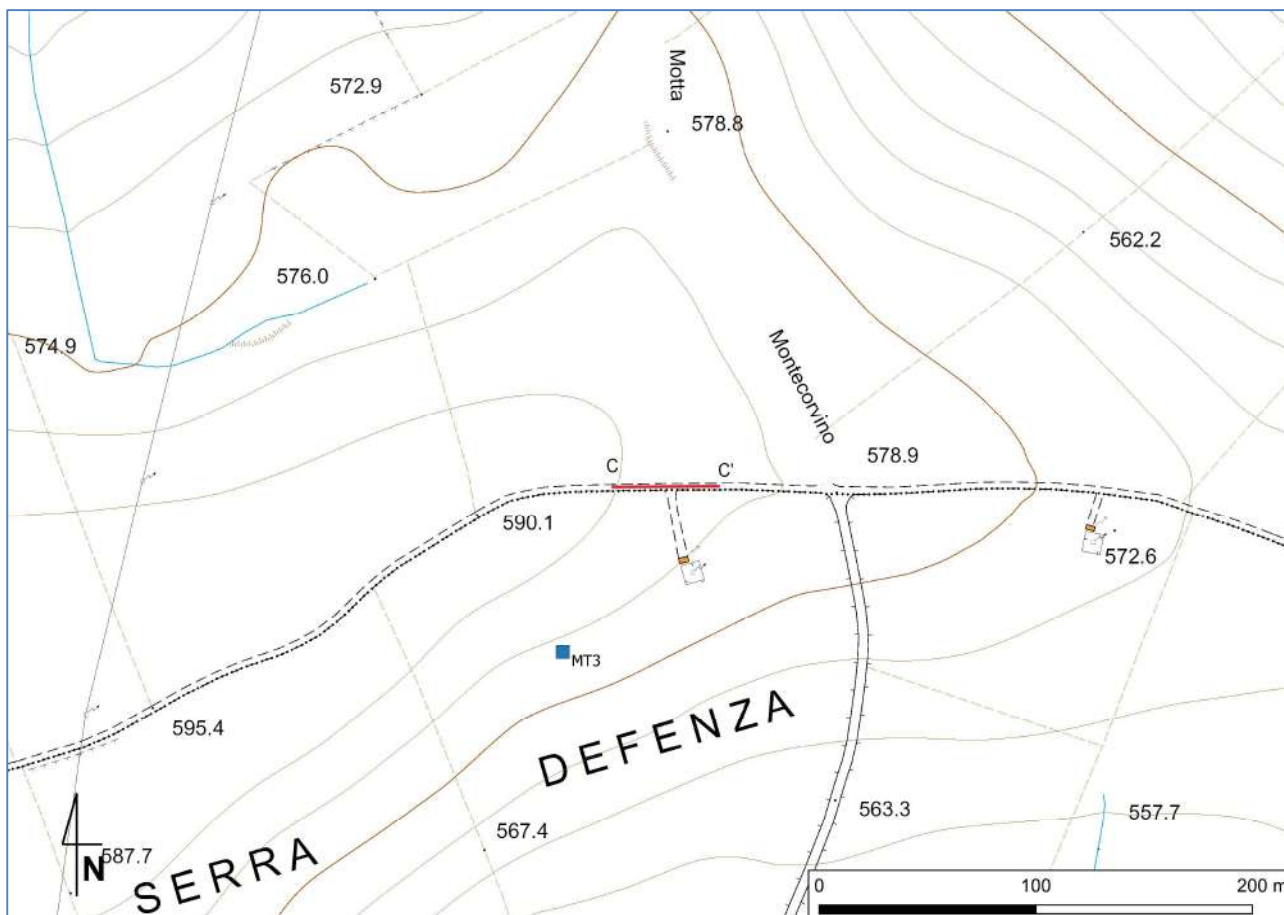


Fig. 8 – Ubicazione dello stendimento sismico CC' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.9).

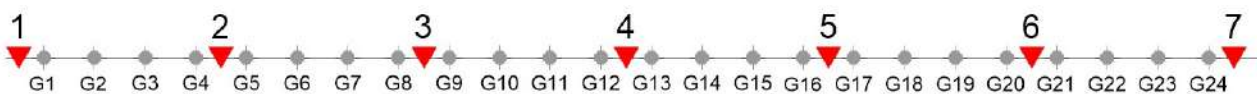


Fig.9 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione CC'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 10 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

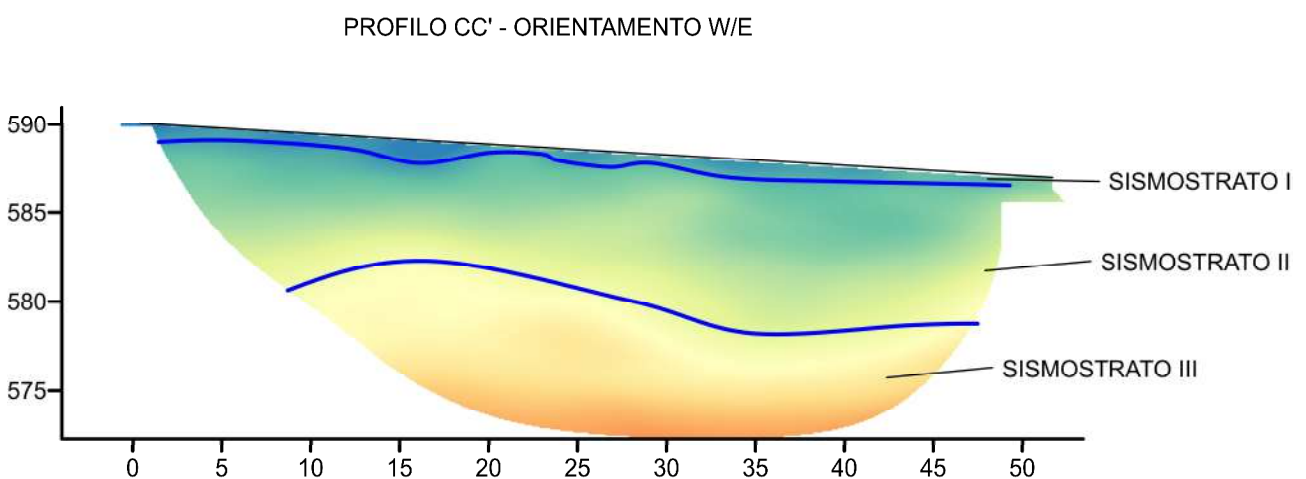
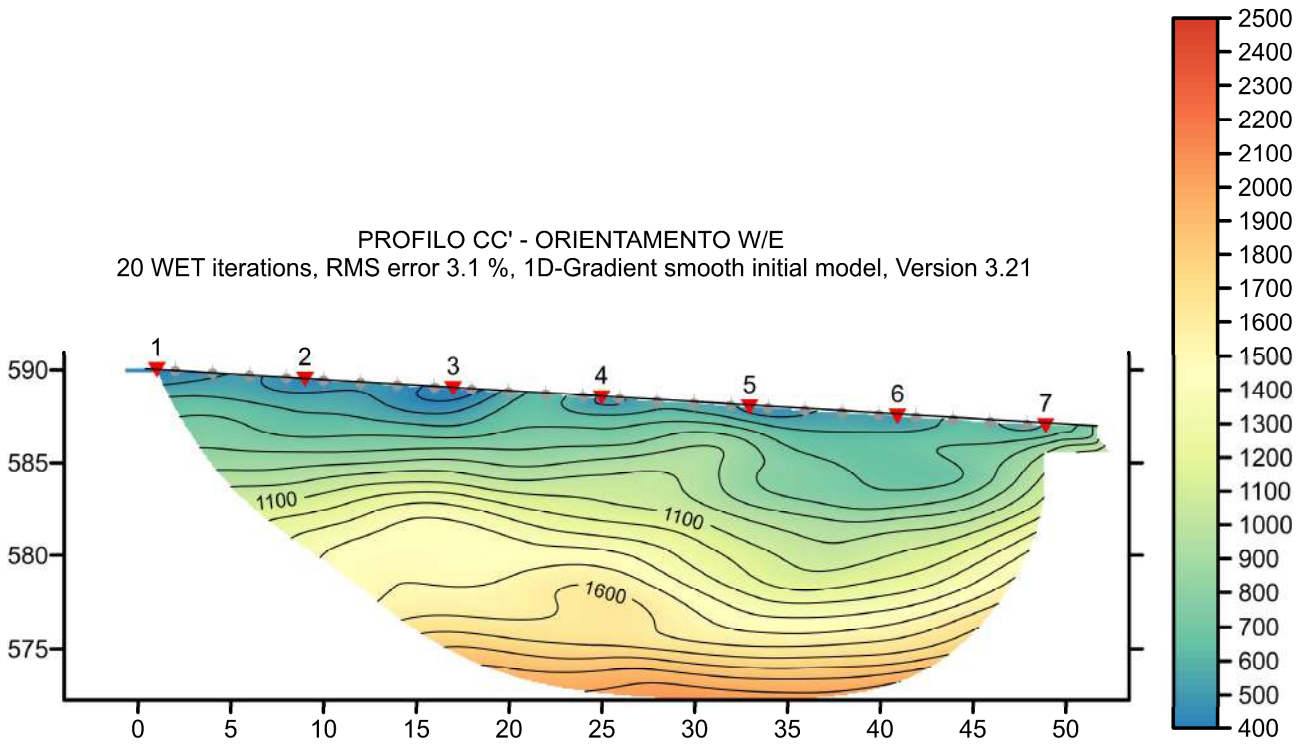


Fig. 10 – Sezione tomografica del profilo CC' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 1 m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 9/10 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1900 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

4.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione DD' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata SE-NW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

D – 510421.7 E – 4597192.7 N; D' – 510378.1 E – 4597213.1 N.

Lo stendimento DD' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.11).

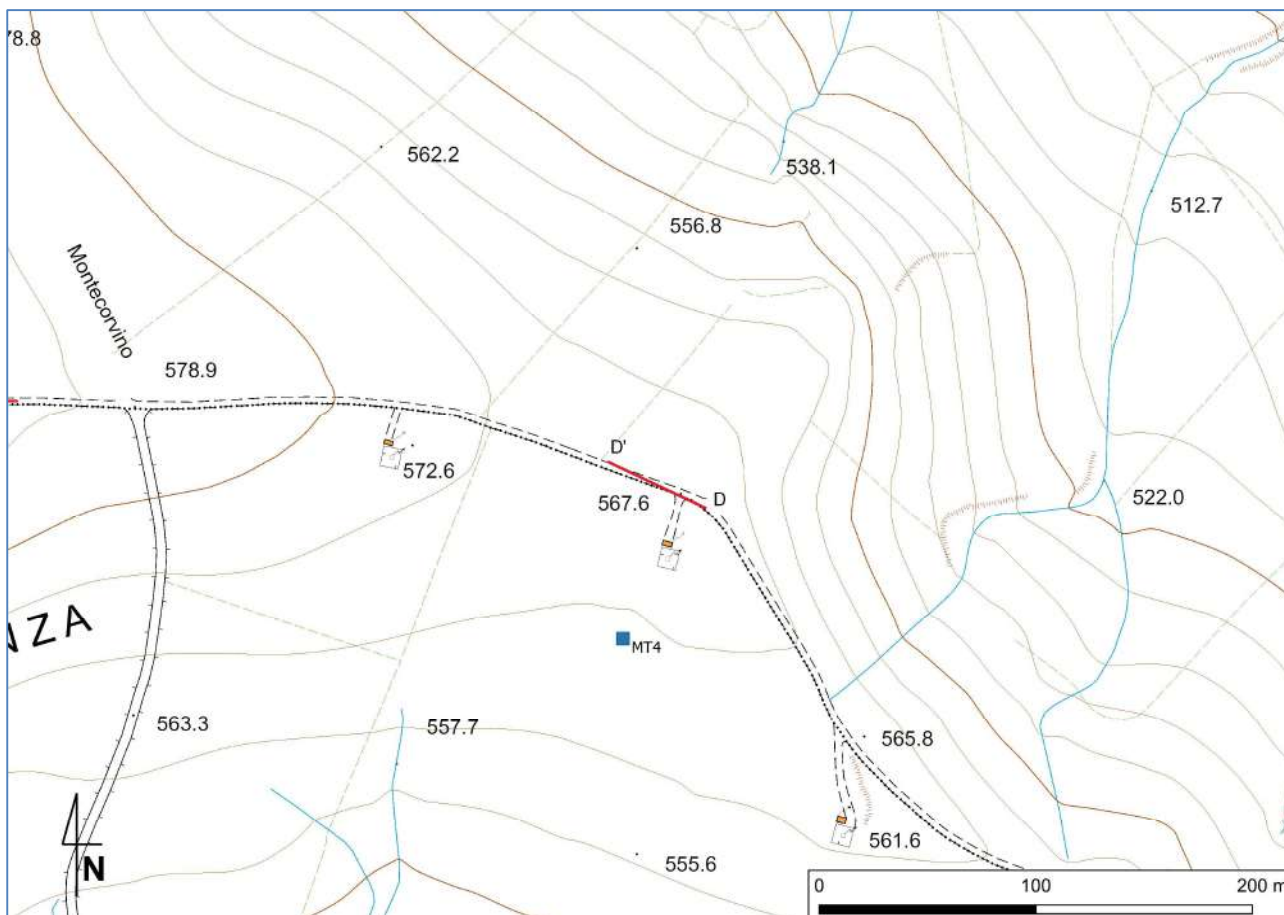


Fig. 11 – Ubicazione dello stendimento sismico DD' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.12).

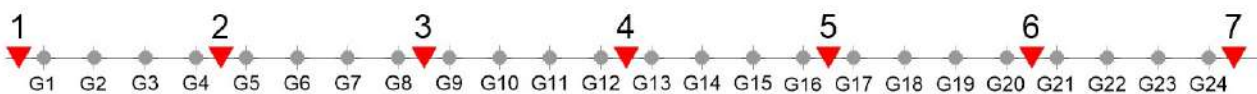


Fig.12 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione DD'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 13 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

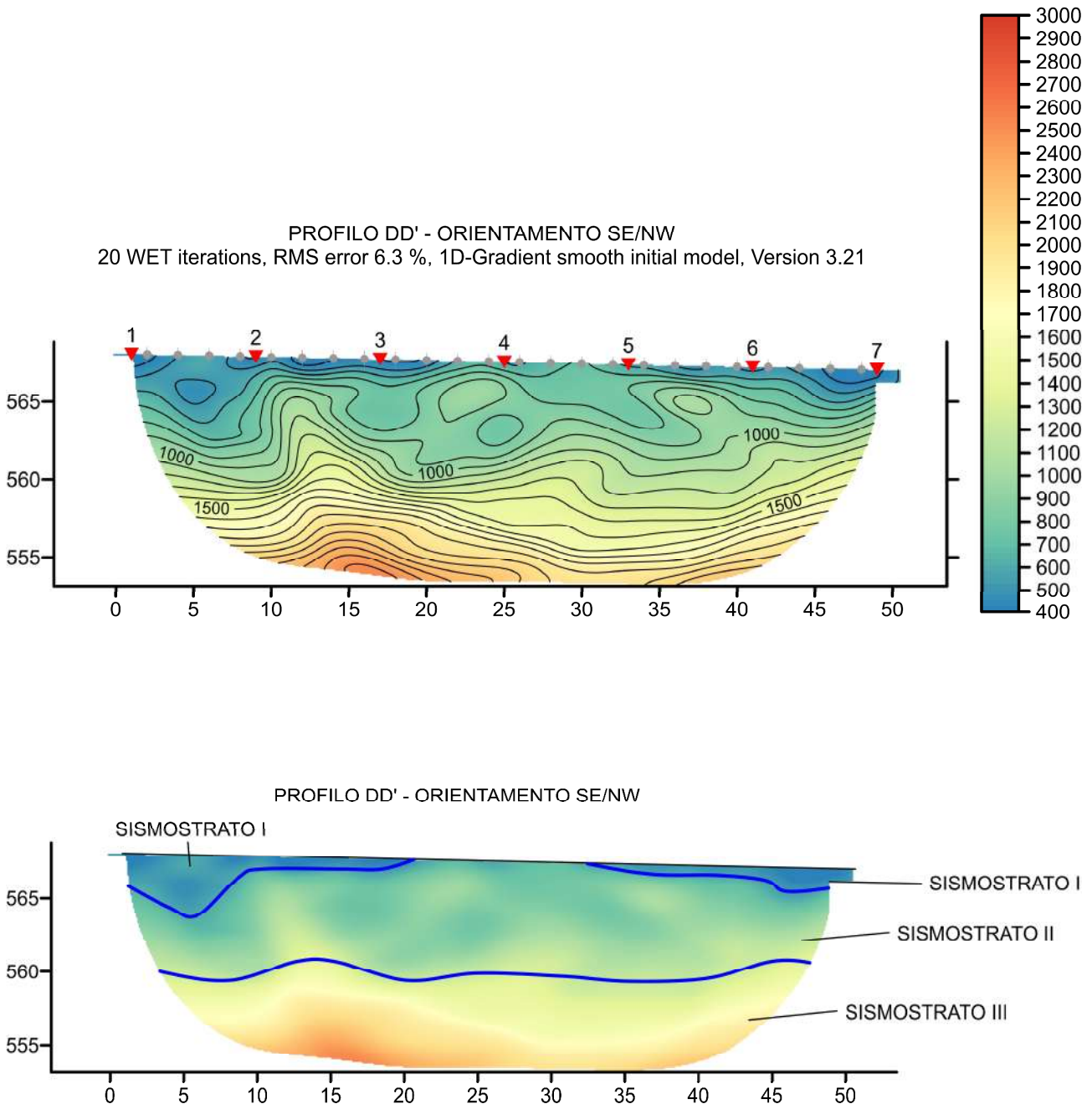


Fig. 13 – Sezione tomografica del profilo DD' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare ed uno spessore maggiore tra le progressive metriche 2-8, dove raggiunge circa 4 metri di spessore, mentre nella parte centrale risulta del tutto assente per poi mostrarsi in corrispondenza della parte terminale della sezione dove raggiunge la profondità di circa 1 metro dal p.c.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 12/13 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2300 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

4.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione EE' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata NW-SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

E – 510688.75 E – 4596933.03 N; E' – 510724.85 E – 4596906.78 N.

Lo stendimento EE' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.14).

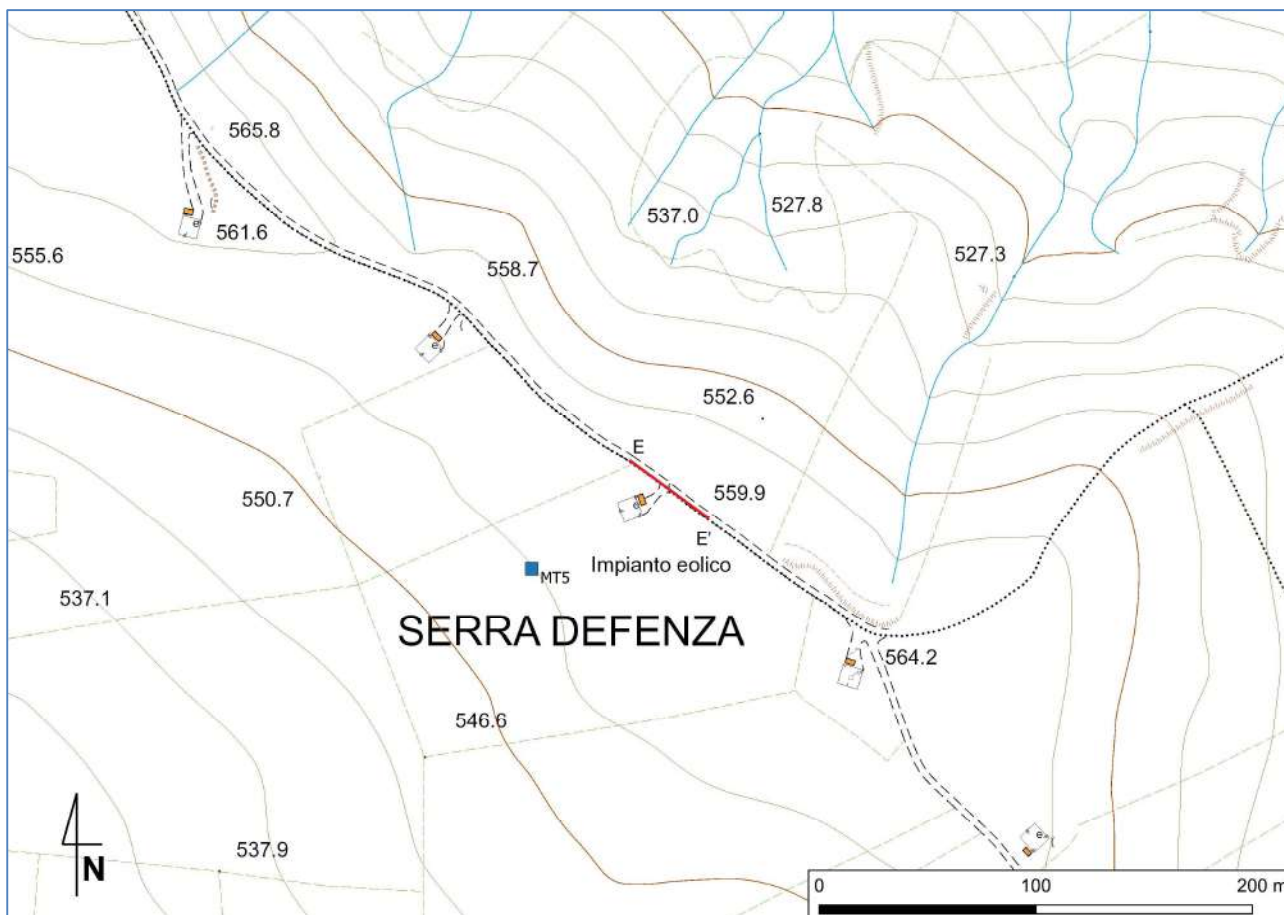


Fig. 14 – Ubicazione dello stendimento sismico EE' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.15).

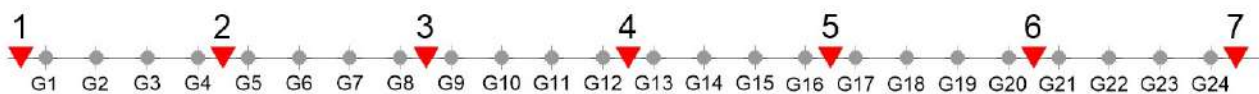


Fig.15 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione EE'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 16 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

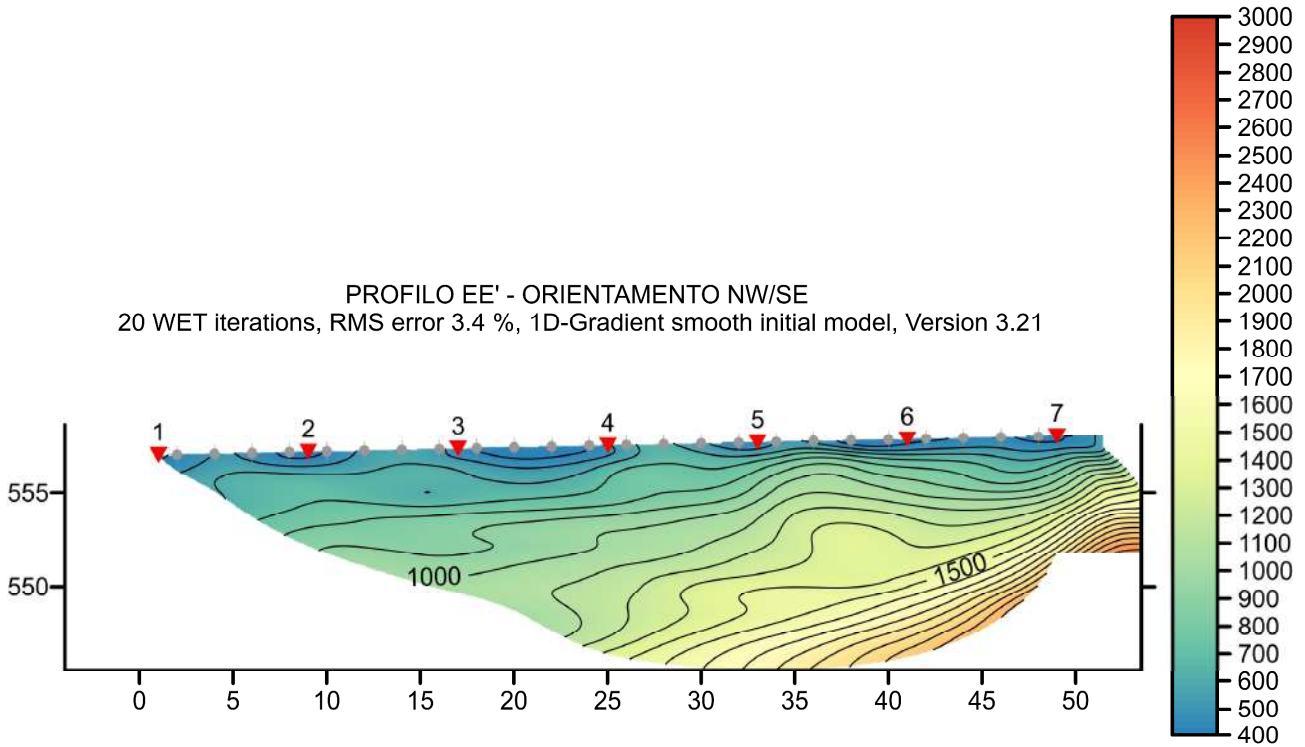


Fig. 16 – Sezione tomografica del profilo EE' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare ed uno spessore maggiore tra le progressive metriche 2-30, dove raggiunge circa 4/5 metri di spessore, mentre in corrispondenza della parte terminale della sezione raggiunge la profondità di circa 1 metro dal p.c.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1200 m/s, che si spingono fino a 6/7 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 1800 m/s alle profondità indagate, ossia circa 12 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

4.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione FF' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata SE/NW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

F – 510948.13 E – 4596641.98 N; F' – 510919.52 E – 4596680.63 N.

Lo stendimento FF' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.17).

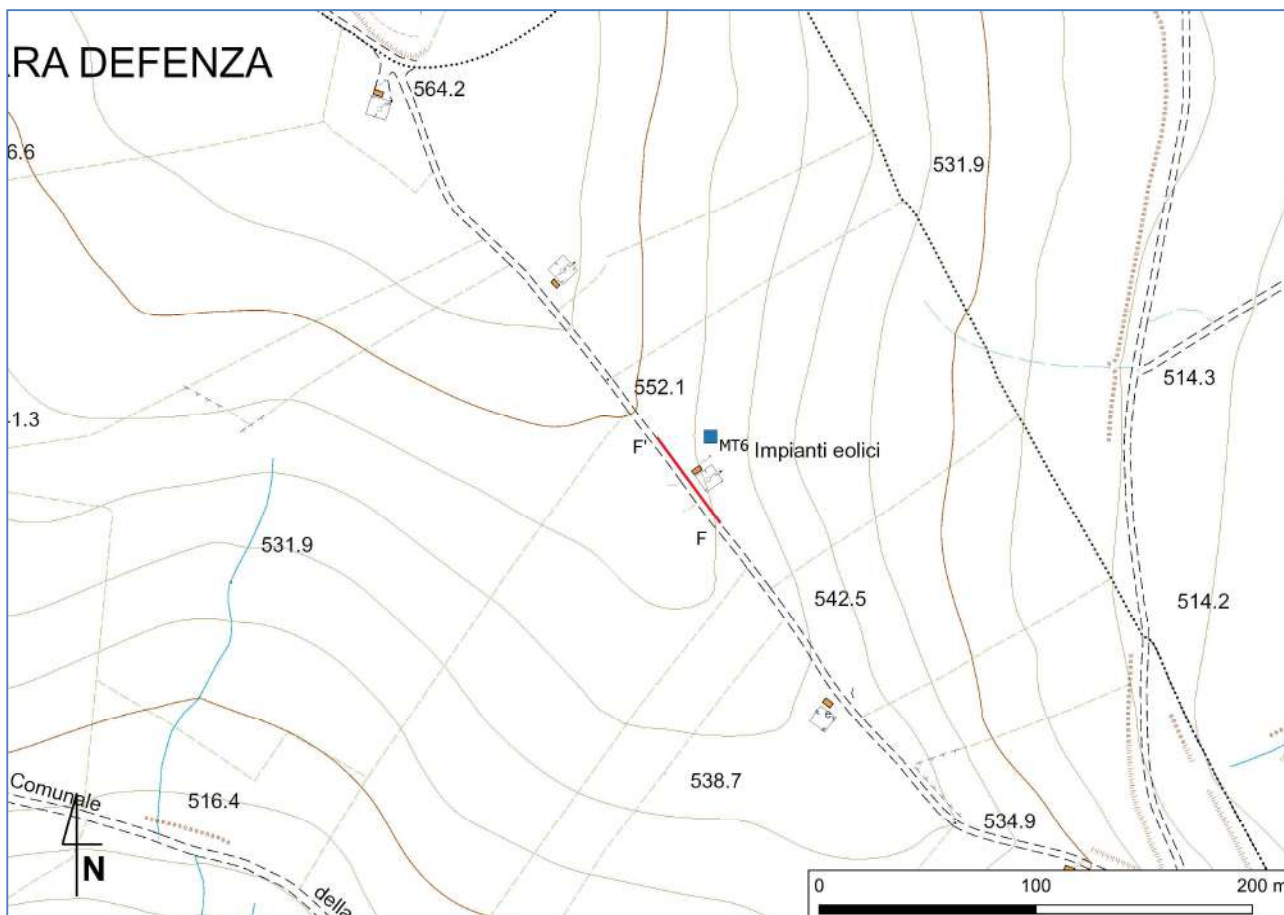


Fig. 17 – Ubicazione dello stendimento sismico FF' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.18).

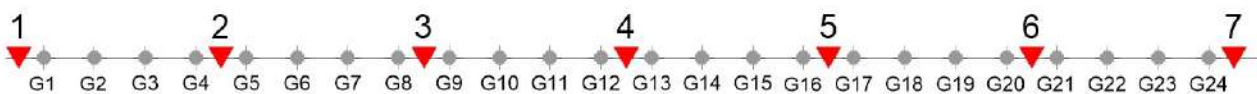


Fig.18 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione FF'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 19 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

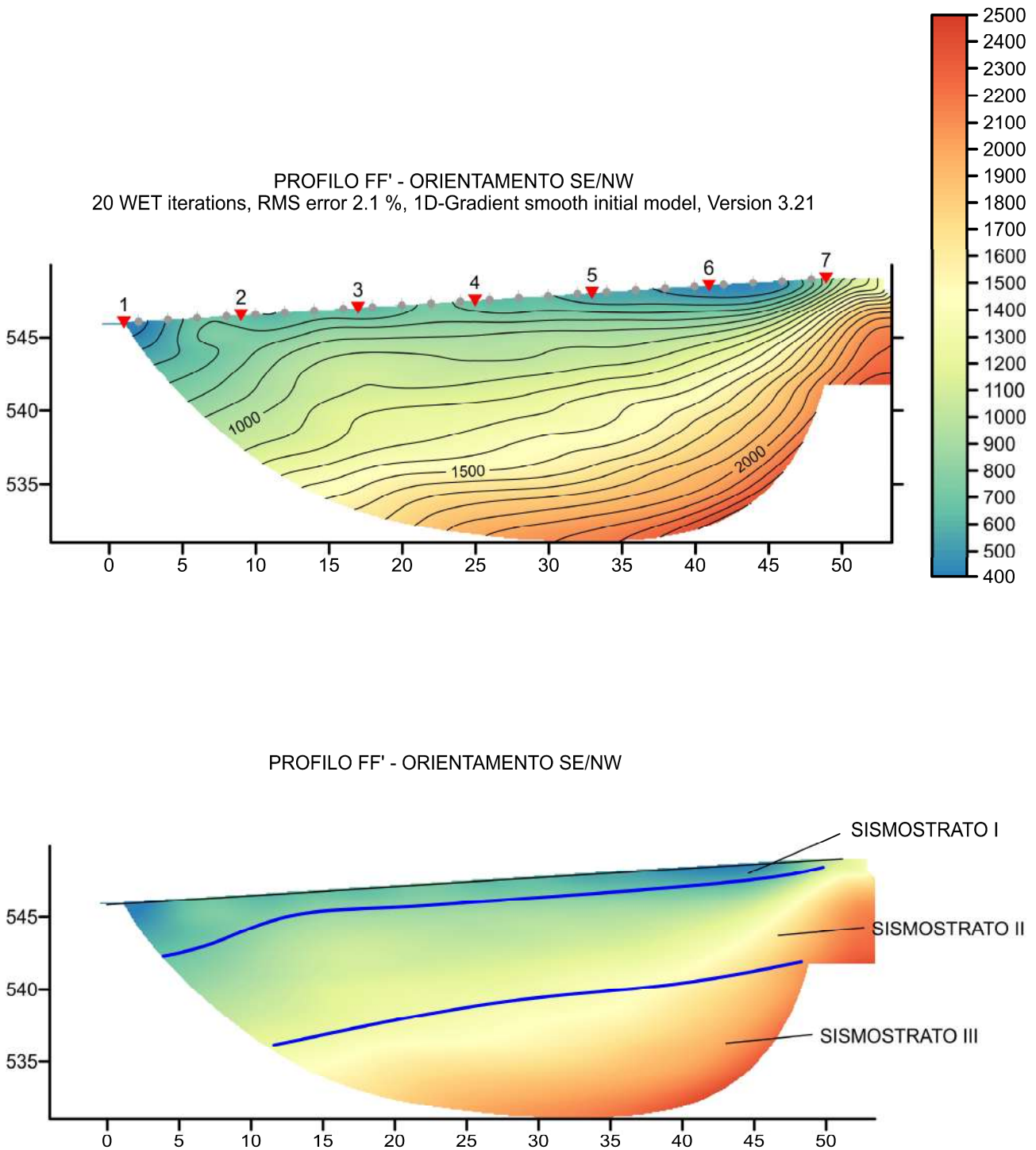


Fig. 19 – Sezione tomografica del profilo FF' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare ed uno spessore maggiore tra le progressive metriche 0-12, dove raggiunge circa 3/4 metri di spessore, e proseguendo verso la parte terminale della sezione diminuisce progressivamente fino ad arrivare ad 1 metro dal p.c.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 8/10 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2400 m/s alle profondità indagate, ossia circa 15 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

4.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione BB' ha una lunghezza di 48 metri lineari con interspazio geofonico di 2.0 m, direttrice orientata WNW-ESE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

G – 511158.87 E – 4596442.03 N; G' – 511209.22 E – 4596434.27 N.

Lo stendimento GG' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.20).

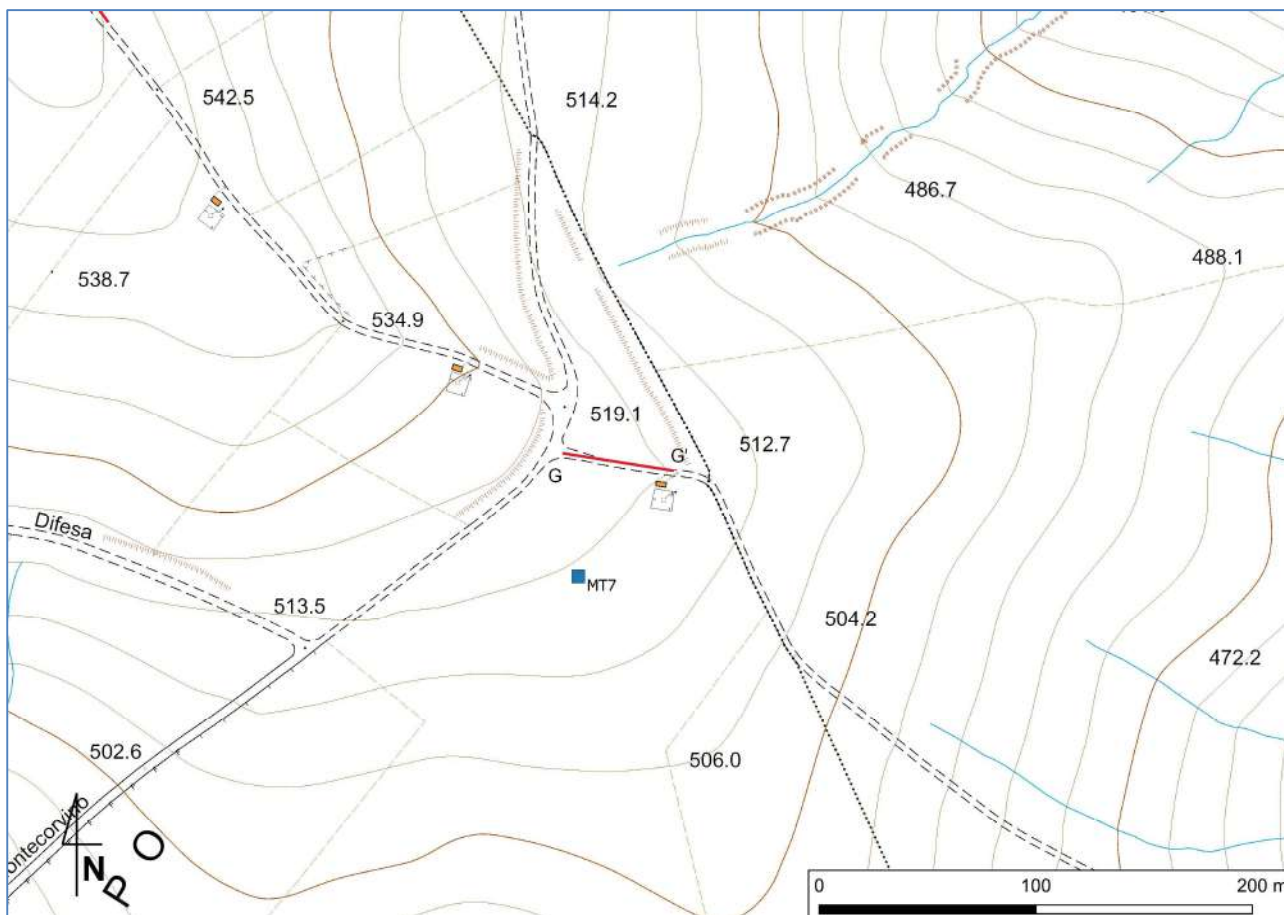


Fig. 20 – Ubicazione dello stendimento sismico GG' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 1.0 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.21).

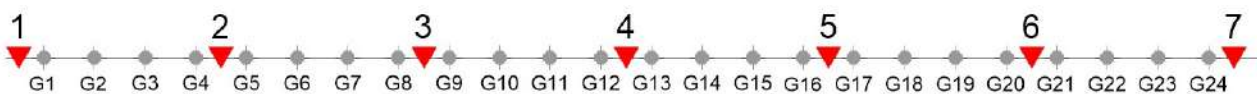


Fig.21 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione GG'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 22 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

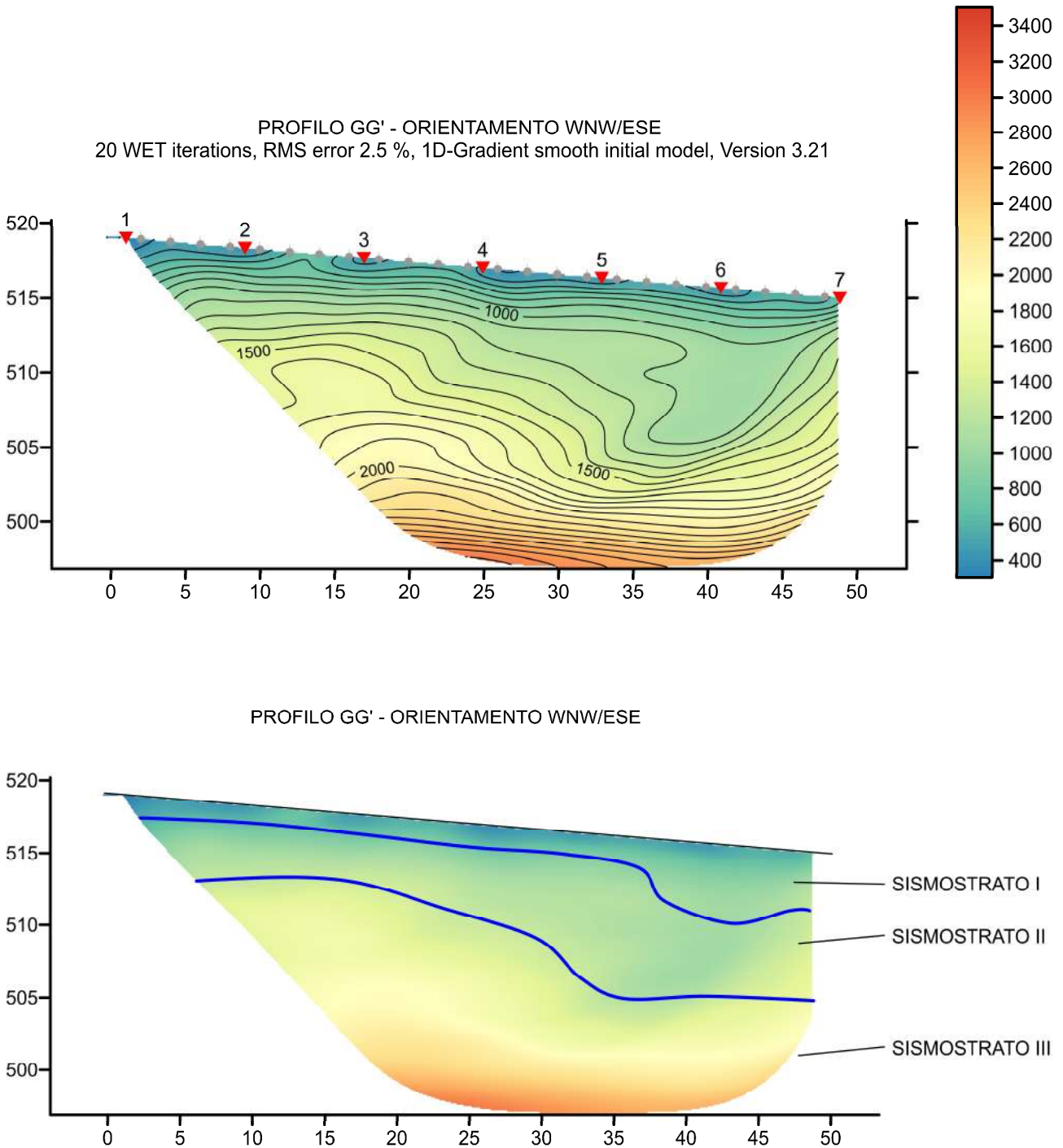


Fig. 22 – Sezione tomografica del profilo GG' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 500 m/s. Questo sismostrato mostra un andamento irregolare infatti risulta avere uno spessore di circa 1,5 metri tra le progressive 0-35 per poi aumentare in modo netto fino a raggiungere circa 5 metri di spessore nella parte terminale della sezione.

Nel secondo sismostrato invece, sono stati registrati valori della velocità delle onde P compresi tra 500 e 1300 m/s, che si spingono fino a 15 metri di profondità dal p.c.. Il terzo sismostrato infine, è caratterizzato da un incremento omogeneo delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 3000 m/s alle profondità indagate, ossia circa 25 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato I a depositi eluvio colluviali formati da terreni di colore nerastro o bruno scuro che mostrano un grado di coesione molto basso. Il loro spessore risulta compreso entro un metro dal p.c.

I sedimenti dei sismostrati II e III invece, sono riferibili all'unità geologica del Flysch Rosso, costituito da un'alternanza di argilliti a cui si intercalano livelli centimetri e decimetrici di calcareniti e calcilutiti. Di questa unità, il sismostrato II è caratterizzato da un minor grado di compattazione e coesione rispetto al sismostrato III.

5. ANALISI MASW

L'indagine geofisica è stata completata con l'esecuzione di n.7 indagini MASW per la determinazione della categoria di suolo di fondazione e la stima del fattore di amplificazione sismica dell'area, sulla stessa traccia dei profili precedenti.

5.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.23).

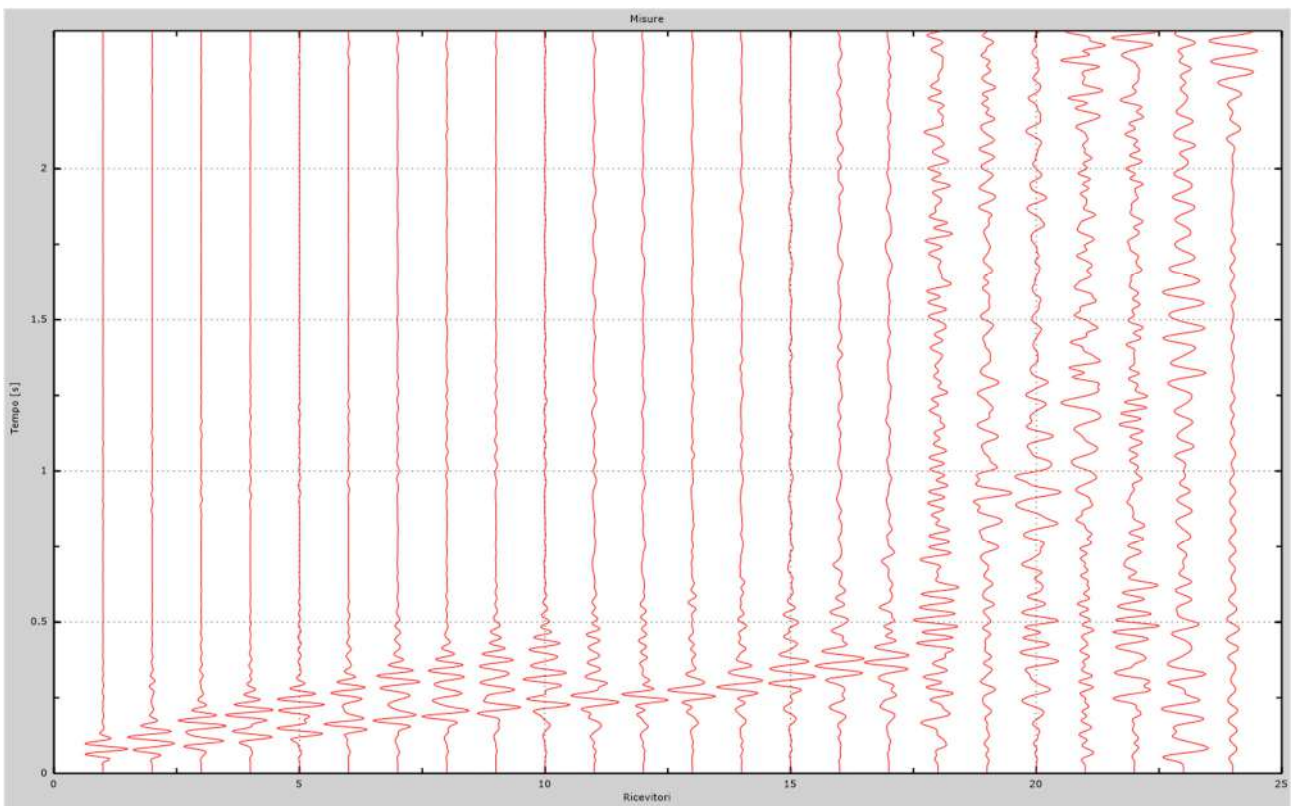


Fig. 23 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo AA'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.24) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.25). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

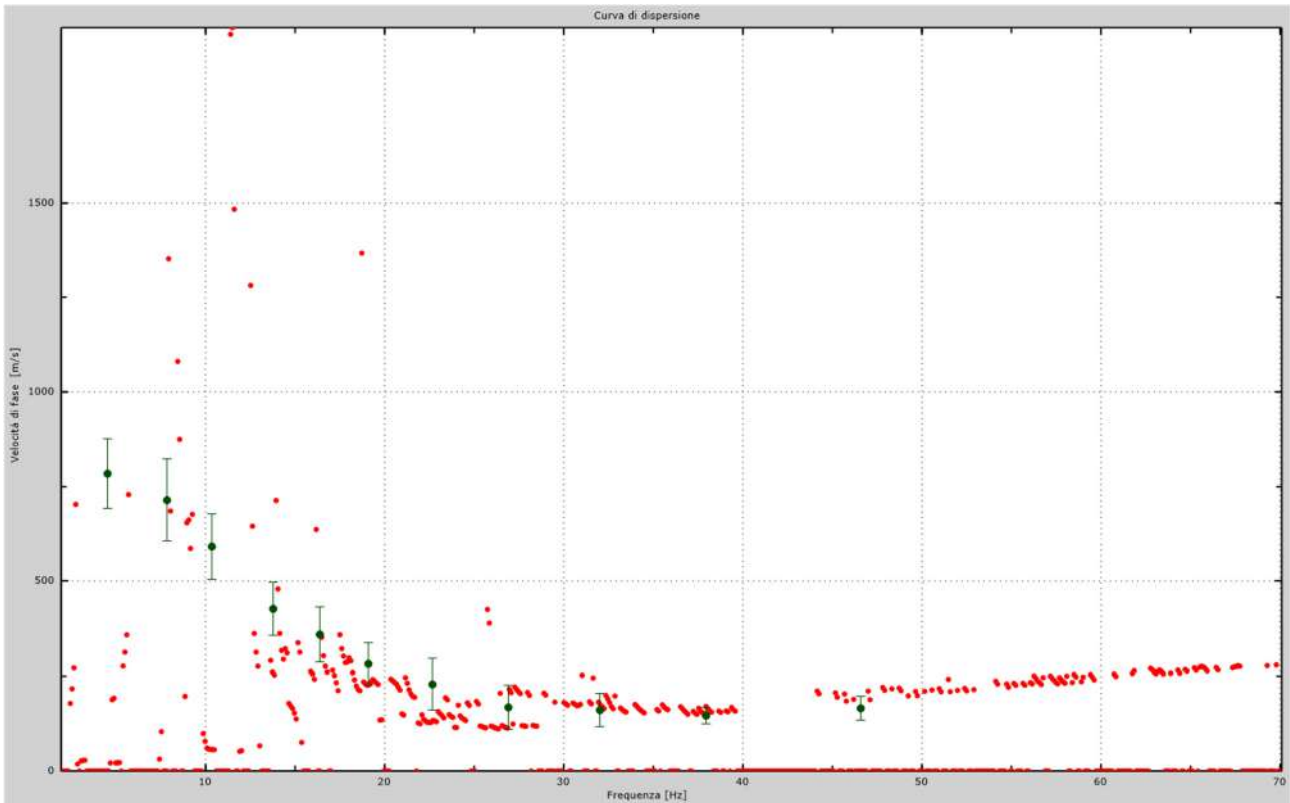


Fig.24 - Curva di dispersione sperimentale.

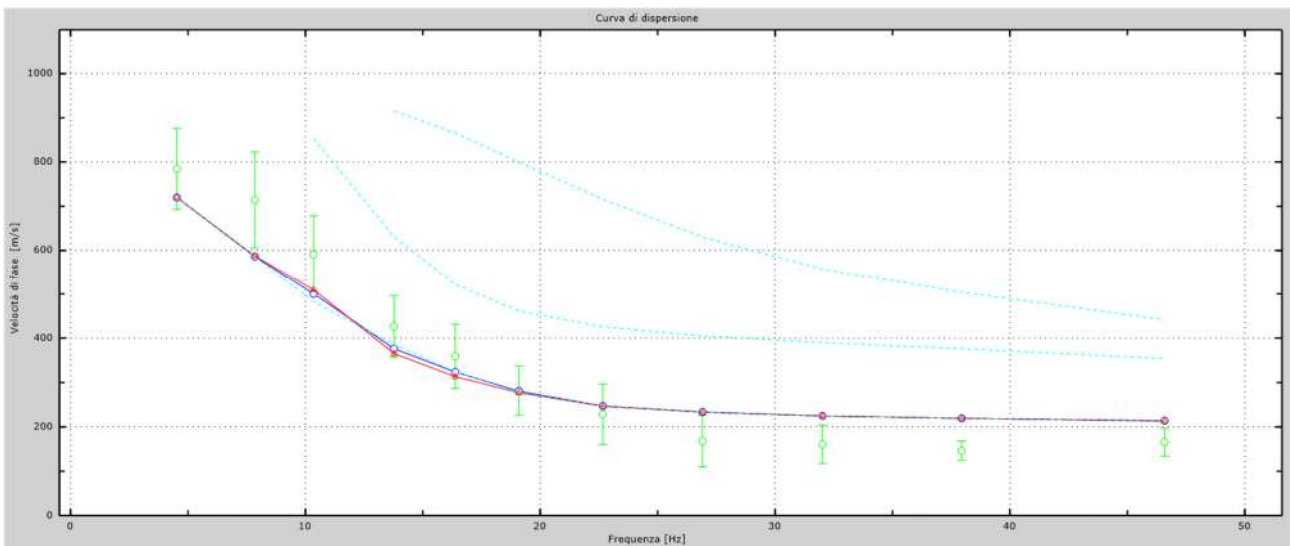


Fig.25 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).
La percentuale di differenza è risultata del 10%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase - frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.26). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

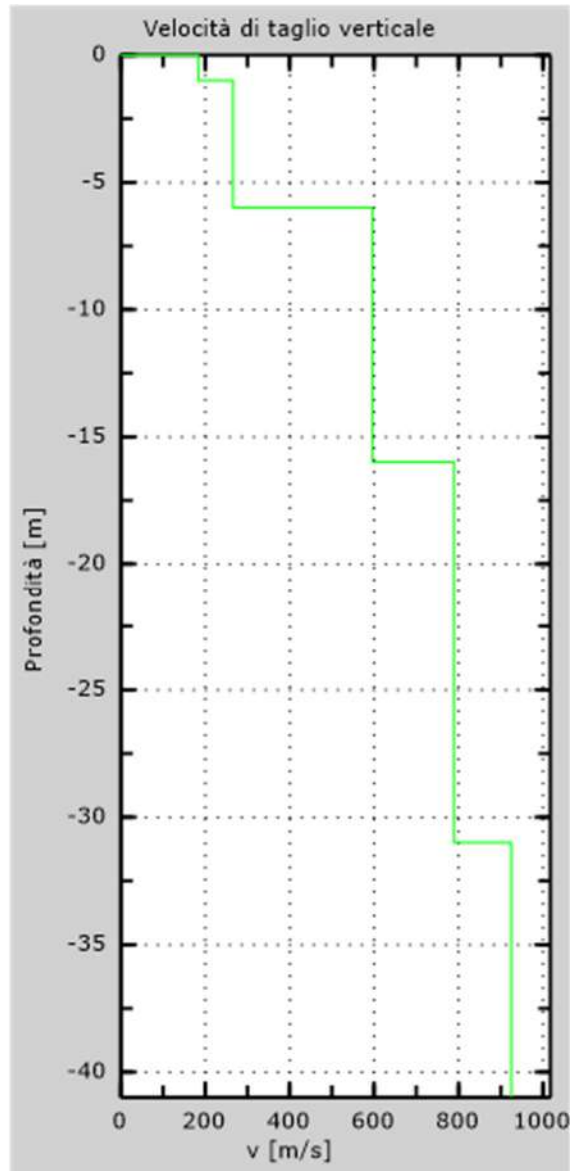


Fig. 26 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.27).

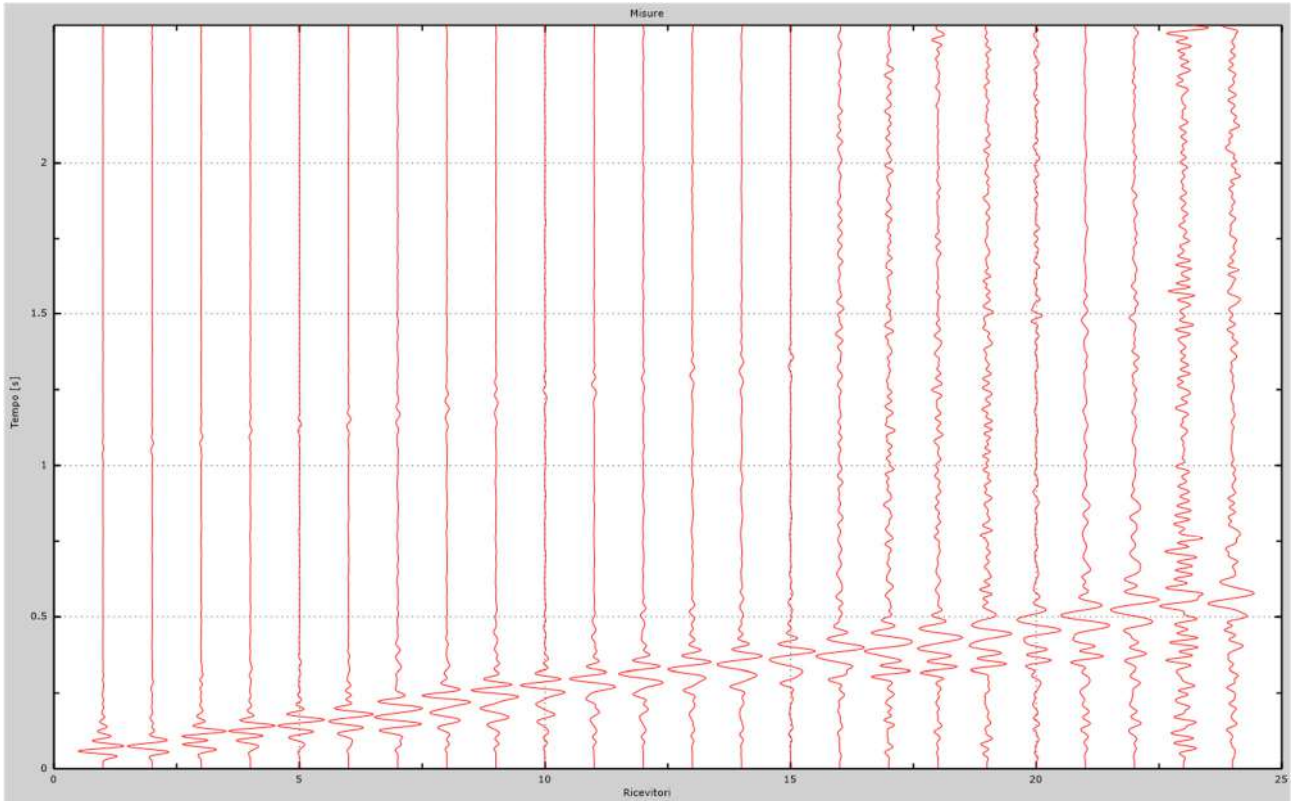


Fig. 27 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo BB'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.28) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.29). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

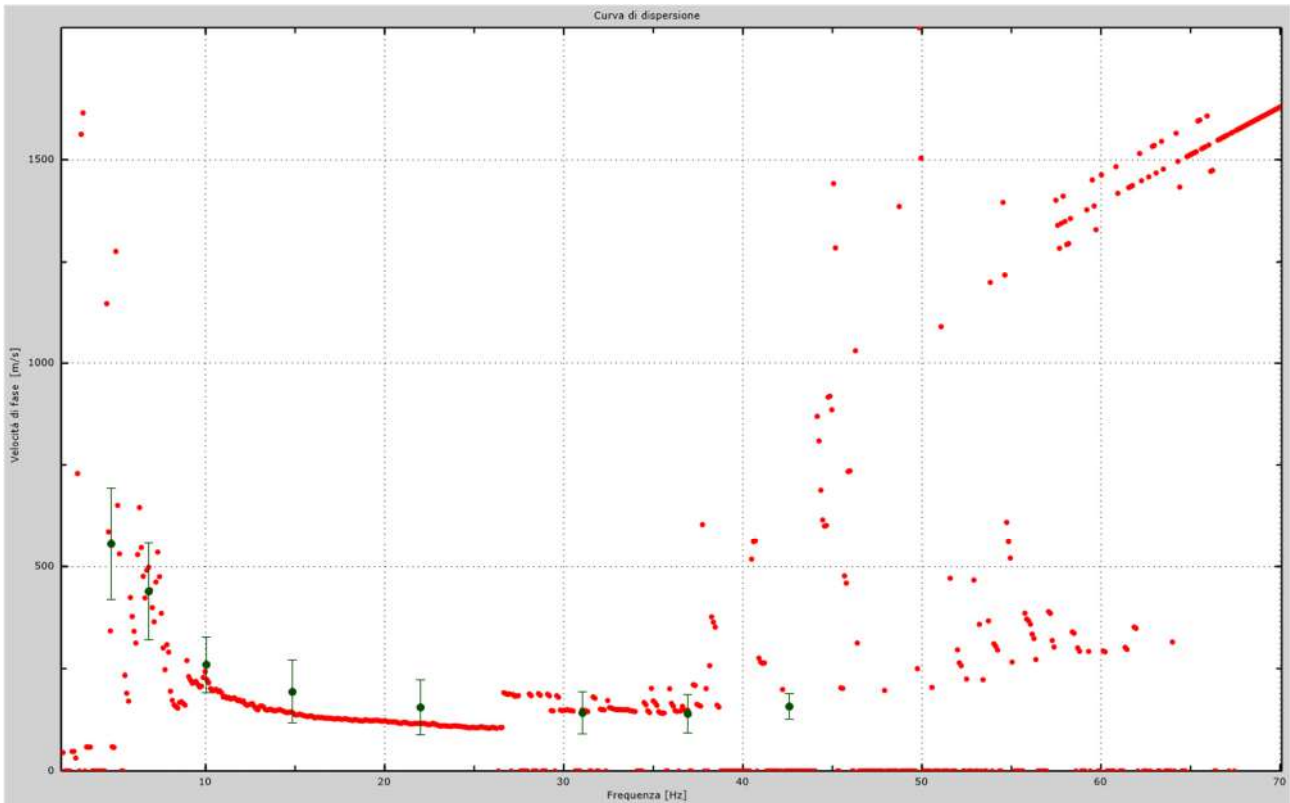


Fig.28 - Curva di dispersione sperimentale.

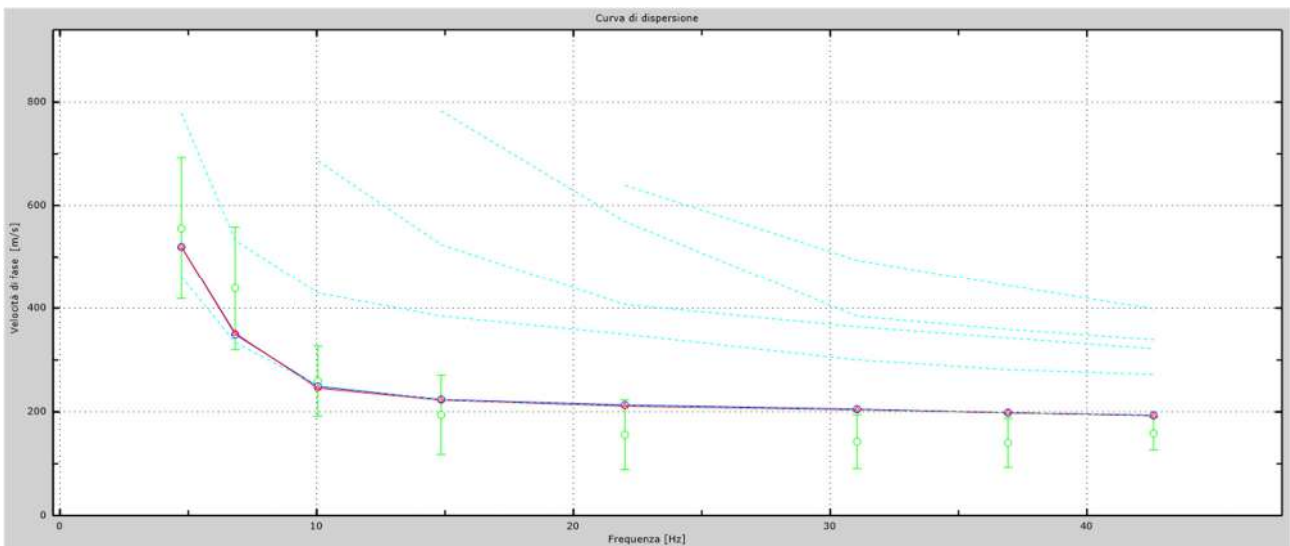


Fig.29 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).
 La percentuale di differenza è risultata del 16%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.30). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

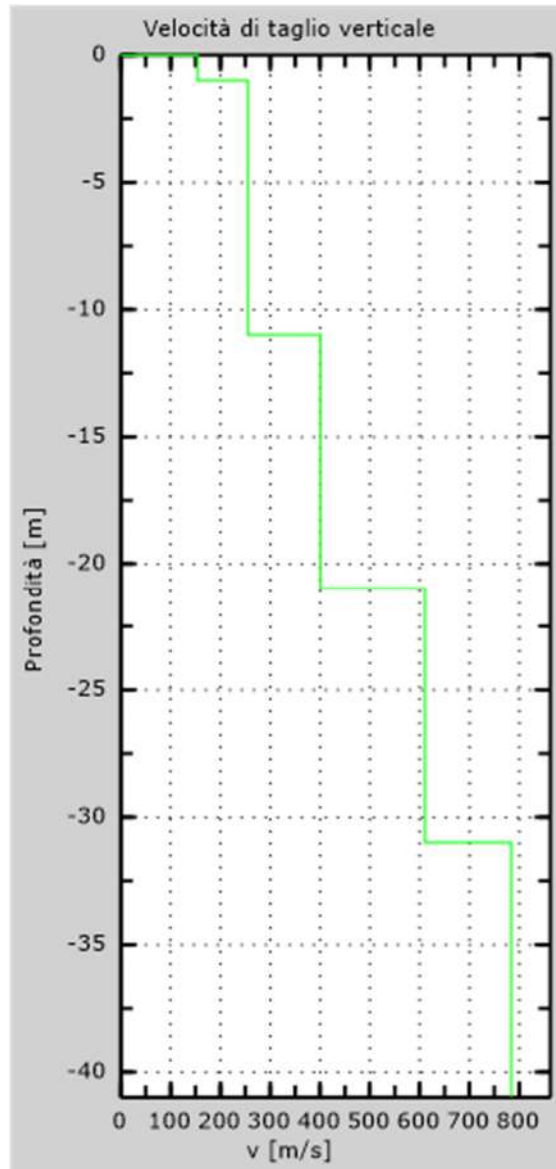


Fig. 30 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.31).

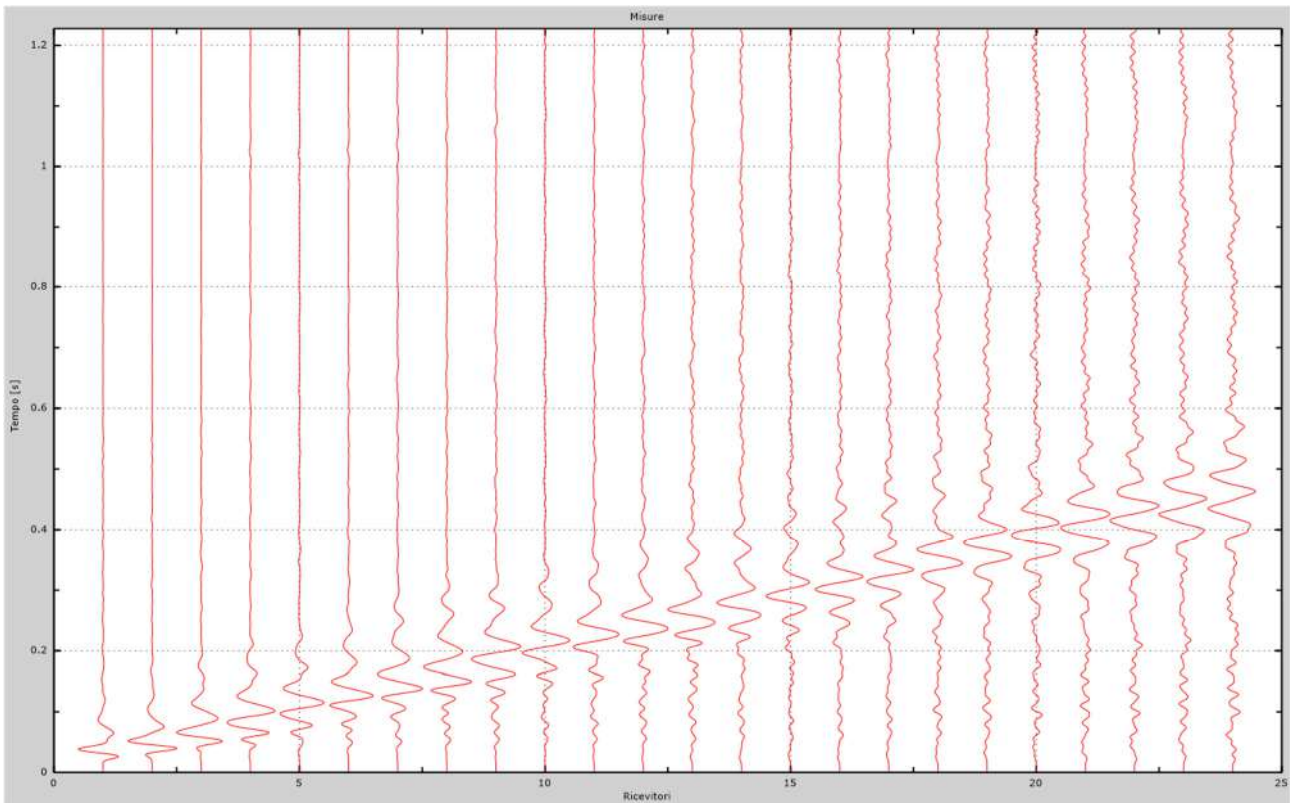


Fig. 31 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo CC'

L'individuazione del profilo V_s in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.32) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.33). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

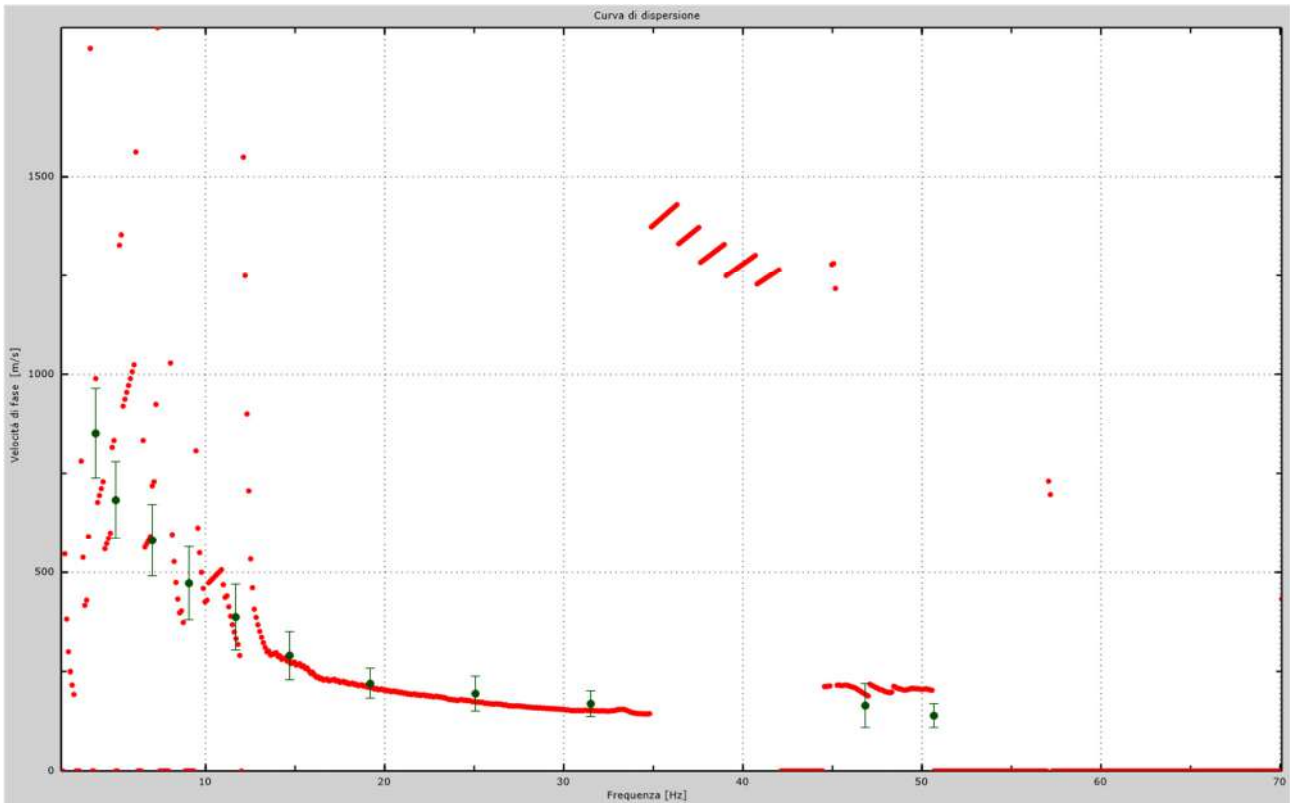


Fig.32 - Curva di dispersione sperimentale.

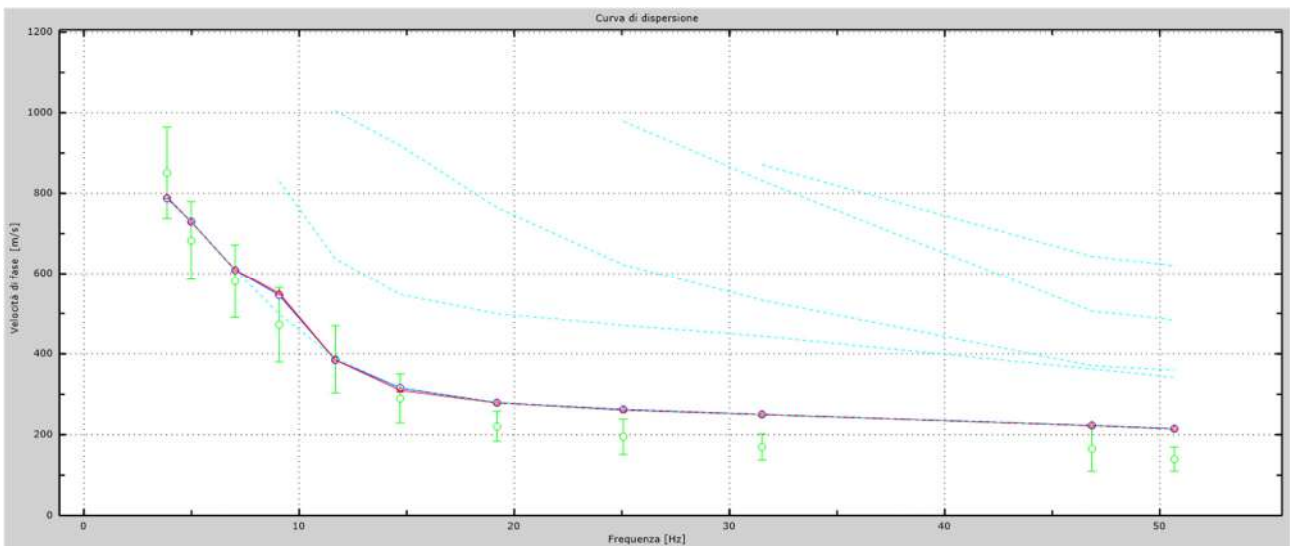


Fig.33 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).
La percentuale di differenza è risultata del 13%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.34). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

5.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.35).

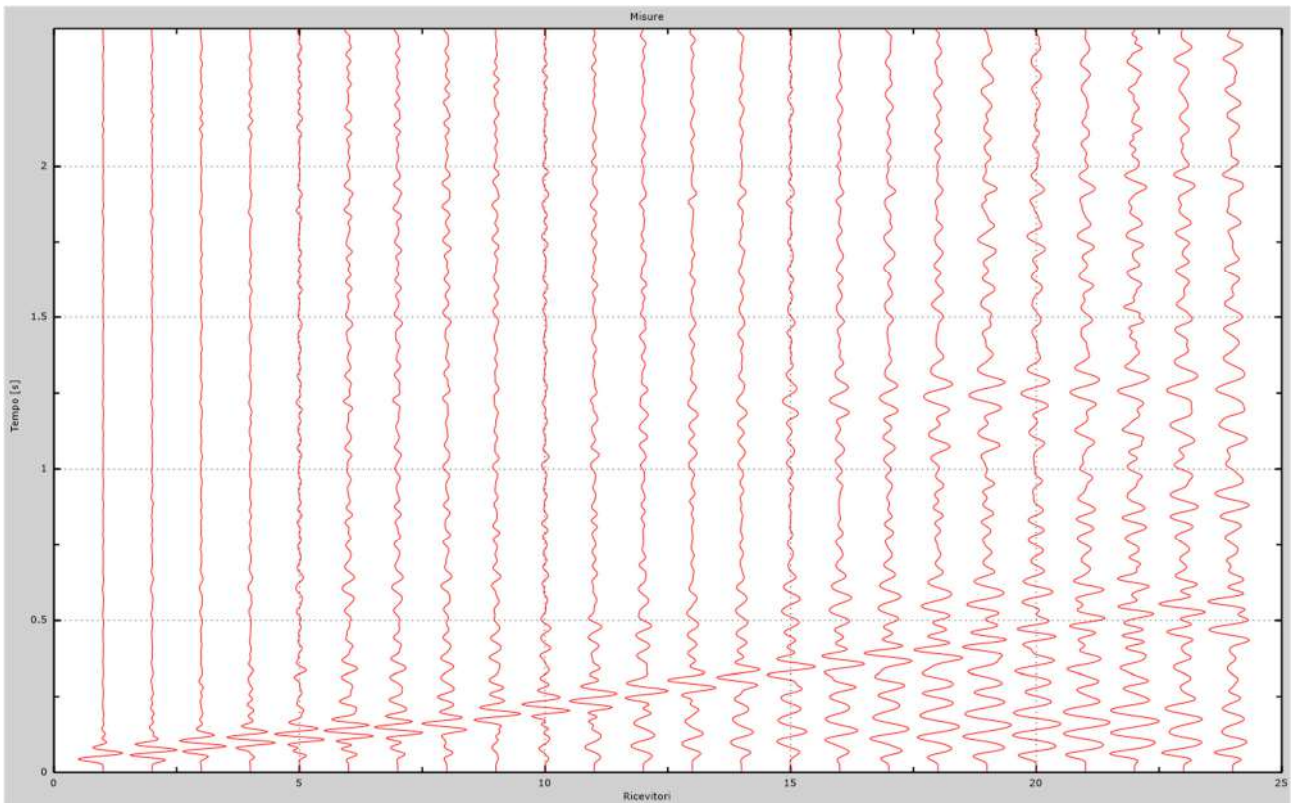


Fig. 35 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo DD'

L'individuazione del profilo V_s in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.36) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.37). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

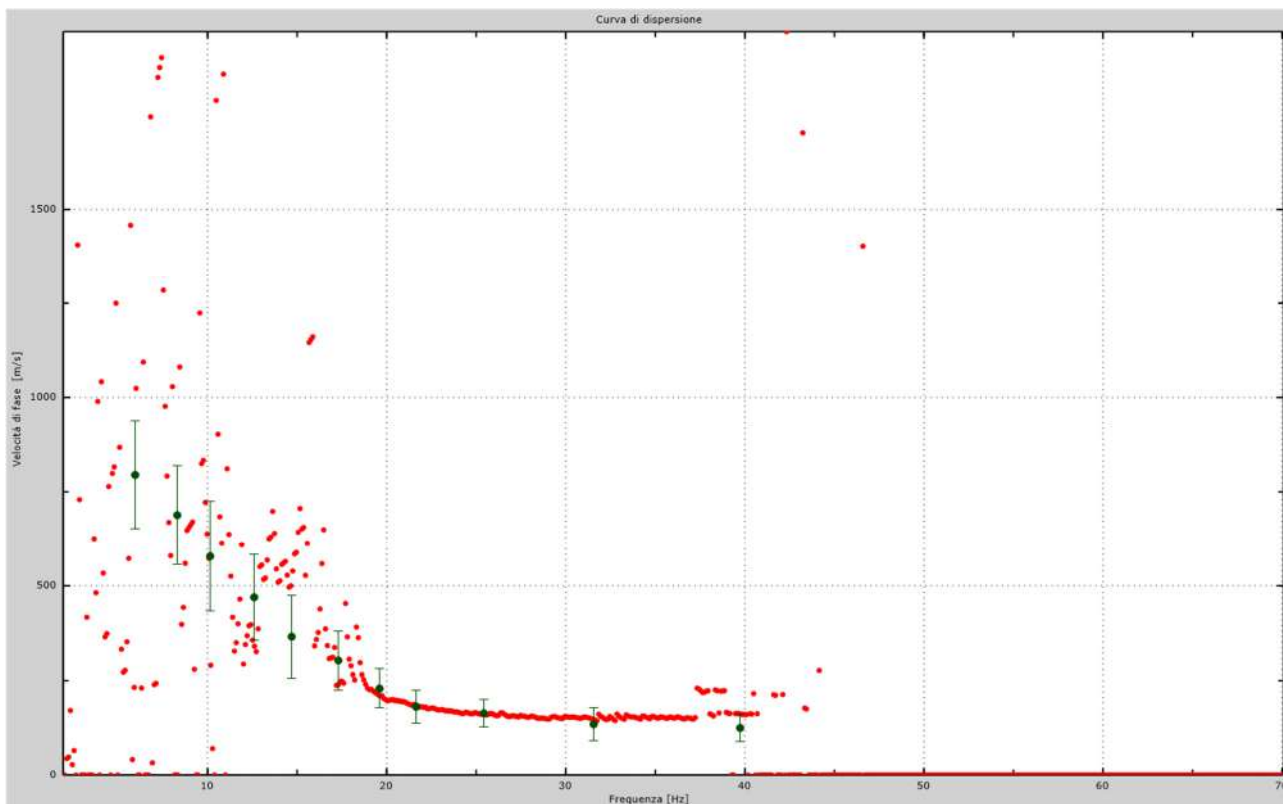


Fig.36 - Curva di dispersione sperimentale.

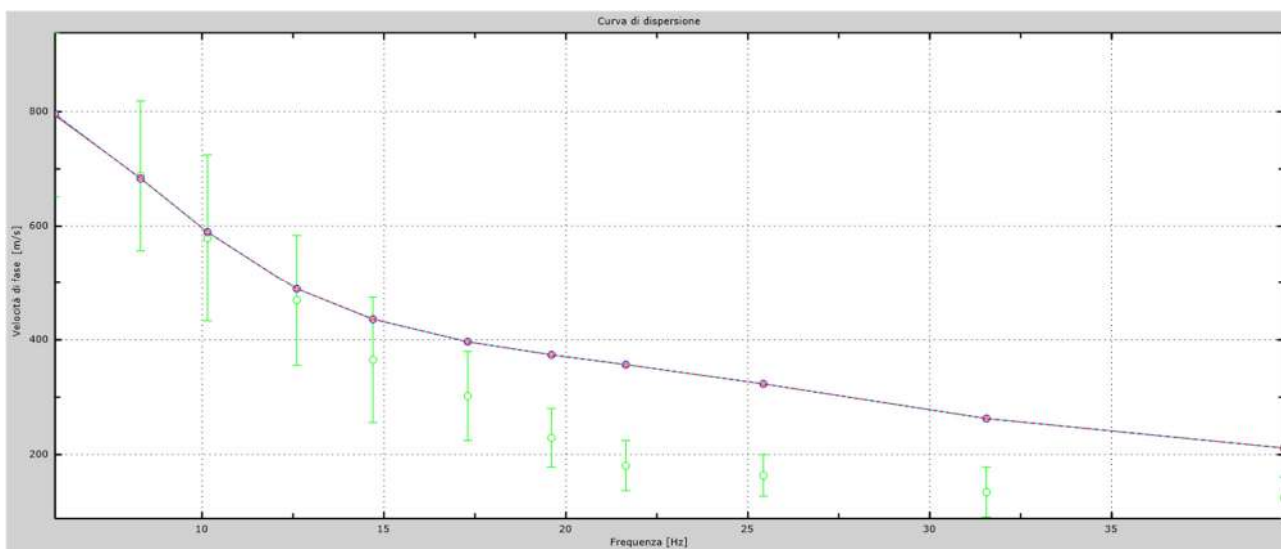


Fig.37 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso). La percentuale di differenza è risultata del 24%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.38). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

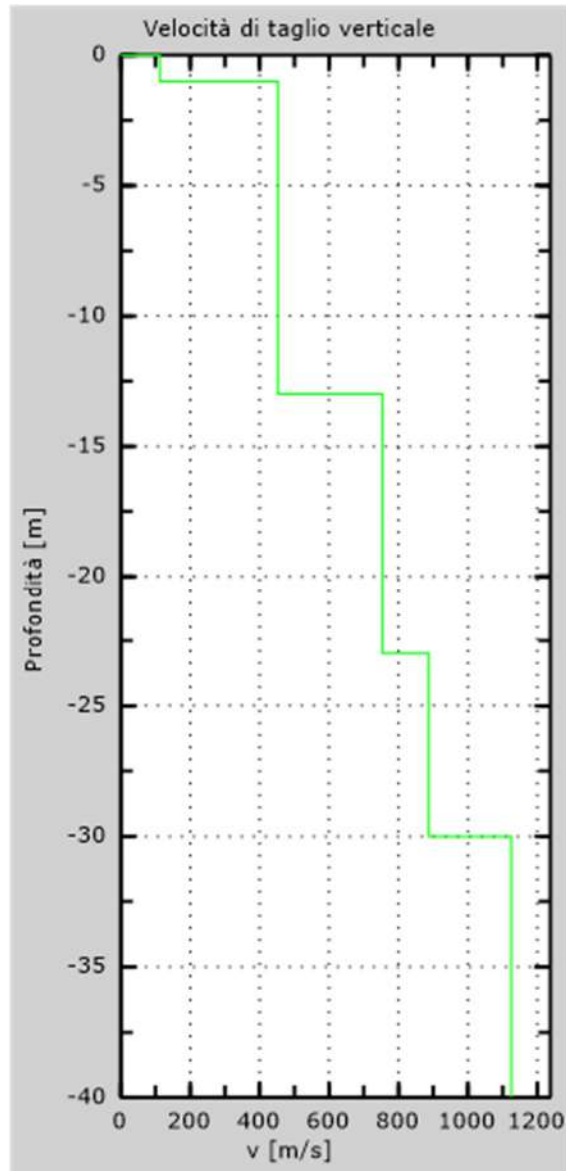


Fig. 38 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.39).

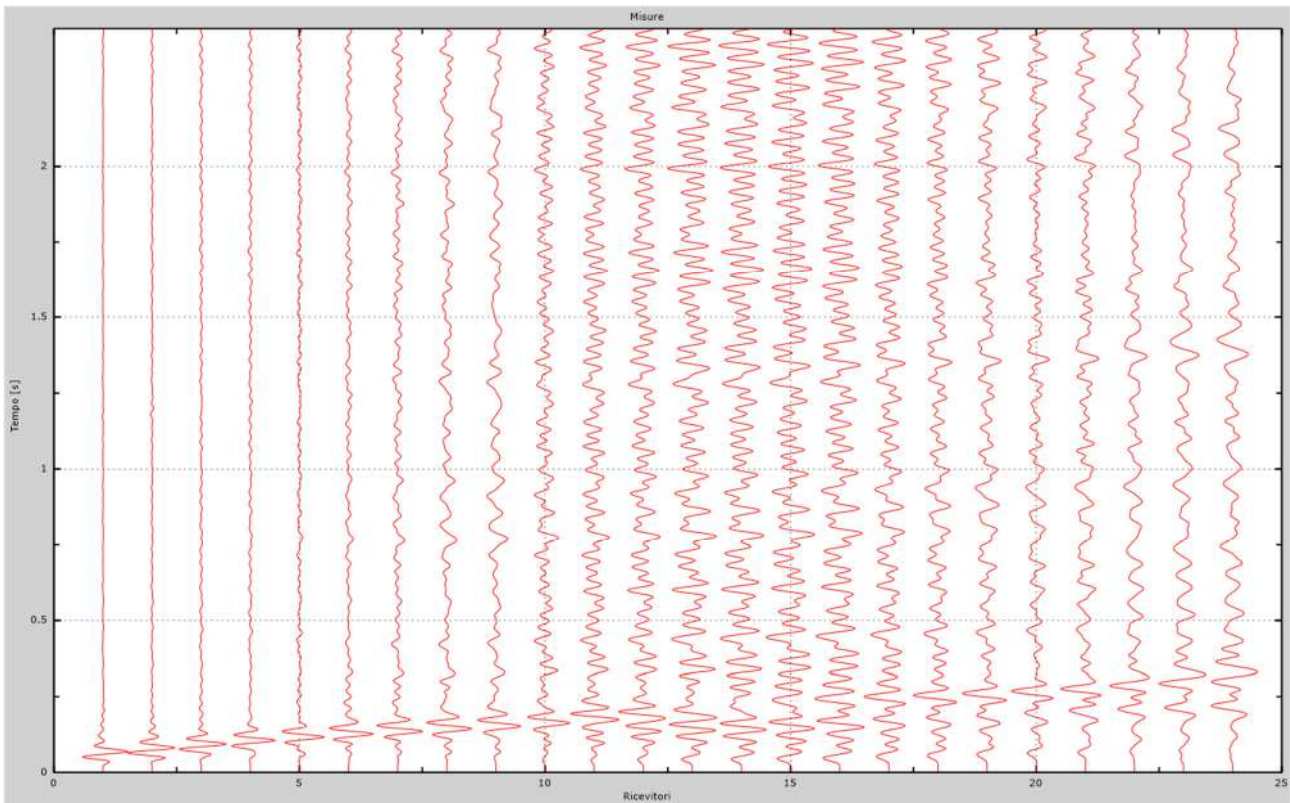


Fig. 39 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo EE'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.40) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.41). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

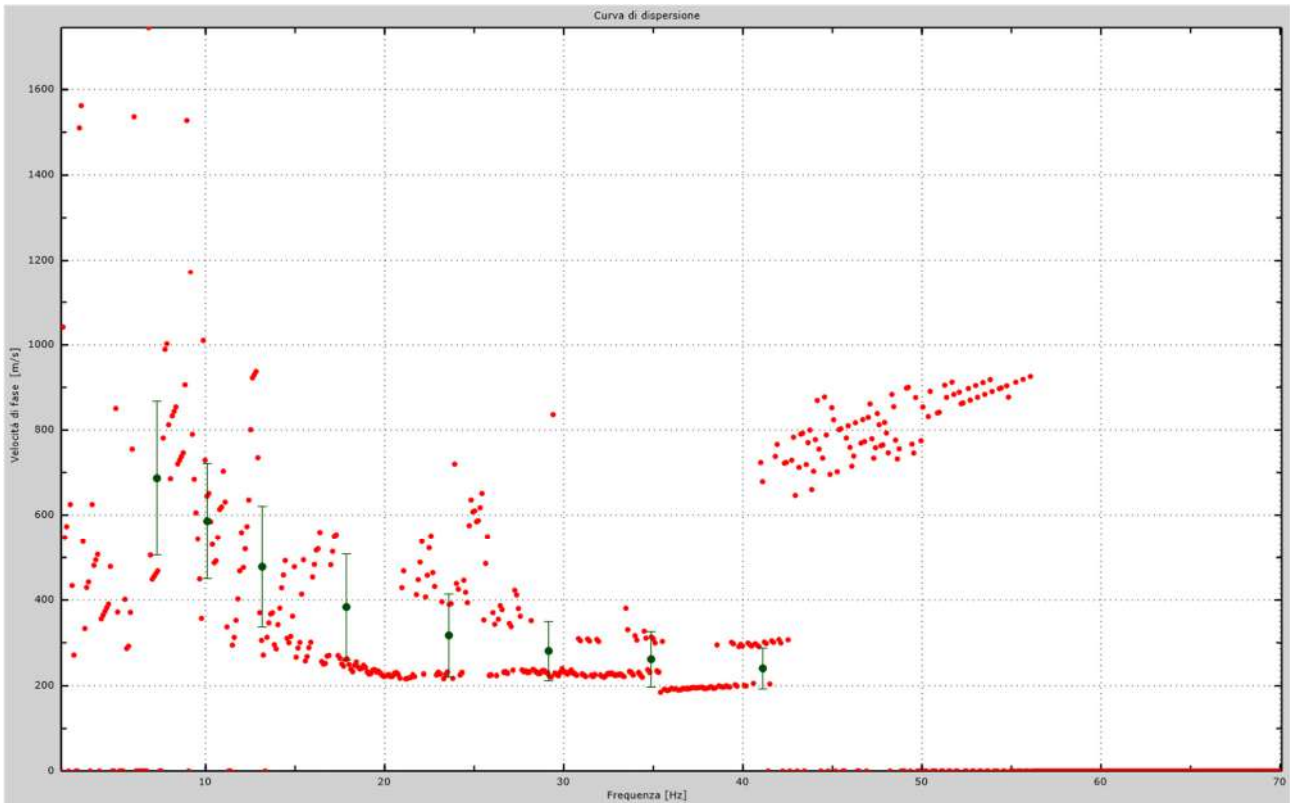


Fig.40 - Curva di dispersione sperimentale.

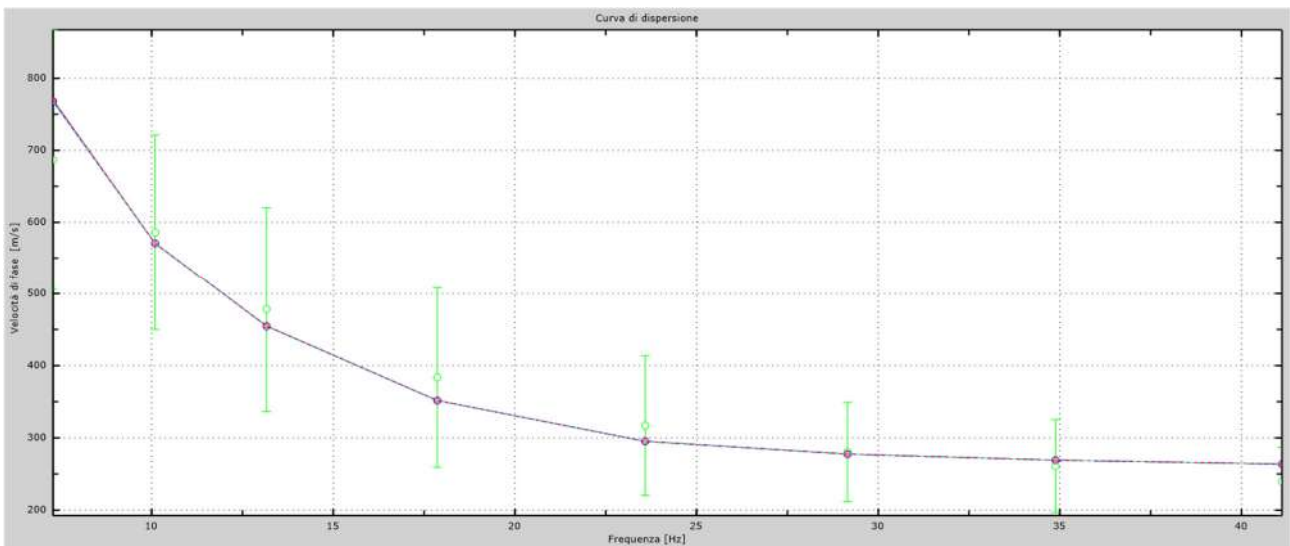


Fig.41 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso). La percentuale di differenza è risultata del 8%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.42). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

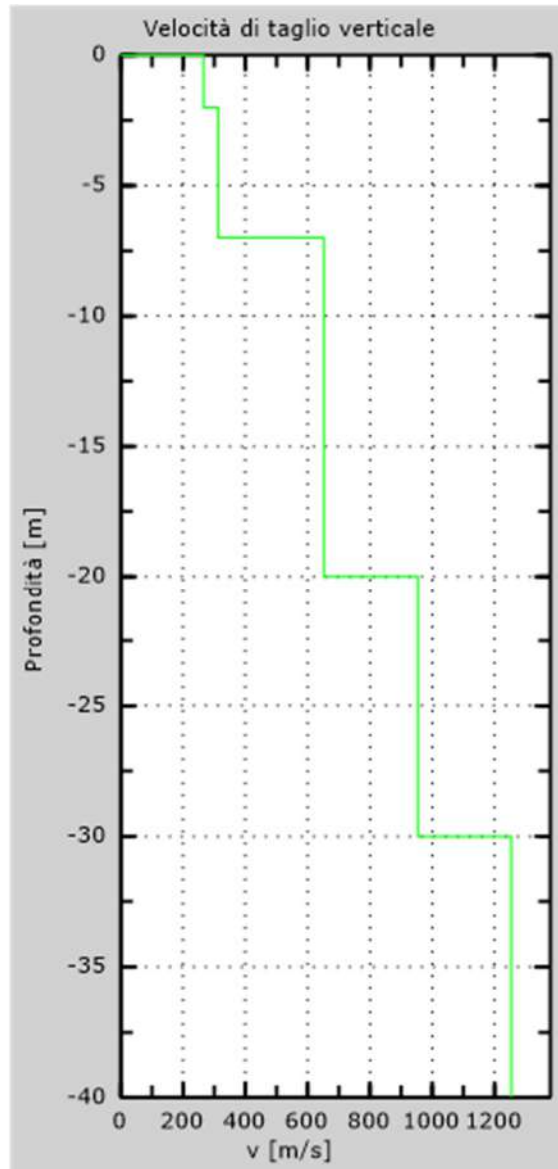


Fig. 42 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.43).

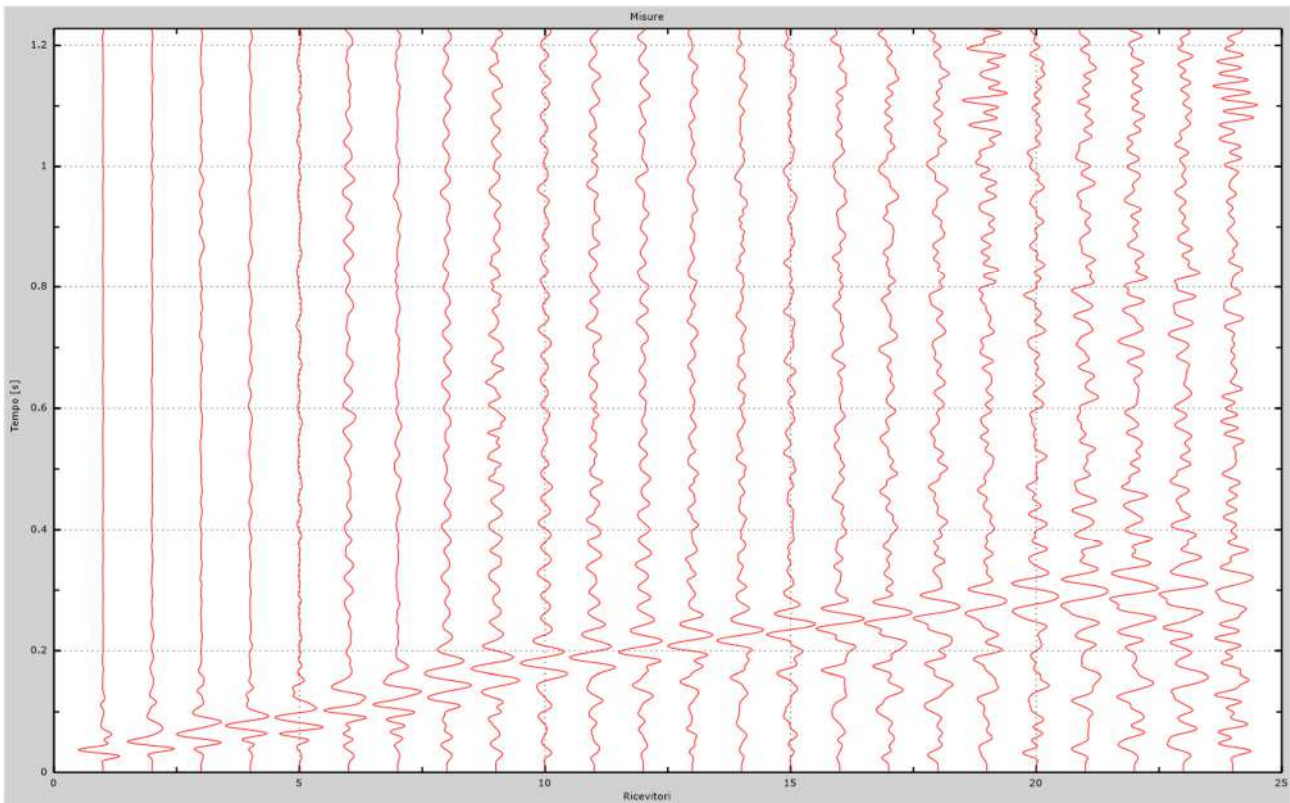


Fig. 43 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo FF'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.44) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.45). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

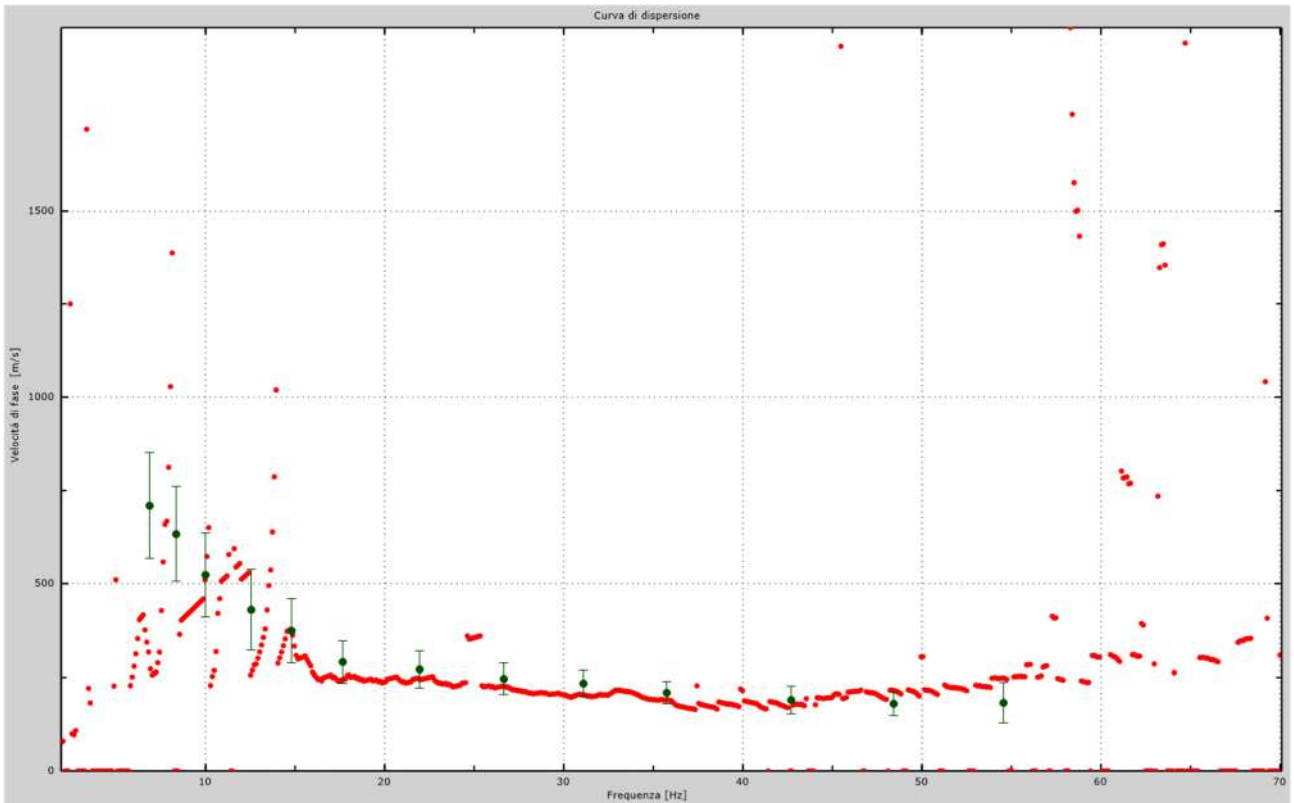


Fig.44 - Curva di dispersione sperimentale.

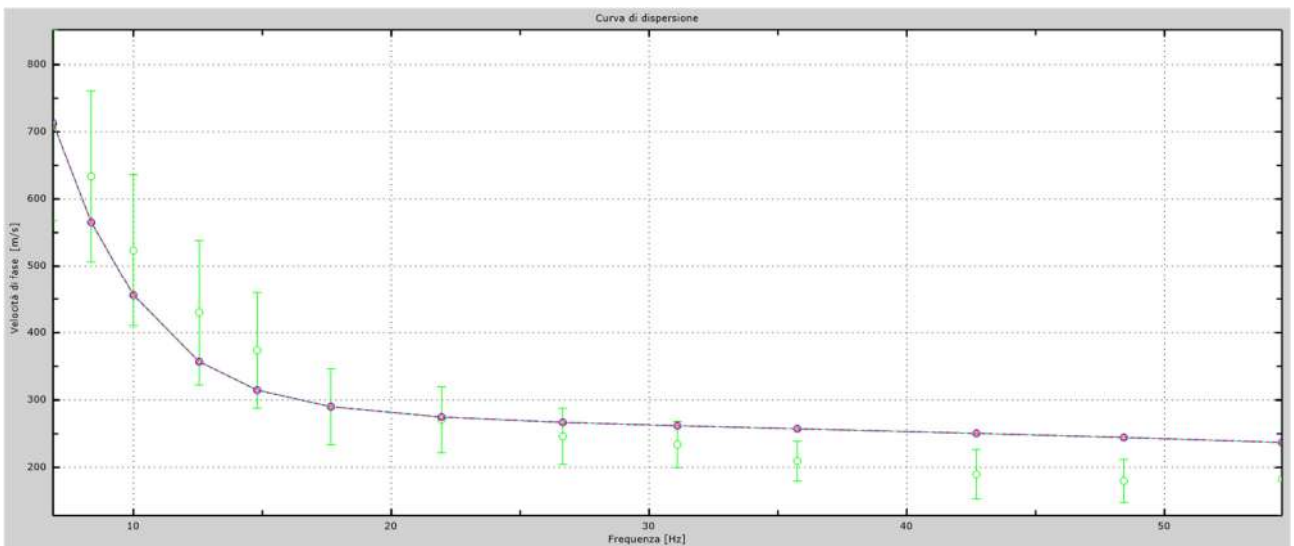


Fig.45 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).
 La percentuale di differenza è risultata del 13%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.46). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

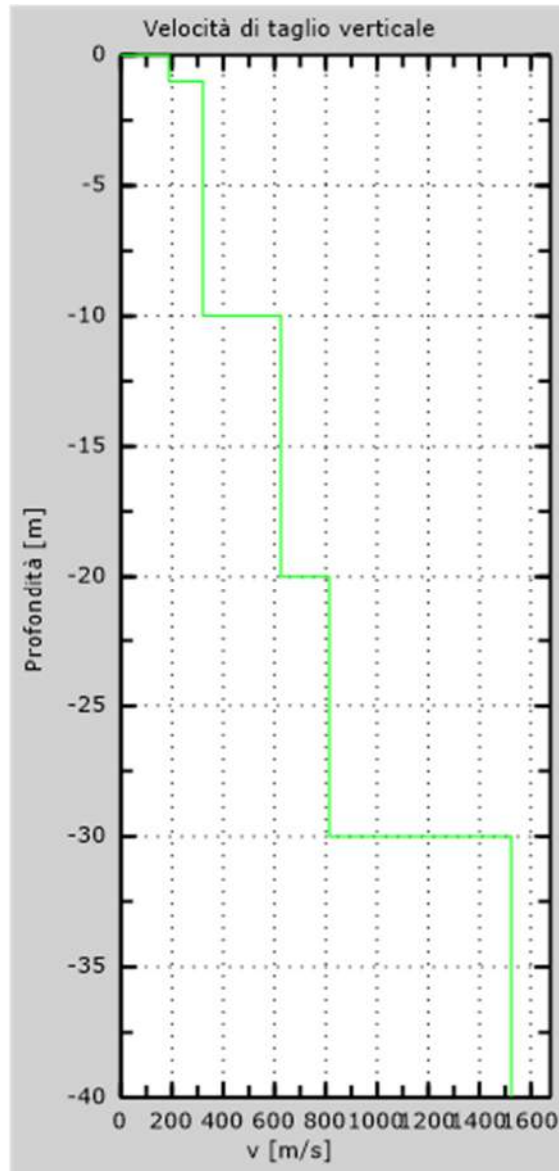


Fig. 46 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.47).

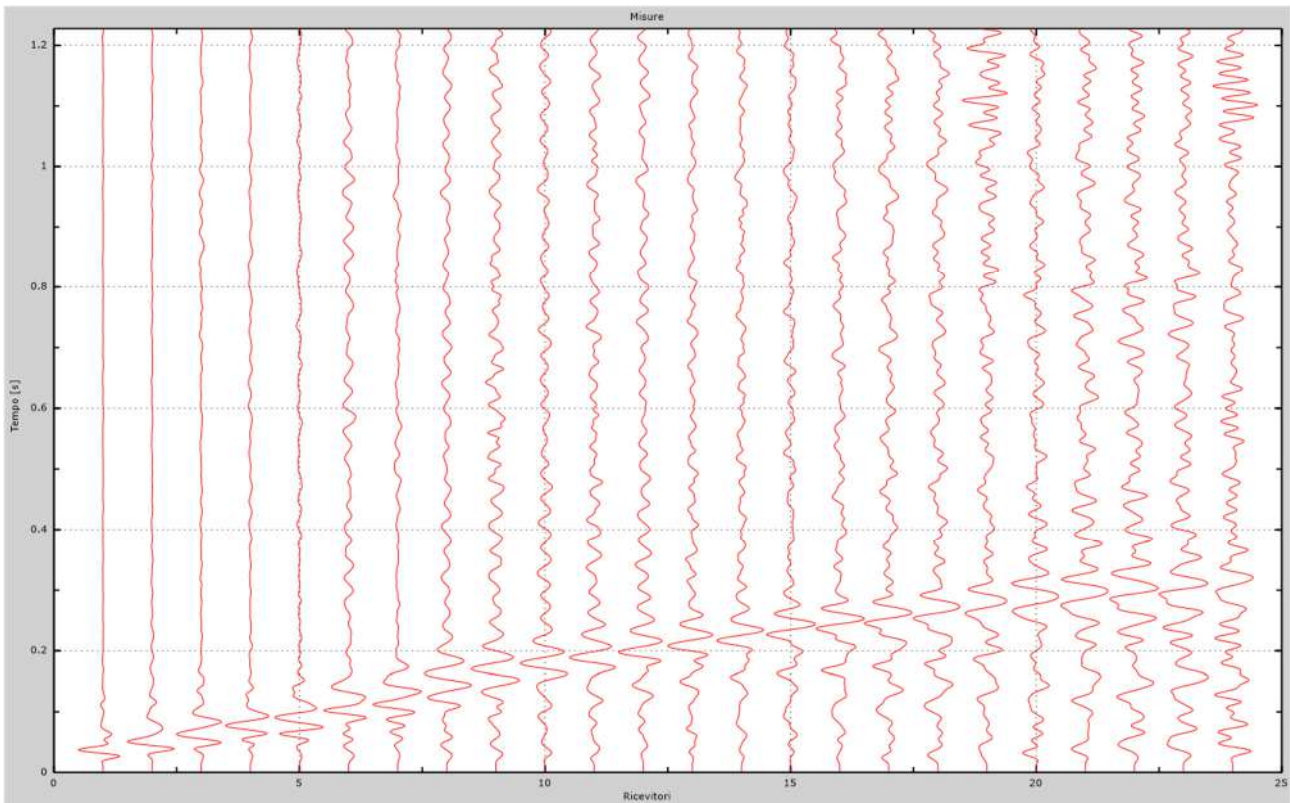


Fig. 47 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo GG'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.48) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.49). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

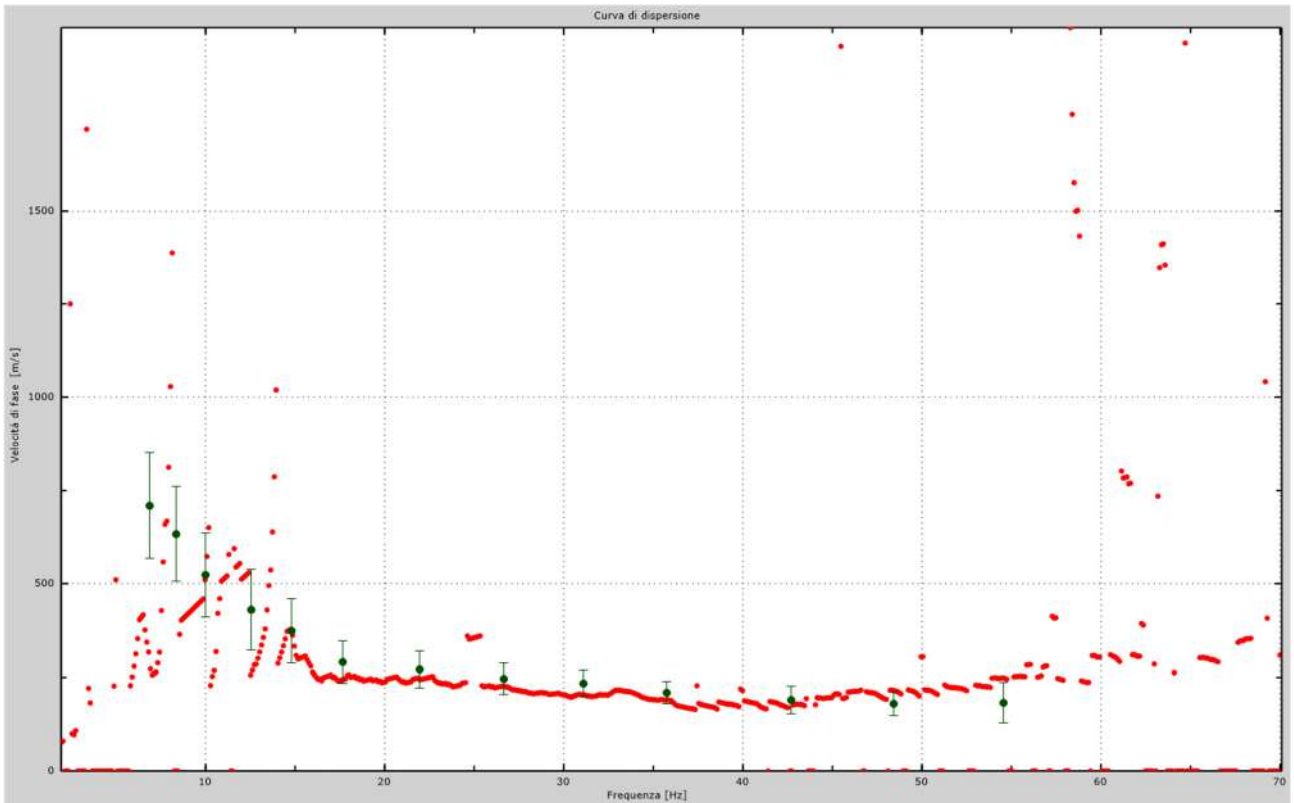


Fig.48 - Curva di dispersione sperimentale.

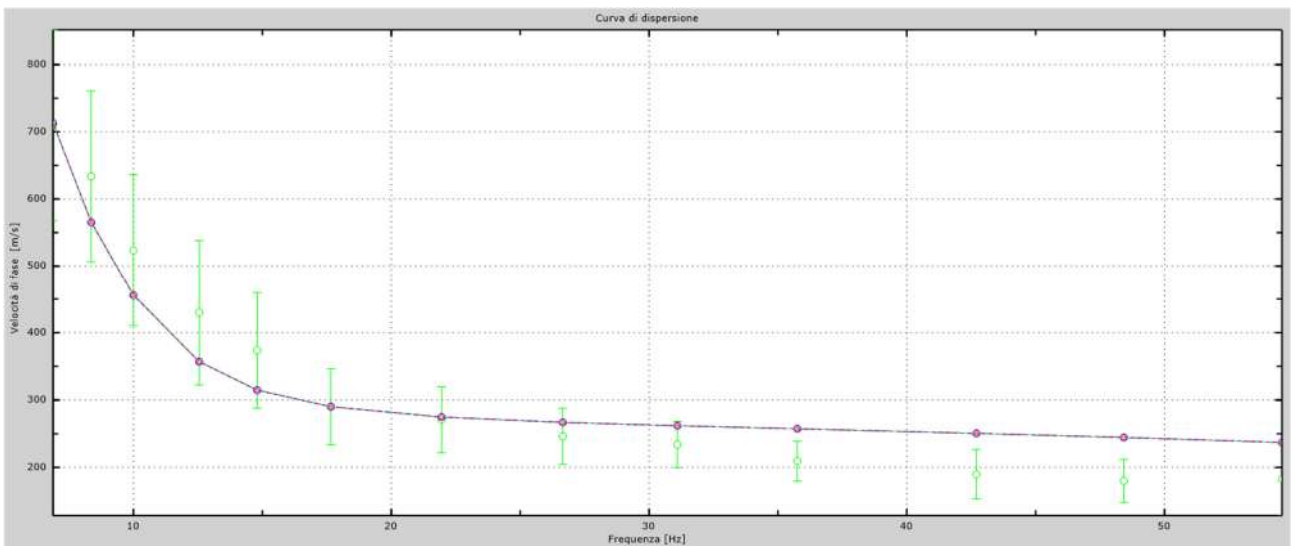


Fig.49 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).
 La percentuale di differenza è risultata del 10%.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (Fig.50). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

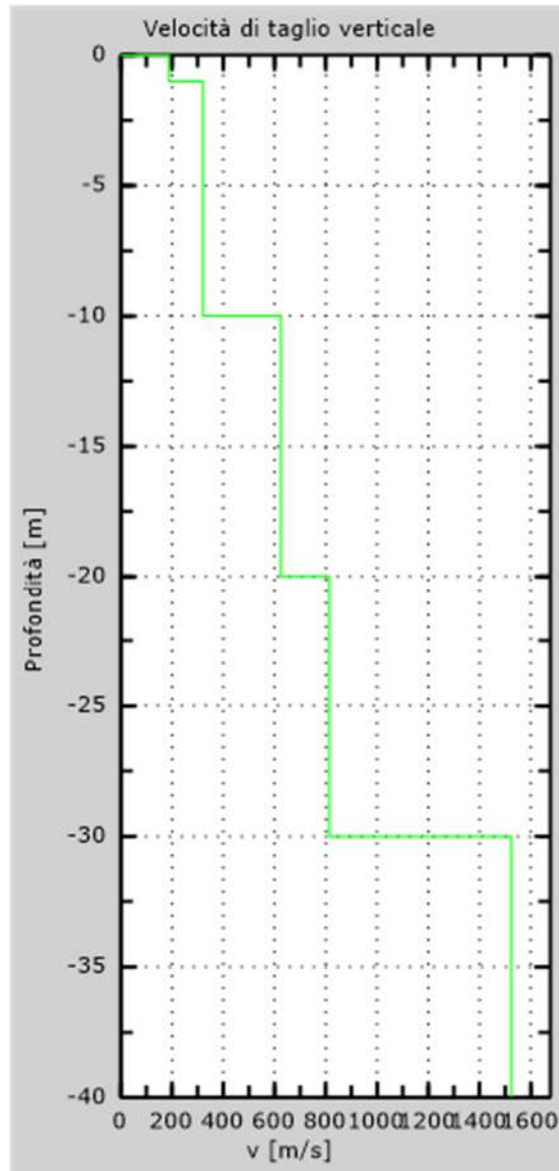


Fig. 50 - Profilo Vs30 – calcolato a partire dall'attuale p.c.

6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotte nell'area oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004; DGR Puglia 2 marzo 2004 e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n.3431 del 03.05.2005, DM 17/01/2018).

L'indagine M.A.S.W. ha consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della $V_{s,eq}$ risultante, applicando la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

in cui $V_{s,i}$ e h_i indicano la velocità delle onde di taglio (in m/s) e lo spessore (in m) del sismostrato i -esimo per un totale di N sismostrati presenti.

6.1 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo AA'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	184
2	5.00	266
3	10.00	596
4	15.00	789

$V_{s,eq}$ 510.60 m/s
Categoria del suolo B

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.2 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo BB'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	154

2	10.00	255
3	10.00	401
4	10.00	611

V_{s,eq} **351.38 m/s**
Categoria del suolo **C**

Sulla base della V_{s,eq} calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

6.3 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo CC'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	155
2	9.00	325
3	10.00	654
4	10.00	789

V_{s,eq} **483.02 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della V_{s,eq} calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.4 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo DD'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	112
2	12.00	452
3	10.00	754
4	7.00	887

V_{s,eq} **471.89 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.5 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo EE'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	2.00	266
2	5.00	312
3	13.00	652
4	10.00	954

$V_{s,eq}$ 459.95 m/s
Categoria del suolo B

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.6 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo FF'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	1.00	188
2	9.00	321
3	10.00	625
4	10.00	814

$V_{s,eq}$ 405.21 m/s
Categoria del suolo B

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.7 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo GG'

Dati

Numero di strati 4
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	2.00	172
2	10.00	355
3	15.00	588
4	3.00	785

V_{s,eq} 433.97 m/s
Categoria del suolo B

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

7.1 Stendimento sismico AA'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico AA'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K(Kg/cm ²)	E(kg/cm ²)	M(kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t ⁺ m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	184.00	1.46	498.9	255.8	907.1	921.0	-0.09	1.36	267.91	1.94
500.00	266.00	1.66	1189.5	2616.8	3098.9	4202.7	0.30	1.88	441.83	2.04
1500.00	596.00	2.05	7357.6	36794.2	20693.5	46604.4	0.41	2.52	1219.76	2.27
2600.00	1254.00	2.27	36159.9	107232.5	97518.2	155445.6	0.35	2.07	2849.13	2.59

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	184 - 266	1.46 - 1.66	499 - 1189	256 - 2617	907 - 3099
II	1 - 10	500 - 1500	266 - 596	1.66 - 2.05	1189 - 7358	2617 - 36794	3099 - 20693
III	10 - 15	1500 - 2600	596 - 1254	2.05 - 2.27	7358 - 36160	36794 - 107232	20693 - 97518

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

Y_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.528292	15.099103	SLO	30	0,053	2,352	0,307
41.528292	15.099103	SLD	50	0,068	2,454	0,321
41.528292	15.099103	SLV	475	0,172	2,560	0,371
41.528292	15.099103	SLC	975	0,224	2,501	0,405

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	K _h [-]	K _v [-]	β [-]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.620	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.797	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.023	0,050	0,025	0,240
SLC	1,18	1,32	1,00	2.587	0,074	0,037	0,280

Dove K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$.

7.2 Stendimento sismico BB'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico BB'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t ⁺ m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	154.00	1.46	349.5	455.0	834.8	921.0	0.19	1.62	224.23	1.87
500.00	255.00	1.66	1093.1	2745.2	2895.1	4202.7	0.32	1.96	423.56	2.03
1500.00	611.00	2.05	7732.6	36294.2	21659.6	46604.4	0.40	2.45	1250.46	2.26
3100.00	1200.00	2.35	34238.0	182840.3	96679.3	228490.9	0.41	2.58	2819.10	2.54

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	154 - 255	1.46 - 1.66	349 - 1093	455 - 2745	835 - 2895
II	1 - 15	500 - 1500	255 - 611	1.66 - 2.05	1093 - 7733	2745 - 36294	2895 - 21660
III	15 - 25	1500 - 3100	611 - 1200	2.05 - 2.35	7733 - 34238	36294 - 182840	21660 - 96679

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

Y_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria C

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.527650	15.103524	SLO	30	0,053	2,353	0,307
41.527650	15.103524	SLD	50	0,068	2,457	0,320
41.527650	15.103524	SLV	475	0,173	2,555	0,369
41.527650	15.103524	SLC	975	0,226	2,500	0,400

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	K _h [-]	K _v [-]	β [-]
SLO	1,50	1,55	1,00	0.778	0,016	0,008	0,200
SLD	1,50	1,53	1,00	1.001	0,020	0,010	0,200
SLV	1,43	1,46	1,00	2.431	0,059	0,030	0,240
SLC	1,36	1,42	1,00	3.010	0,086	0,043	0,280

Dove K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: **K_h = β · A_{max}/g;**

K_v = 0.5 · K_h.

7.3 Stendimento sismico CC'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico CC'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	155.00	1.46	354.0	449.0	841.1	921.0	0.19	1.61	225.69	1.87
500.00	325.00	1.66	1775.7	1835.2	4027.9	4202.7	0.13	1.54	539.83	2.12
1300.00	654.00	1.99	8621.7	22570.6	22943.6	34066.1	0.33	1.99	1302.56	2.32
1900.00	789.00	2.14	13486.6	60226.9	37649.6	78209.1	0.40	2.41	1688.92	2.40

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	155 - 325	1.46 - 1.66	354 - 1776	449 - 1835	841 - 4028
II	1 - 9	500 - 1300	325 - 654	1.66 - 1.99	1776 - 8622	1835 - 22571	4028 - 22943
III	9 - 15	1300 - 1900	654 - 789	1.99 - 2.14	8622 - 13487	22571 - 60227	22943 - 37650

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

Y_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.527734	15.121798	SLO	30	0,053	2,354	0,306
41.527734	15.121798	SLD	50	0,068	2,462	0,318
41.527734	15.121798	SLV	475	0,174	2,551	0,368
41.527734	15.121798	SLC	975	0,227	2,500	0,395

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	K _h [-]	K _v [-]	β [-]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.623	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.803	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.051	0,050	0,025	0,240
SLC	1,17	1,32	1,00	2.608	0,074	0,037	0,280

Dove K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$.

7.4 Stendimento sismico DD'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico DD'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	γ _{sat} (gr/cm ³)
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	452.00	1.66	3434.5	0	0	4202.7	0	1.11	750.78	2.25
1300.00	754.00	1.99	11459.8	18786.3	28570.2	34066.1	0.25	1.72	1501.73	2.35
2300.00	887.00	2.22	17675.1	95275.4	49937.3	118842.2	0.41	2.59	1968.89	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	112 - 452	1.46 - 1.66	185 - 3434	-	-
II	1 - 12	500 - 1300	452 - 754	1.66 - 1.99	3434 - 11460	-	-
III	12 - 15	1300 - 2300	754 - 887	1.99 - 2.22	11460 - 17675	18786 - 95275	28570 - 49937

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

γ_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.527380	15.125574	SLO	30	0,053	2,354	0,306
41.527380	15.125574	SLD	50	0,068	2,463	0,318
41.527380	15.125574	SLV	475	0,174	2,551	0,368
41.527380	15.125574	SLC	975	0,227	2,501	0,395

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	Kh [-]	Kv [-]	β [-]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.623	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.803	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.050	0,050	0,025	0,240
SLC	1,17	1,32	1,00	2.606	0,074	0,037	0,280

Dove Kh e Kv sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: **Kh = β · A_{max}/g;**

Kv = 0.5 · Kh.

7.5 Stendimento sismico EE'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico CC'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K(Kg/cm ²)	E(kg/cm ²)	M(kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t ³ m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08	1.75
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1200.00	652.00	1.96	8439.7	17335.7	21784.0	28588.7	0.29	1.84	1278.98	2.33
1800.00	954.00	2.12	19515.8	43454.8	50923.9	69475.8	0.30	1.89	2021.25	2.48

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 1	250 - 500	112 - 312	1.46 - 1.66	185 - 1636	675 - 2021	508 - 3866
II	1 - 7	500 - 1200	312 - 652	1.66 - 1.96	1636 - 8440	2021 - 17336	3866 - 21784
III	7 - 12	1200 - 1800	652 - 954	1.96 - 2.12	8440 - 19516	17336 - 43455	21784 - 50924

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

Y_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.524938	15.129093	SLO	30	0,053	2,354	0,306
41.524938	15.129093	SLD	50	0,068	2,464	0,318
41.524938	15.129093	SLV	475	0,174	2,552	0,368
41.524938	15.129093	SLC	975	0,227	2,501	0,396

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	K _h [-]	K _v [-]	β [-]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.622	0,013	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.801	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,34	1,00	2.044	0,050	0,025	0,240
SLC	1,17	1,32	1,00	2.599	0,074	0,037	0,280

Dove K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: $K_h = \beta \cdot A_{max}/g$;

$K_v = 0.5 \cdot K_h$.

7.6 Stendimento sismico FF'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico FF'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t ⁺ m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	188.00	1.46	520.8	226.6	884.7	921.0	-0.15	1.33	273.74	1.95
500.00	312.00	1.66	1636.4	2020.8	3865.8	4202.7	0.18	1.60	518.24	2.10
1300.00	625.00	1.99	7874.0	23567.4	21254.9	34066.1	0.35	2.08	1244.80	2.30
2400.00	814.00	2.24	15006.4	110443.1	43068.5	130451.6	0.44	2.95	1821.52	2.42

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 2	250 - 500	188 - 312	1.46 - 1.66	521 - 1636	227 - 2021	885 - 4203
II	2 - 10	500 - 1300	312 - 625	1.66 - 1.99	1636 - 7874	2021 - 23567	4203 - 34066
III	10 - 15	1300 - 2400	625 - 814	1.99 - 2.24	7874 - 15006	23567 - 110443	34066 - 130452

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

Y_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.521628	15.132826	SLO	30	0,051	2,360	0,308
41.521628	15.132826	SLD	50	0,065	2,463	0,324
41.521628	15.132826	SLV	475	0,162	2,577	0,388
41.521628	15.132826	SLC	975	0,210	2,534	0,420

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	K _h [-]	K _v [-]	β [-]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.604	0,012	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.770	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,33	1,00	1.910	0,047	0,023	0,240
SLC	1,19	1,31	1,00	2.445	0,070	0,035	0,280

Dove K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: **K_h = β · A_{max}/g;**

K_v = 0.5 · K_h.

7.7 Stendimento sismico GG'

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per lo stendimento sismico GG'. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW.

V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t ⁺ m ⁻² *sec ⁻¹)	Y _{sat} (gr/cm ³)
250.00	172.00	1.46	436.0	339.7	916.1	921.0	0.05	1.45	250.44	1.91
500.00	345.00	1.66	2000.9	1534.8	4184.4	4202.7	0.05	1.45	573.05	2.14
1300.00	588.00	1.99	6969.3	24773.7	19115.5	34066.1	0.37	2.21	1171.11	2.25
3000.00	785.00	2.33	14560.6	193244.2	42611.6	212658.3	0.46	3.82	1832.71	2.37

Sismostrato	Profondità (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (gr/cm ³)	G ₀ (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
I	0 - 2	250 - 500	172 - 345	1.46 - 1.66	436 - 2001	340 - 1535	916 - 4184
II	2 - 15	500 - 1300	345 - 588	1.66 - 1.99	2001 - 6969	1535 - 24774	4184 - 19115
III	15 - 25	1300 - 3000	588 - 785	1.99 - 2.33	6969 - 14561	24774 - 193244	19115 - 42612

Dove,

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

Y_{sat} = peso di volume saturo calcolata mediante la formula di Mayne (2001);

G₀ = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica;

μ = modulo di Poisson.

SISMICITÀ DELL'AREA

Categoria di sottosuolo di riferimento: categoria B

Condizioni topografiche: T1

Determinazione dei Parametri spettrali e dei Coefficienti sismici

Tabella: Parametri spettrali

Latitudine (ED 50)	Longitudine (ED 50)	Stato limite	TR (anni)	ag [g]	F ₀ [-]	T*C [s]
41.520454	15.134896	SLO	30	0,051	2,360	0,308
41.520454	15.134896	SLD	50	0,065	2,464	0,324
41.520454	15.134896	SLV	475	0,162	2,577	0,388
41.520454	15.134896	SLC	975	0,209	2,534	0,420

Tabella: coefficienti sismici

	S _s [-]	C _c [-]	S _t [-]	A _{max} [m/s ²]	K _h [-]	K _v [-]	β [-]
SLO	1,20	1,39	1,00	0.604	0,012	0,006	0,200
SLD	1,20	1,38	1,00	0.770	0,016	0,008	0,200
SLV	1,20	1,33	1,00	1.909	0,047	0,023	0,240
SLC	1,19	1,31	1,00	2.443	0,070	0,035	0,280

Dove K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale desunti dalle seguenti relazioni: **K_h = β · A_{max}/g;**

K_v = 0.5 · K_h.

8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

STENDIMENTO AA'



STENDIMENTO BB'



STENDIMENTO CC'



STENDIMENTO DD'



STENDIMENTO EE'



STENDIMENTO FF'



STENDIMENTO GG'



Alberobello, 30.06.2019