



Wind Farm "CIAVATTA"

RELAZIONE GEOLOGICA

Serracapriola (Regione Puglia)

Marzo 2021

REF.: 0W9040070DW

Version: A



renewables

EDP Renewables Italia Holding S.r.l.
Via Lepetit 8/10
20124 - Milano

Dott. Geol. Luigi Buttiglione
Ordine Geologi Regione Puglia n. 244
Via Generale Dalla Chiesa n. 16/b
70124 Bari
PEC:
studiobuttiglione@epap.sicurezzapostale.it

Sommario

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE.....	3
3	INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	8
4	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELL'AREA – INDAGINI GEOGNOSTICHE – MODELLO GEOLOGICO	11
4.1	ASSETTO MORFOLOGICO.....	11
4.2	ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO.....	11
4.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE	11
4.4	MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	18
5	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	20
6	INDAGINI GEOSISMICHE – DETERMINAZIONE CLASSE DI SOTTOSUOLO	26

1 **PREMESSA**

EDP Renewables Italia Holding Srl, con sede in Milano in Via R. Lepetit8/10, ha in progetto la realizzazione di un impianto per la generazione di energia da fonte eolica in agro di Serracapriola (Fg) in contrada Ciavatta.

Al riguardo, lo scrivente ha ricevuto l'incarico per la redazione della relazione geologica per il progetto definitivo.

Per l'espletamento dell'incarico ricevuto, lo scrivente ha eseguito una serie di studi e di indagini comprendenti:

- raccolta dei dati contenuti nella bibliografia geologica e geologico-tecnica;
- esecuzione di un rilevamento geologico di superficie dell'area d'intervento.

A supporto dello studio è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, articolata come segue:

- esecuzione di perforazioni di sondaggio
- esecuzione di indagine geosismica.

Nel corso della presente relazione si sintetizzeranno, con l'ausilio degli elaborati grafici allegati, gli esiti delle indagini e degli studi condotti al fine della caratterizzazione geologica, sismica, morfologica ed idrogeologica dell'area di intervento.

2 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE

Cartograficamente l'area di intervento prevalentemente nella Tavoletta 155 III NE "Serra Capriola" della Carta d'Italia in scala 1:25.000, un ampio stralcio della quale, con l'ubicazione dell'impianto, è riportato nell'allegato n.1.

La porzione di territorio prescelta per la realizzazione dell'impianto ricade in un ambito morfologico il cui assetto è condizionato dalla natura dei terreni affioranti, costituiti in prevalenza da depositi sciolti variamente coesi. Le forme del rilievo, con particolare riferimento all'acclività dei versanti, risultano pertanto variabili a seconda dello stato di aggregazione e della stabilità dei terreni.

In linea generale l'andamento geomorfologico si caratterizza per l'alternanza di vaste aree pianeggianti ad assetto tabulare, attraversate da solchi erosivi con versanti molto ampi e variamente acclivi. L'assetto subpianeggiante delle aree di cresta è legato ai processi di modellamento avvenuti durante la fase di colmamento del bacino di sedimentazione. L'azione degli agenti erosivi, con particolare riferimento agli effetti del modellamento dovuti allo scorrimento delle acque superficiali, ha inciso profondamente sul territorio, generando avvallamenti con versanti a pendenza variabile a seconda dei litotipi affioranti. Forme locali di dissesto di modeste dimensioni interessano le parti sommitali dei versanti, laddove affiorano terreni più schiettamente sabbiosi.

Dal punto di vista geologico l'unità geostrutturale costituita dall'"Avanfossa bradanica", all'interno della quale ricade l'area d'intervento, si contraddistingue per l'affioramento di terreni che, nell'insieme, costituiscono la successione regressiva di colmamento di

una porzione del bacino di sedimentazione attivo dal Pliocene sino al Pleistocene, tra la Catena Appenninica e l'Avampaese Murgiano.

Tale successione è costituita da un'unità argillosa di base, di età Plio-Pleistocenica, spesso alcune centinaia di metri nella parte centrale del bacino e più sottile nelle zone di margine. Il ciclo regressivo è chiuso da unità sabbioso-argillose di origine continentale, con spessore oscillanti intorno ad alcune decine di metri.

Lungo l'alveo e sulle sponde dei principali corsi d'acqua presenti in zona si rinvengono depositi alluvionali costituiti da limi e sabbie.

Alla descrizione generale della geologia dell'area (Fig.1) possono, con maggiore dettaglio, riferirsi le unità litostratigrafiche di seguito indicate in successione.

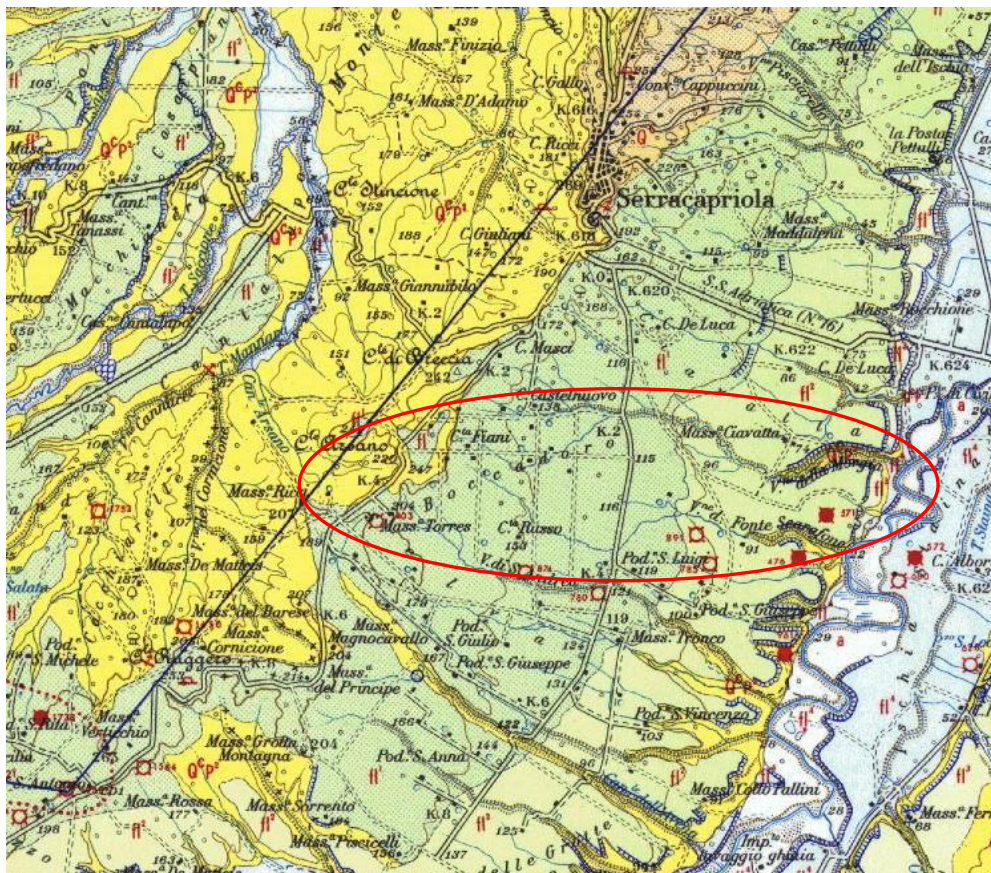






Figura 1: stralcio del Foglio n.155 "S. Severo" della Carta Geologica d'Italia. In rosso il perimetro approssimativo dell'area oggetto di studio.

	Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi.
	Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine di terrazzi.
	Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da « terre nere » ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi (<i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ?-PLIOCENE MEDIO.

Argille subappennine (QcP²)

Costituiscono l'unità argillosa di base della successione regressiva precedentemente descritta.

Affiorano nell'area oggetto di studio, costituendo prevalentemente la parte medio-bassa dei versanti e degli avvallamenti.

Sono costituite da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro con frequenti intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso-limose, presenti soprattutto nella parte sommitale della formazione.

A letto, lungo il margine murgiano dell' "Avanfossa", le "Argille subappennine" poggiano su unità calcarenitiche, mentre a tetto, nell'ambito dell'area studiata, passano a depositi sabbiosi-limosi di origine continentale.

Lo spessore delle “Argille subappennine” varia a seconda della distanza dai margini del bacino di Avanfossa, raggiungendo un massimo di alcune centinaia di metri nella zona vicina al depocentro.

L'età della formazione viene fatta risalire al Pliocene superiore-basso Pleistocene, periodi durante i quali si deposero in ambiente marino neritico.

Coperture fluvio-lacustri (fl¹)

Sono costituite da ghiaie più o meno cementate con livelli di argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi.

Costituiscono l'ordine più antico dei terrazzi fluviali che costeggiano la valle del Fiume Fortore ed occupano estesamente in affioramento l'area di intervento.

A letto poggiano, lungo una superficie di erosione, sull'unità argillosa plio-pleistocenica.

Lo spessore formazionale, alquanto variabile da luogo a luogo, raggiunge al massimo alcune decine di metri.

L'età dell'unità è ascrivibile al Pleistocene inferiore, durante il quale si deposero in ambiente fluviale.

Coperture fluvio-lacustri (fl²)

Sono costituite da limi, argille e sabbie derivanti prevalentemente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici.

Costituiscono un secondo ordine di terrazzi, con morfologia ben marcata che evidenzia una genesi prevalentemente fluviale ed affiorano sempre lungo i margini della valle del Fiume Fortore.

A letto poggiano sull'unità argillosa di base mentre o su depositi riferibili ad altri ordini di alluvioni terrazzate.

Lo spessore formazionale, alquanto variabile da luogo a luogo, raggiunge al massimo alcune decine di metri.

L'età dell'unità è ascrivibile al Pleistocene superiore, durante il quale si deposero in ambiente fluviale.

Coperture fluvio-lacustri (fl⁴)

Sono costituite da limi, argille e sabbie derivanti prevalentemente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici.

Nell'area oggetto di studio affiorano estesamente, andando a costituire l'ordine di terrazzi alluvionali più recenti lungo le sponde della valle del Fiume Fortore.

A letto poggiano sull'unità argillosa di base mentre o su depositi riferibili ad altri ordini di alluvioni terrazzate.

Lo spessore dell'unità non supera i dieci metri.

L'età dell'unità è ascrivibile al Pleistocene superiore, durante il quale si deposero in ambiente fluvio-lacustre.

3 INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La circolazione idrica di superficie dell'area in esame si sviluppa in alcune linee di deflusso a regime torrentizio.

Si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da un regime idraulico segnato da prolungati periodi di magra o di secca, interrotti da improvvisi eventi di piena corrispondenti o immediatamente successivi agli eventi meteorici più cospicui.

Le aree di impianto non ricadono tra quelle caratterizzate da pericolosità geomorfologica o idraulica, così come definite dal P.A.I. dell'Autorità di Bacino interregionale del Fiume Fortore. Si rimanda allo specifico elaborato per una trattazione più ampia degli aspetti idrologici e idraulici.

Per ciò che attiene la circolazione idrica sotterranea, è necessario distinguere i terreni affioranti nella zona oggetto di studio in base al loro grado di permeabilità come di seguito descritto:

Terreni impermeabili

Sono costituiti dalla formazione delle "Argille subappennine".

Tale unità costituisce la superficie di fondo definita e fissa delle acque circolanti nelle formazioni alluvionali sovrastanti.

Terreni a permeabilità variabile

Sono costituiti dalle unità dei depositi alluvionali terrazzati, dotate nell'insieme di una permeabilità primaria per porosità di grado estremamente variabile da luogo a luogo, sia verticalmente che lateralmente, per la presenza di frequenti intercalazioni limo-sabbiose.

In tali unità ha sede una falda idrica sotterranea, con superficie di fondo definita e fissa costituita dal tetto dell'unità argillosa di base.

Le acque circolano e a pelo libero con la superficie piezometrica disposta a quote non uniformi per la presenza già indicata di

intercalazioni più schiettamente limose che ne interrompono la continuità.

La superficie di equilibrio della falda è interessata da importanti oscillazioni di quota stagionali, legate agli apporti meteorici.

Nell'area in esame le acque dell'acquifero descritto vengono intercettate con pozzi poco profondi. In corrispondenza del contatto stratigrafico tra le alluvioni e le sottostanti argille si rinvennero scaturigini diffuse (sorgenti di strato) che localmente vengono intercettate e convogliate in un unico punto di sbocco.

Nell'insieme la falda presente nelle unità alluvionali, sebbene non particolarmente ricca oltre che discontinua a causa delle variazioni litologiche dell'acquifero, costituisce una delle principali fonti di approvvigionamento idrico della zona, soprattutto per quanto riguarda l'attività agricola.

Nell'ambito dei siti di intervento affiorano prevalentemente i terreni delle unità alluvionali.

Per ciò che attiene alle problematiche esecutive dell'intervento in progetto, con particolare riferimento alle strutture fondali, si ritiene che:

- nelle aree di affioramento dei terreni sabbioso-limosi la profondità della superficie piezometrica della falda, laddove gli impianti saranno realizzati nelle zone di cresta dei rilievi, garantirà l'esistenza di un franco insaturo all'interno del quale attestare le opere fondali. Tale franco tenderà a diminuire in prossimità del contatto stratigrafico con la sottostante unità argillosa. Tale contatto costituisce il livello di base delle falde esistenti nei terreni alluvionali.
- nelle aree di affioramento dei terreni argillosi non è da escludere la presenza di acque di ritenzione nella porzione sommitale

della formazione, dove sono presenti orizzonti limosi con debole contenuto sabbioso.

Tali indicazioni dovranno trovare più precisa conferma in fase di esecuzione delle indagini geognostiche per la stesura del progetto esecutivo.

4 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELL'AREA – INDAGINI GEOGNOSTICHE – MODELLO GEOLOGICO

4.1 Assetto Morfologico

L'area di intervento si dispone sul sistema di terrazzamenti che si sviluppa lungo la sponda sinistra del Fiume Fortore. In ragione di ciò il piano campagna risulta declive, da Ovest verso Est, passando da una quota massima di m 166 s.l.m. ad una minima di m 30 s.l.m. Tale differenza altimetrica si dispiega su di una distanza di oltre 5 km, con una pendenza del 2%. Nell'insieme pertanto l'area di progetto si ricade su di una porzione di territorio blandamente declive da Ovest verso Est, la cui monotonia morfologica è interrotta da avvallamenti con versanti debolmente acclivi e maggiormente incisi nella zona di collegamento con il dominio della valle del Fortore.

4.2 Assetto geologico e stratigrafico

Come descritto in precedenza, le aree di impianto ricadono nel contesto geologico dell'area alluvionale con termine alla valle del Fiume Fortore.

L'assetto stratigrafico dell'area è caratterizzato dalla presenza di un'unità geologica di base costituita da argille ed argille limose e marnose grigio azzurre, compatte e sovraconsolidate. Su tale substrato poggiano depositi sabbiosi-limosi e ghiaiosi di origine alluvionale.

L'assetto litologico dell'area di intervento è riportato nella corografia nell'all.n.2.

4.3 Indagini geognostiche dirette

Al fine di ampliare la conoscenza geologica e stratigrafica del sottosuolo e di pervenire ad una compiuta ricostruzione del modello geologico di riferimento, sono state eseguite, dalla Sondag s.r.l e in accordo con la committenza, due perforazioni di sondaggio a

carotaggio continuo e profonde m 10, nei siti di installazione delle WTG n.12 e n.1.

L'ubicazione dei punti di perforazione è riportata nelle figure seguenti.



Figura 2: ubicazione S1

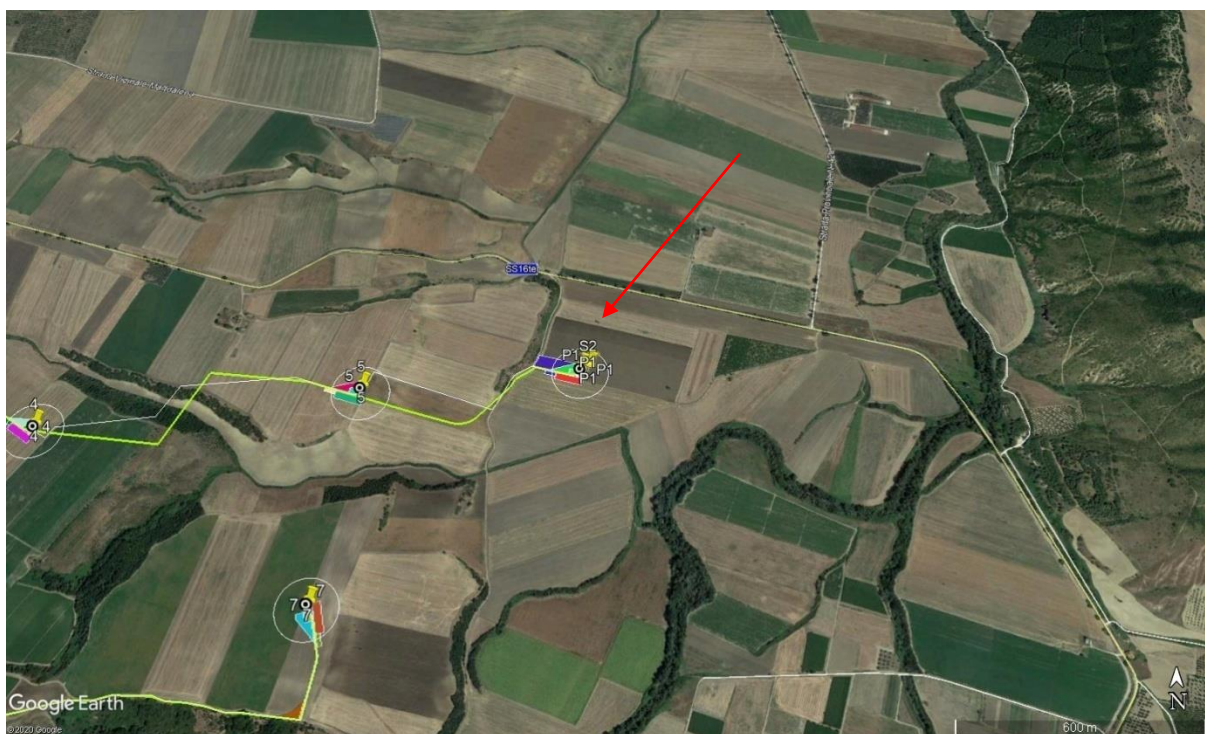


Figura 3: ubicazione S2

Di seguito si procede ad esporre gli esiti della succitata campagna geognostica.

S1

Spessori Litologia

Da m 0.0 a m 1.0: terreno vegetale bruno

da m 1.0 a m 5.0: sabbie limose compatte con patine calcaree
biancastre pulverulente.

da m 5.0 a m 6.0: sabbia limosa scarsamente compatta con ciottoli

da m 6.0 a m 10.0: ghiaia grossolana con matrice sabbioso-limosa



Figura 4: S1 - cassetta da m 0.0 a m 5.0



Figura 5: S1 - cassetta da m 5.0 a m 10.0

S2

Spessori

Litologia

Da m 0.0 a m 2.0: terreno vegetale bruno passante a ghiaia grossolana con matrice sabbiosa.

da m 2.0 a m 10.0: limo sabbioso compatto di colore avana.



Figura 6: S2 - cassetta da m 0.0 a m 5.0



Figura 7: S2 - cassetta da m 5.0 a m 10.0

SONDAGGIO S.1

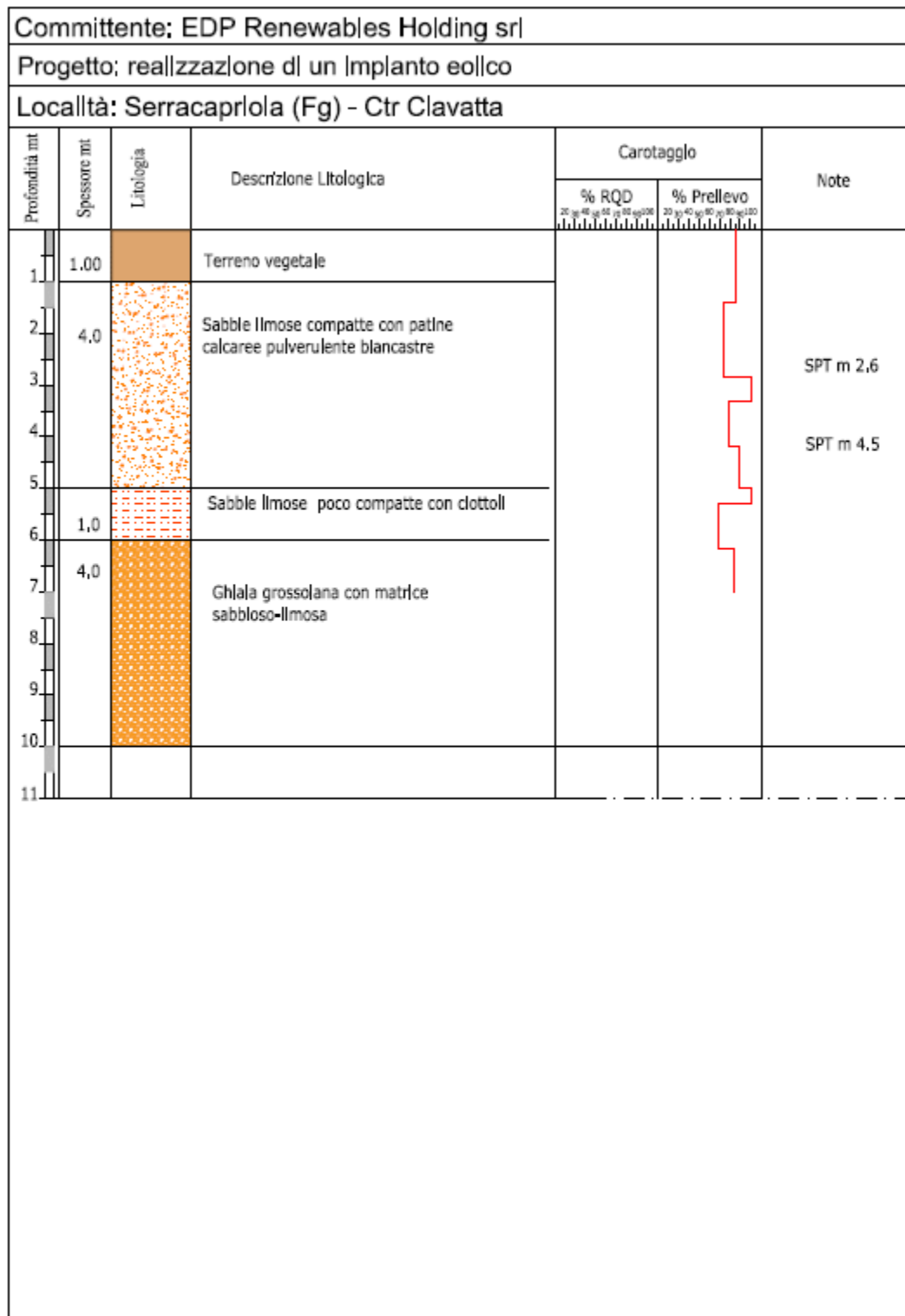


Figura 8: stratigrafia S1

SONDAGGIO S.2



Committente: EDP Renewables Holding srl						
Progetto: realizzazione di un impianto eolico						
Località: Serracapriola (Fg) - Ctr Ciavatta						
Profondità mt	Spessore mt	Litologia	Descrizione Litologica	Carotaggio		Note
				% RQD 20 40 60 80 100 120	% Prelievo 20 40 60 80 100 120	
1	2.0		Terreno vegetale passante a ghiaia grossolana			
2						
3	8.0		Limi sabbiosi compatti di colore ocra			
4						
5						SPT m 5,0
6						
7						SPT m 7,5
8						
9						
10						
11						

Figura 9: stratigrafia S2

4.4 Modello geologico del sottosuolo

Nel complesso gli esiti delle perforazioni di sondaggio confermano i dati delle indagini di superficie, aggiungendo importanti elementi di dettaglio inerenti le litologie.

La struttura del sottosuolo dell'area oggetto di studio si conferma essere costituita da una successione regressiva che, partendo dal substrato limoso-argilloso plio-pleistocenico, si sviluppa verso l'alto attraverso unità sabbiosolimose e ghiaiose di copertura.

In particolare, il substrato limoso-argilloso non è stato raggiunto nel sondaggio n.1, mentre nel sondaggio n.2 è stato rinvenuto alla profondità di m 2.0 dal p.c.

Ciò conferma che la coltre alluvionale aumenta di spessore passando da Est verso Ovest e, di conseguenza, il contatto con il substrato argilloso si dispone a profondità crescenti nella medesima direzione.

Nell'insieme il modello geologico del sottosuolo, per gli spessori di interesse, può essere descritto in sintesi come segue (dal basso verso l'alto):

Zona occidentale

- **depositi sabbioso-limosi e ghiaie:** si rinvengono immediatamente al disotto della coltre di terreno vegetale, alla profondità di m 1.0 dal p.c. Sono costituiti da sabbie limose compatte con patine calcaree (spessore m 4) passanti in basso a sabbie limose e ciottolose (spessore 1 m) ed a ghiaie in matrice limosa (spessore 4).
- **Copertura di terreno vegetale:** si tratta di terreni agrario spesso circa m 1.0.

Zona orientale

- **Limi sabbiosi:** si rinvengono a partire dalla profondità di m 2.0 dal p.c. Sono costituiti da limosi sabbiosi compatti di colore ocra (spessore m 8). Costituiscono i livelli sommitale del substrato limo-argilloso plio-pleistocenico.
 - **Copertura di terreno vegetale e ghiaie:** si tratta di terreni agrario spesso circa m 0.5 passanti in basso a ghiaie (spesse circa m 1.5). Queste ultime fanno parte della copertura alluvionale terrazzata.
-

5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La sismicità storica dell'area in esame è stata ricostruita esaminando i dati macrosismici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

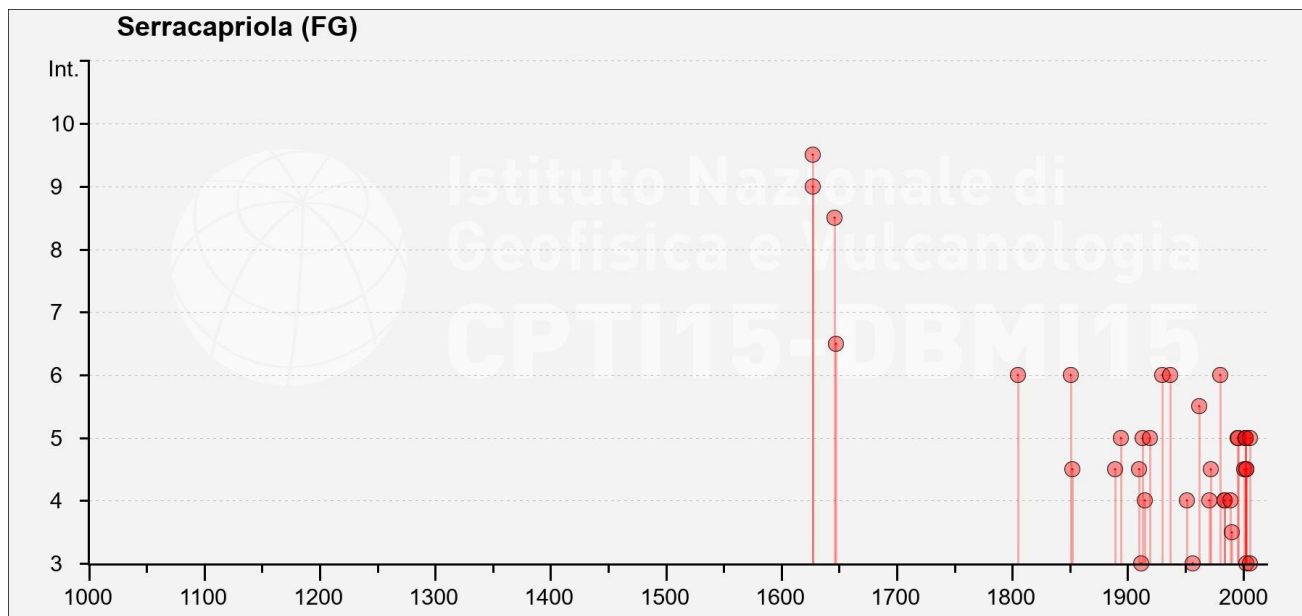
L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano (DBMI15), è stata rilasciata a luglio 2016 ed aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11(Locati et al., 2011). Essa fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014.

I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

Nella tabella seguente sono riportati gli eventi sismici per l'area d'interesse (Serracapriola) che hanno comportato effetti significativi nell'arco temporale dall'anno 1000 sino al 2014.

Int.	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
9-10	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6,66
9	1627 08 07 16 40	Capitanata	5	9	6,03
8-9	1646 05 31	Gargano	35	10	6,72
6-7	1647 05 05 12 30	Gargano	5	7-8	5,69
HF	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6,33
6	1805 07 26 21	Molise	220	10	6,68
6	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6,52
4-5	1852 12 09 21 15	Gargano	12	5	4,31
2	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5,2
4-5	1889 12 08	Gargano	122	7	5,47
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5,39
5	1894 03 25	Gargano	27	6-7	4,9
2-3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5,18
NF	1908 01 08 21 41	Isole Tremiti	3	5	4,16
4-5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5,76
3	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4,55
5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5,35
4	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
5	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5,03
6	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67

6	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4,96
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5,22
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4,64
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
NF	1970 01 21 18 36 25.00	Gargano	14	5	4,34
4	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4,83
4-5	1972 02 29 20 54 17.74	Gargano	21	6	4,71
6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5,86
4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
4	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4,34
NF	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti	27		4,43
3-4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
NF	1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	5	4,34
5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5,15
5	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4,35
4-5	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4,26
5	2002 10 31 10 32 59.05	Molise	51	7-8	5,74
5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5,72
5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4,57
3	2003 01 27 04 03 46.57	Molise	60	5	3,84
4-5	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4,44
4-5	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4,53
NF	2005 03 01 05 41 37.38	Molise	136	4	3,68
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4,3
3	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4,48



I dati inerenti gli eventi sismici successivi al 2014 sono stati ricavati dal database *ISIDe* dell'INGV, tenendo conto di un raggio di influenza di 100 km rispetto al sito oggetto di studio ed una magnitudo minima pari a 2 (vedi figura seguente).

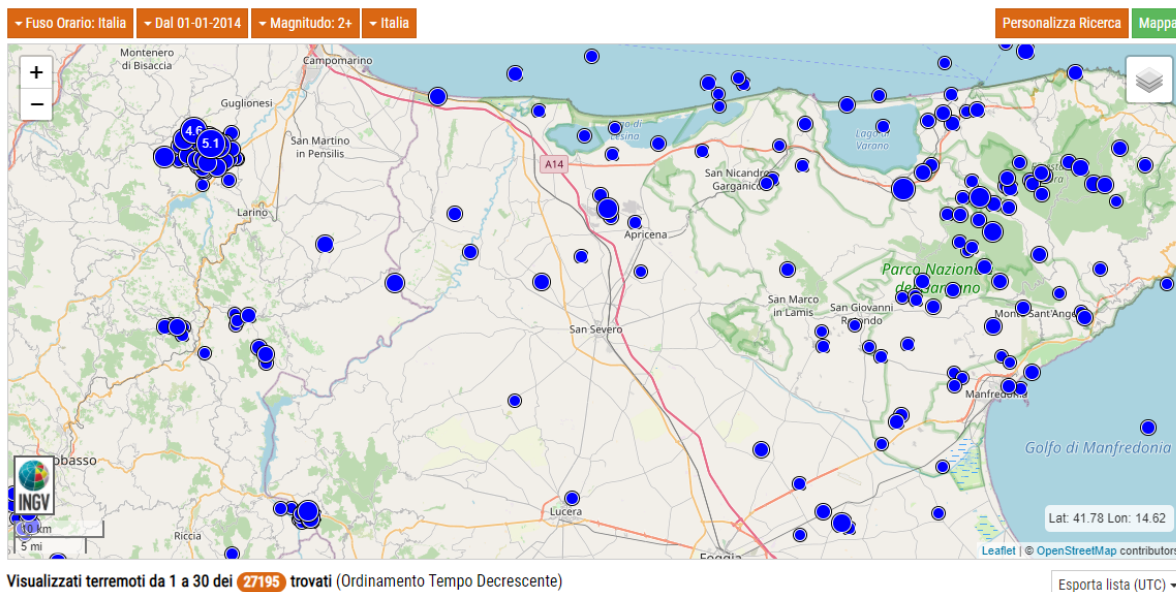


Figura 10: stralcio mappa ISIDe.

Gli eventi documentati hanno epicentri anche non distanti dall'area oggetto di studio.

Il database DISS3, messo a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, identifica e caratterizza le sorgenti sismogenetiche sul territorio nazionale.

Tale sorgenti possono essere individuali (piani di faglia), o composite (ossia regioni allungate contenenti un certo numero di sorgenti allineate ma non identificabili singolarmente).

La sorgente sismogenetica più vicine all'area in esame è la seguente:

- “*Ripabottoni-San Severo DISS ID ITCS003*” distante 8 Km caa Sud dall'area in esame . Si tratta di una sismozona

composita, caratterizzata da una magnitudo massima attesa (M_w) pari a 6.7.

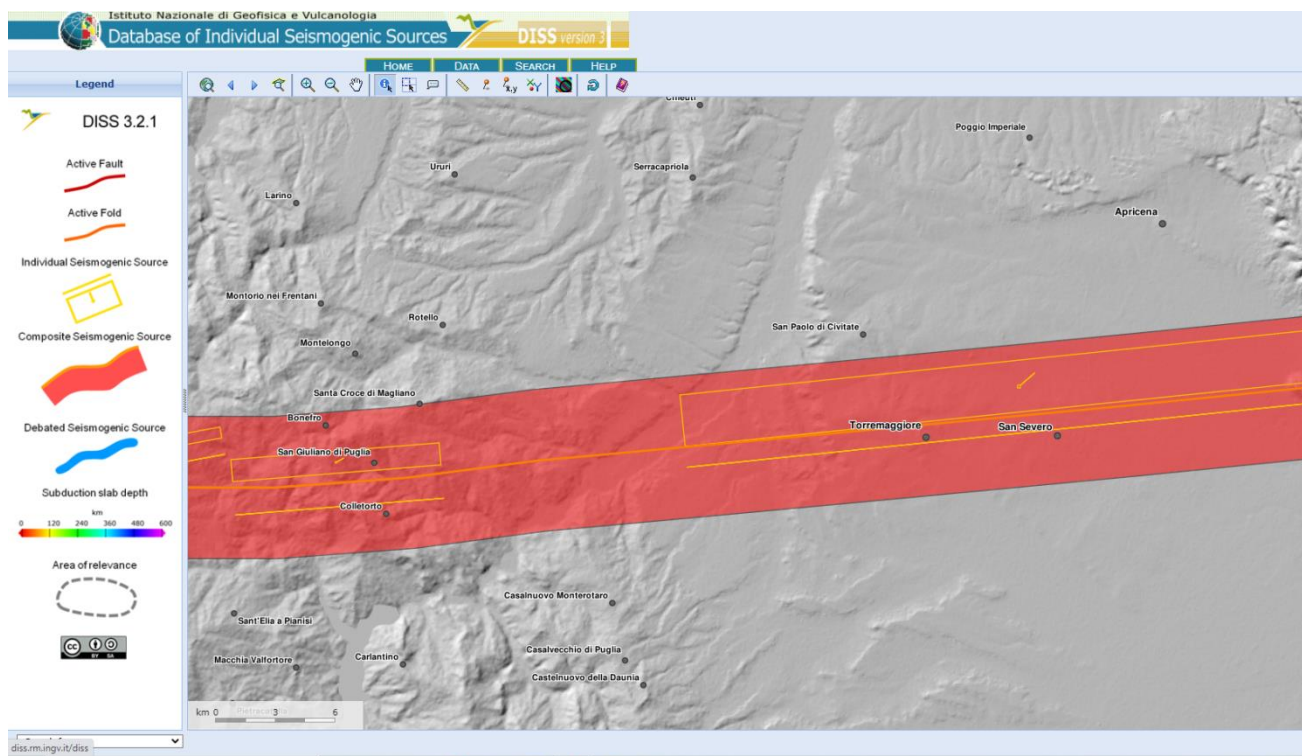


Figura 11: fonti sismogenetiche da DISS.

Utilizzando le mappe interattive di pericolosità sismica fornite da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), nel nodo del reticolo di riferimento più prossimo all'area in esame, caratterizzato da un'accelerazione compresa tra 0.2 e 0.225, la magnitudo media attesa per eventi sismici con probabilità di superamento del 10% in 50 anni – $T_r = 1000$ anni, è pari a 5.32 M_w , ad una distanza di 8.21km dall'area in esame (vedi figure seguenti).

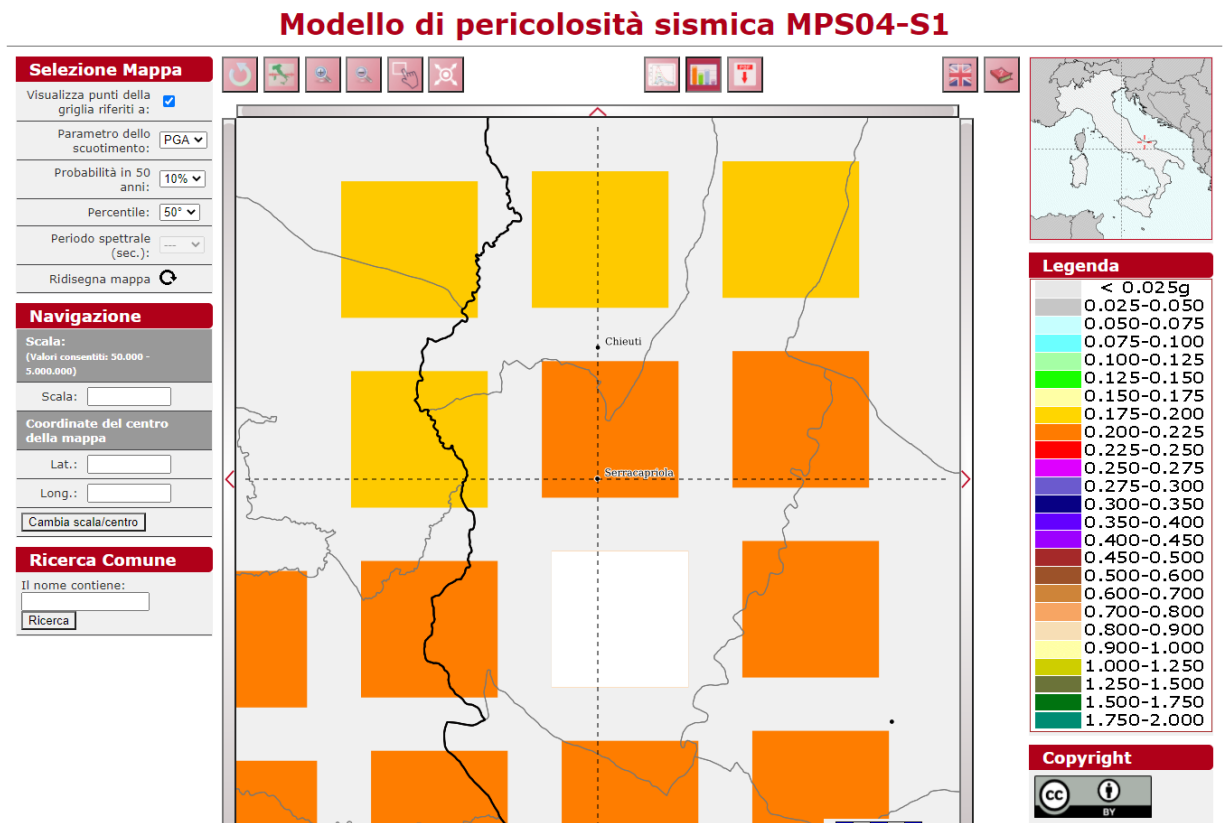


Figura 12: mappa di pericolosità sismica.

**Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 41.773 lon. 15.166)**

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	11.2000	24.8000	18.0000	10.9000	5.6600	2.5600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.6110	3.2200	5.0500	5.4000	4.4900	3.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0080	0.3320	0.9040	1.1900	1.1500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0778	0.2430	0.3300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0472	0.1120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.1460	0.1570	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0853	0.1820	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0154	0.1080	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0331	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.32	8.21	0.929

Figura 13: dati di pericolosità sismica.

La classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio in esame in **Zona 2**. Trattasi quindi di una porzione di territorio caratterizzata da una pericolosità sismica alta.

6 INDAGINI GEOSISMICHE – DETERMINAZIONE CLASSE DI SOTTOSUOLO

Il D.M. 17 Gennaio 2018 prescrive di valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Tali categorie sono indicate nella tabella seguente:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Al fine della definizione dell'azione sismica locale, così come stabilito, si è proceduto alla individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento, attraverso la determinazione del parametro V_{seq} (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio) definito dalla seguente relazione

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ m/s (1)}$$

dove

h_i = spessore in metri dello strato (sismostrato) i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità dell'onda di taglio i -esima;

N = numero di strati (sismostrati);

H = profondità substrato definita come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per la determinazione della classe di sottosuolo sono state eseguite, dalla G2g snc, quattro prospezioni geosismiche secondo la metodologia MASW.

Li stendimenti sono stati eseguiti nella posizione riportata nelle immagini seguenti.



Figura 14: ubicazione masw(veduda di insieme)

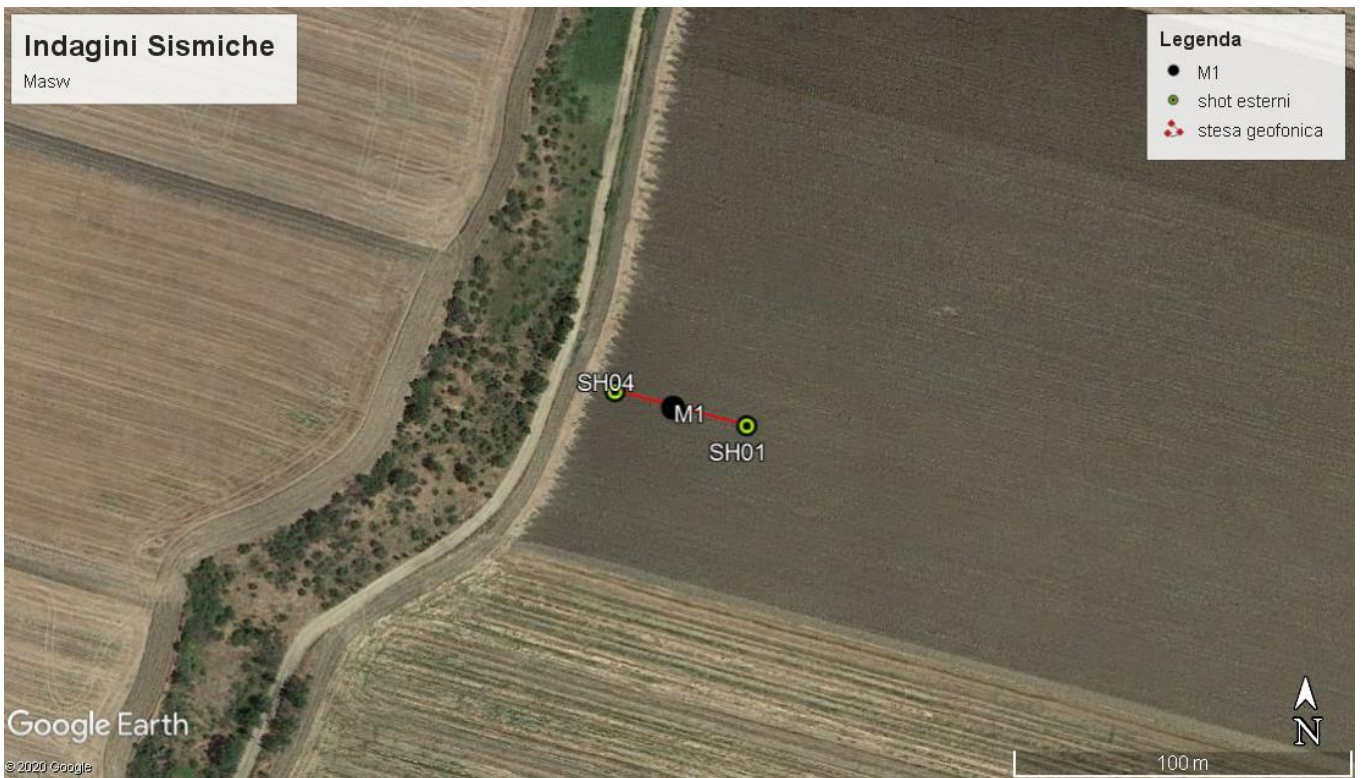


Figura 15: ubicazione masw1

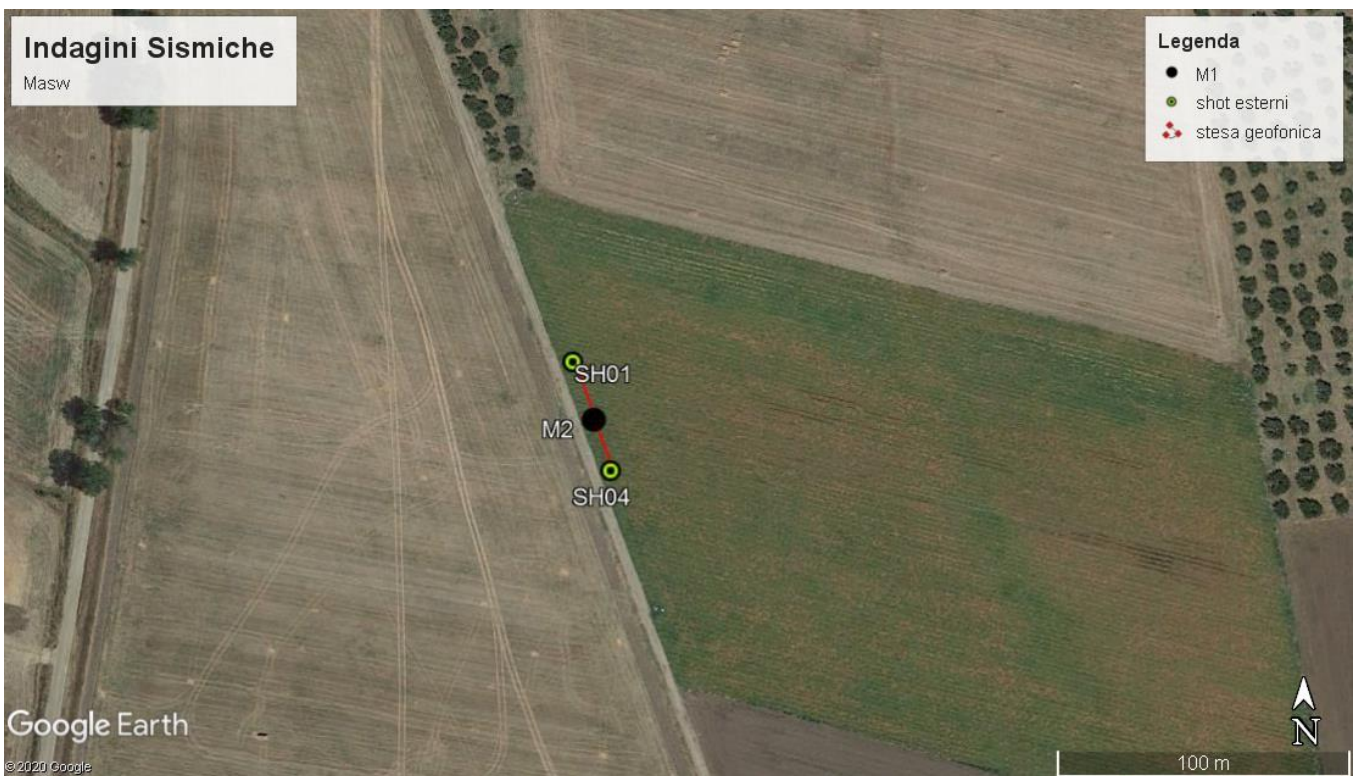


Figura 16: ubicazione Masw2

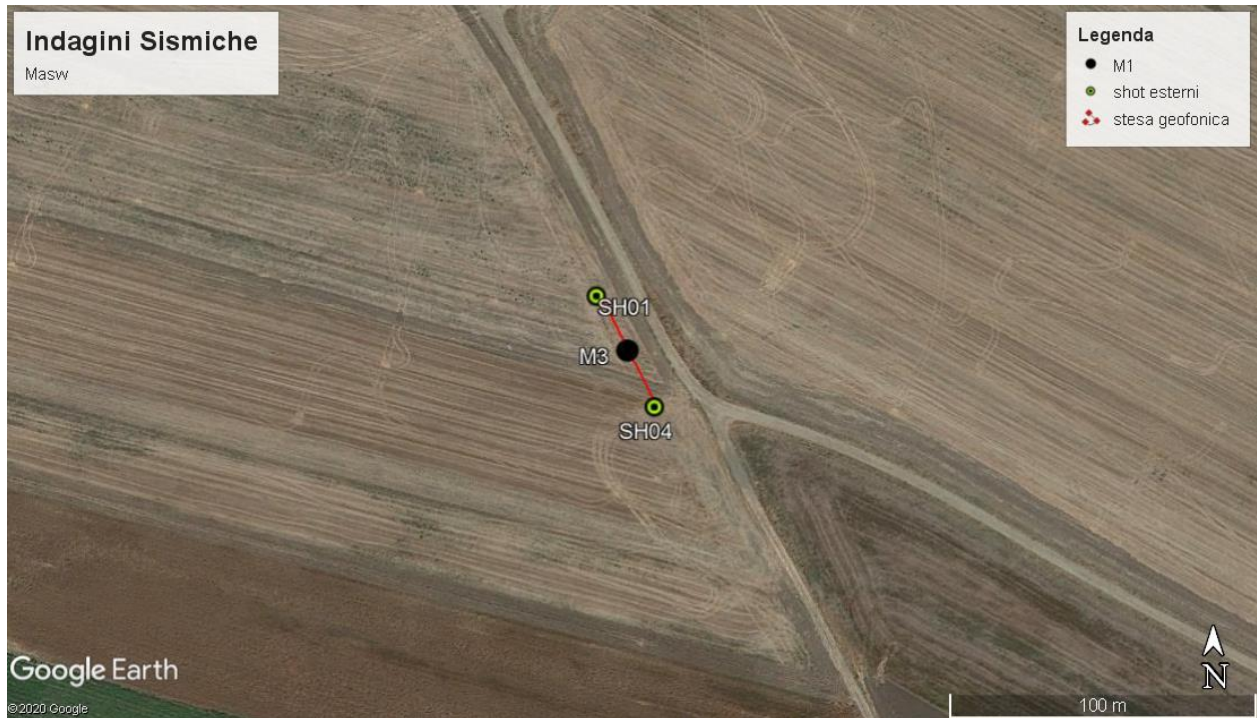


Figura 17: ubicazione stendimento MASW 3

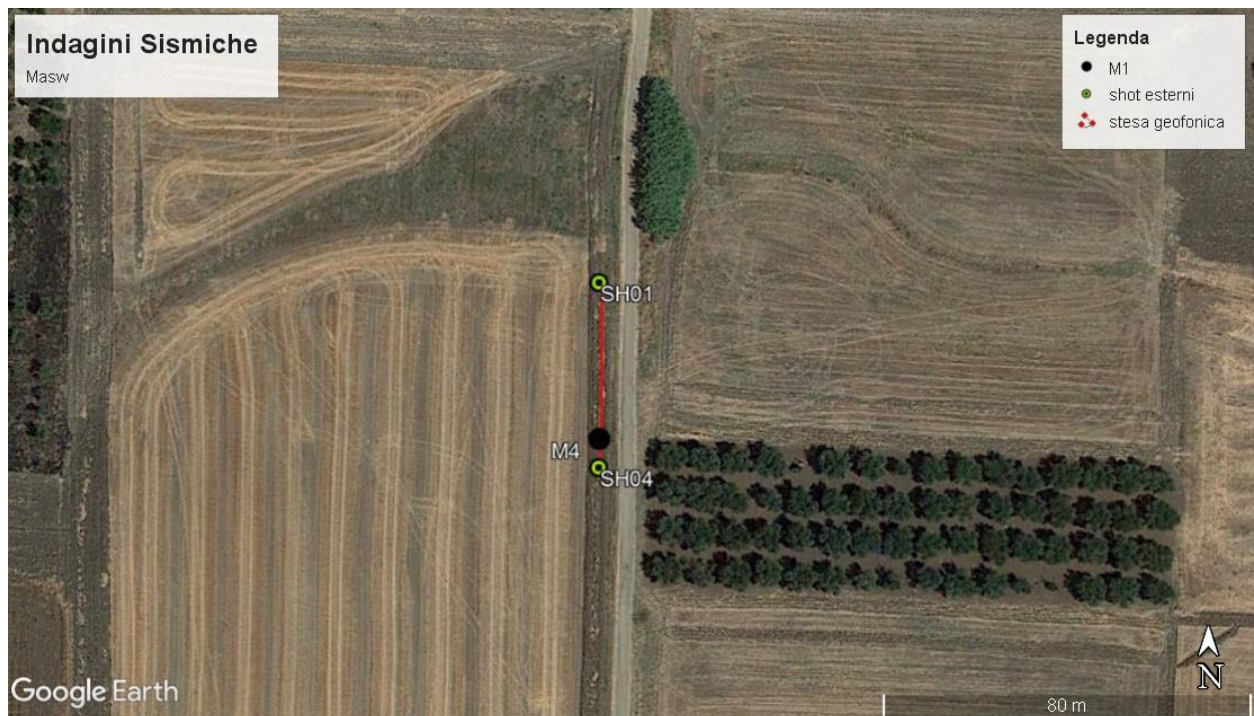


Figura 18: ubicazione stendimento MASW 4

Basandosi sulle indagini sismiche svolte, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. Tutte le indagini MASW, che hanno raggiunto una profondità investigativa

superiore ai 30m, non hanno consentito però di individuare un substrato rigido caratterizzato da un $V_s \geq 800 \text{ m/s}$ e pertanto, così come enuncia la nuova norma, il valore del $V_{s,eq}$ è definito dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30\text{m}$ nella attuale espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Come è possibile osservare dalle tabelle di calcolo di seguito riportate ed estratte dal report della G2gsnc, in corrispondenza dei siti di esecuzione delle MASW, i valori delle $V_{s,eq}$ sono i seguenti:

- **MASW 1: 234 m/s**

CALCOLO VS equivalente MASW 1

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	52	0	0,5
2	100	0,5	1
3	170	1,5	1,6
4	180	3,1	5,7
5	180	8,8	5,8
6	440	14,6	15,2
7	610	29,8	0,2
0		30	-

- **MASW 2: 341 m/s**

CALCOLO VS equivalente MASW 2

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	96	0	0,5
2	160	0,5	1
3	220	1,5	1,8
4	240	3,3	5,3
5	330	8,6	8
6	660	16,6	12,4
7	740	29	1
		30	-

- **MASW 3: 303 m/s**

CALCOLO VS equivalente MASW 3

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	44	0	0,6
2	120	0,6	0,7
3	230	1,3	2,1
4	340	3,4	2,9
5	340	6,3	16
6	530	22,3	7,7
		30	

- **MASW 5: 291 m/s**

CALCOLO VS equivalente MASW 4

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	93	0	0,5
2	170	0,5	1
3	240	1,5	1,8
4	240	3,3	4,8
5	240	8,1	6,8
6	420	14,9	15,1
		30	

Da tale stima ne consegue che il sottosuolo investigato rientra nella categoria di suolo “C” così definita nelle NTC 2018: “Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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 ciò che attiene la classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, l'area d'intervento può essere classificata come appartenente alla

categoria 'T1':

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

Sulla scorta degli studi e delle indagini svolte al fine della caratterizzazione geologica, idrogeologica e sismica dell'area di progetto, non emergono particolari criticità per la realizzazione dell'impianto eolico in ctr Ciavatta, fatti salvi gli ulteriori approfondimenti geognostici da eseguirsi in sede di stesura del progetto definitivo.

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico ricevuto.

Bari, Marzo 2021

Dott. geol. Luigi Buttiglione



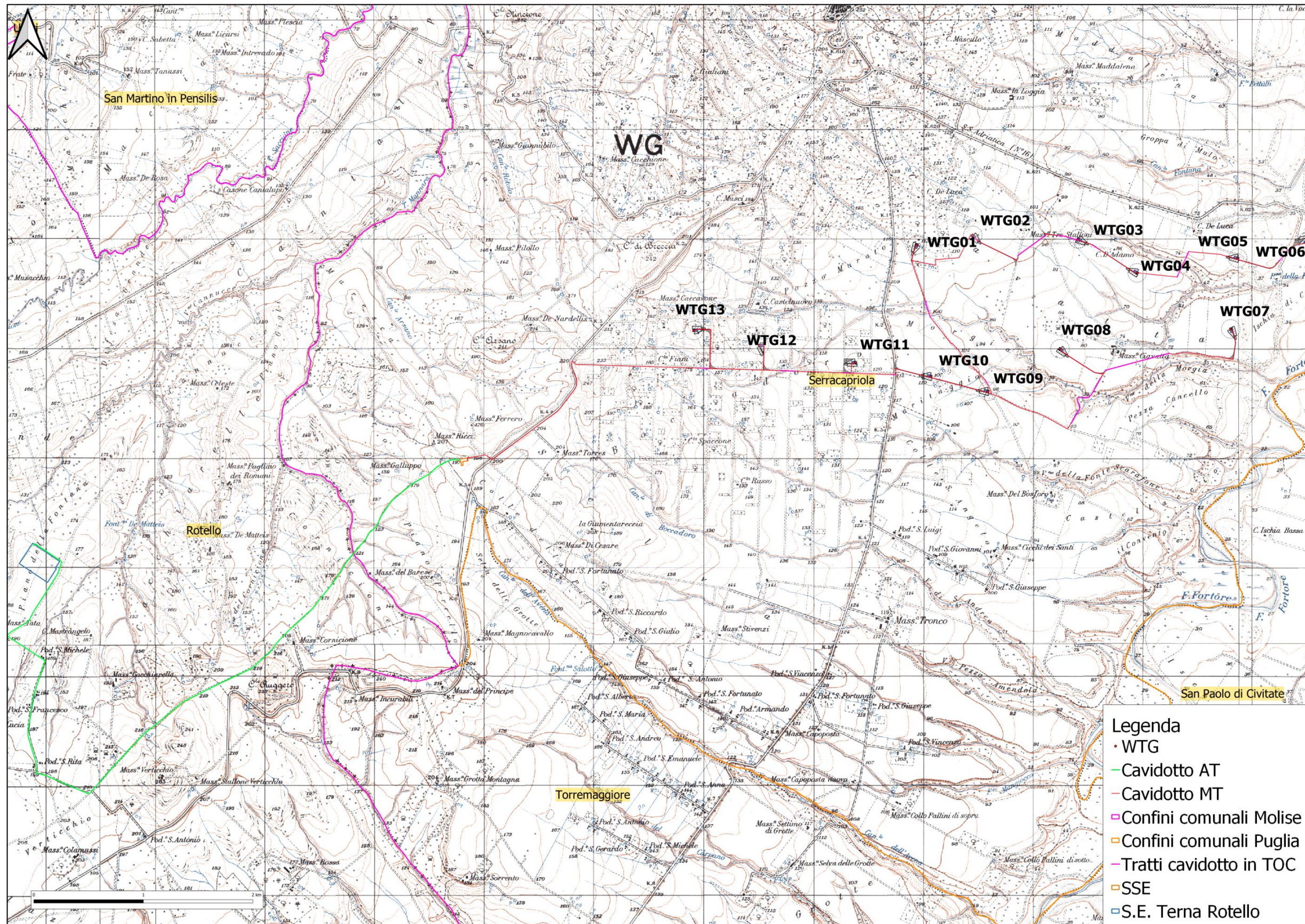
ALLEGATI

Ubicazione Impianto in scala 1:25.000

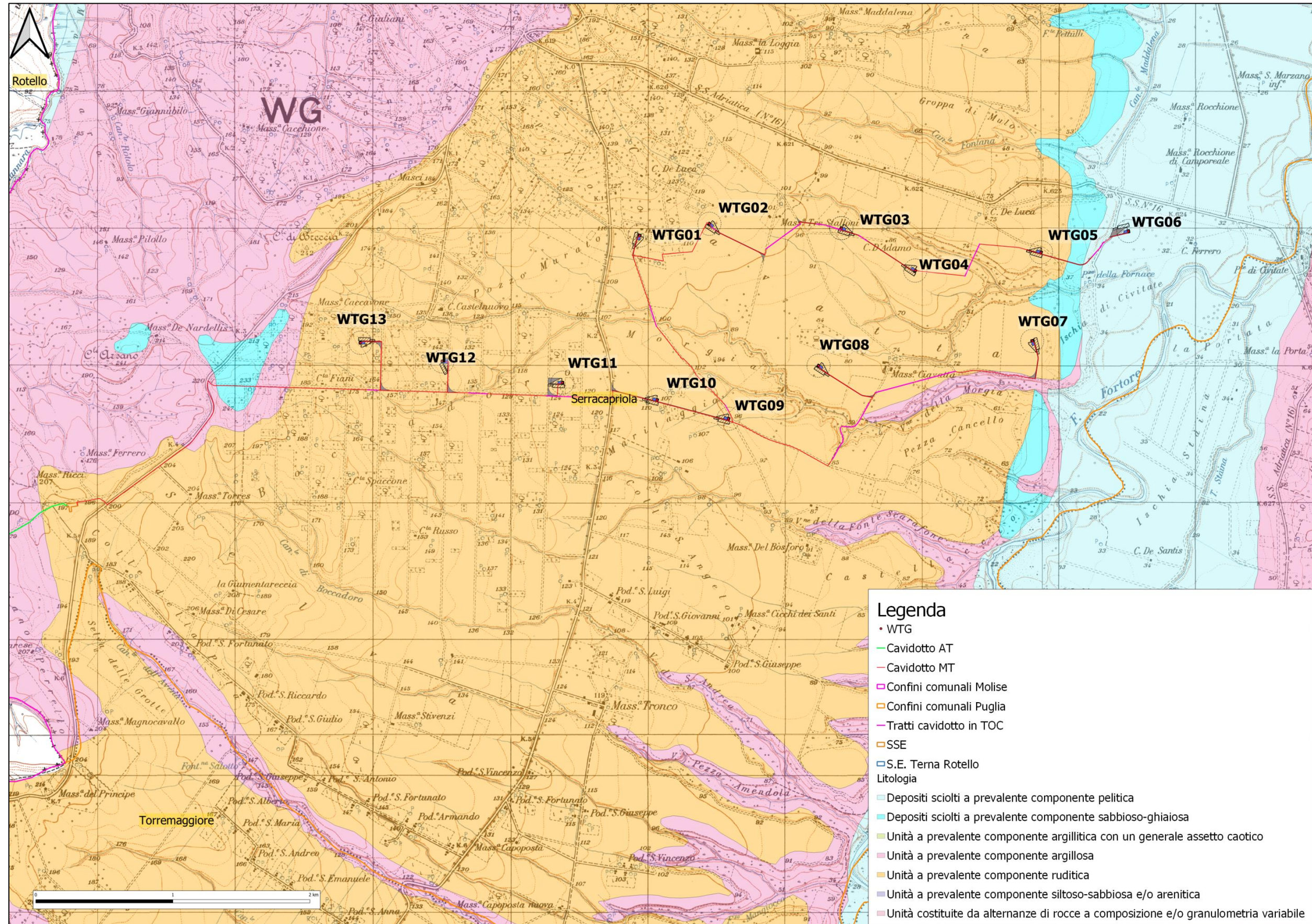
Carta Litologica scala 1:25.000

Report indagini geosismiche

ALL.1 - UBICAZIONE IMPIANTO



ALL. 2 CARTA LITOLOGICA





PROVINCIA DI FOGGIA COMUNE DI SERRACAPRIOLA

COMMITTENTE:

Spett.le
Sondag SRL

PROGETTO:

Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)



Relazione Tecnica



**Acquisizione, Processing,
Interpretazione eseguite
da:**

Dott. Pierpaolo Moretti
Phd in Geofisica Applicata

Dott. Davide de Palma
Dottore in Scienze Geofisiche

1. INTRODUZIONE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati della campagna di indagine geofisica eseguita in data 25/11/2020 mediante l'esecuzione di n°4 profili sismici per acquisizione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)
La campagna di indagine è stata eseguita al fine di supportare la progettazione dell'intervento.

Lo studio, come da piano di indagine, ha seguito il seguente sviluppo:

- n°4 prospezioni di Multichannel analysis of Surface Waves (MASW 01/02/03/04)
- Elaborazione dei dati raccolti.

Risultati attesi dalla prospezione sismica (MASW)

Lo scopo dell'indagine, è la stima del parametro **Vseq** caratteristico dell'area, ovvero la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio negli strati con $V_s < 800$ m/s (*strati sovrastanti il bedrock sismico*), così come previsto da:

- **Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». Decreto 17 gennaio 2018.** (Capitolo 3.2.2 *Categorie di sottosuolo.*).
- **CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP.** Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

Le indagini sono state condotte seguendo linee guida nazionali ed internazionali:

- **Linee guida per indagini geofisiche A.S.G** (Associazione Società di Geofisica)
- **ASTM D 5777 - 95** (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation).

2. UBICAZIONE INDAGINI

Le indagini MASW sono state eseguite a Sud del territorio in agro del comune di Serracapriola (Fg), nel lotto indicato nelle figure successive (Fig 1a/1b/1c/1d/1e). Per le coordinate relative all'indagini si è fatto riferimento al sistema geografico UTM (Tab. I), l'ubicazione dettagliata è presente anche nell'Allegato I.

	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
MASW 01 (SH01-SH4)	517378.00	4625765.00	517339.00	4625775.00	39.0
MASW 02 (SH01-SH4)	513808.00	4625669.00	513821.00	4625632.00	39.0
MASW 03 (SH01-SH4)	514535.00	4624422.00	514554.00	4624386.00	39.0
MASW 04 (SH01-SH4)	512480.00	4624868.00	512480.00	4624828.00	39.0

Tab. I – Coordinate degli estremi dei profili MASW. Sistema di riferimento UTM - datum WGS84 - fuso 33T



Fig. 1a – Ubicazione lotto interessato dalle indagini sismiche(©googleearth).

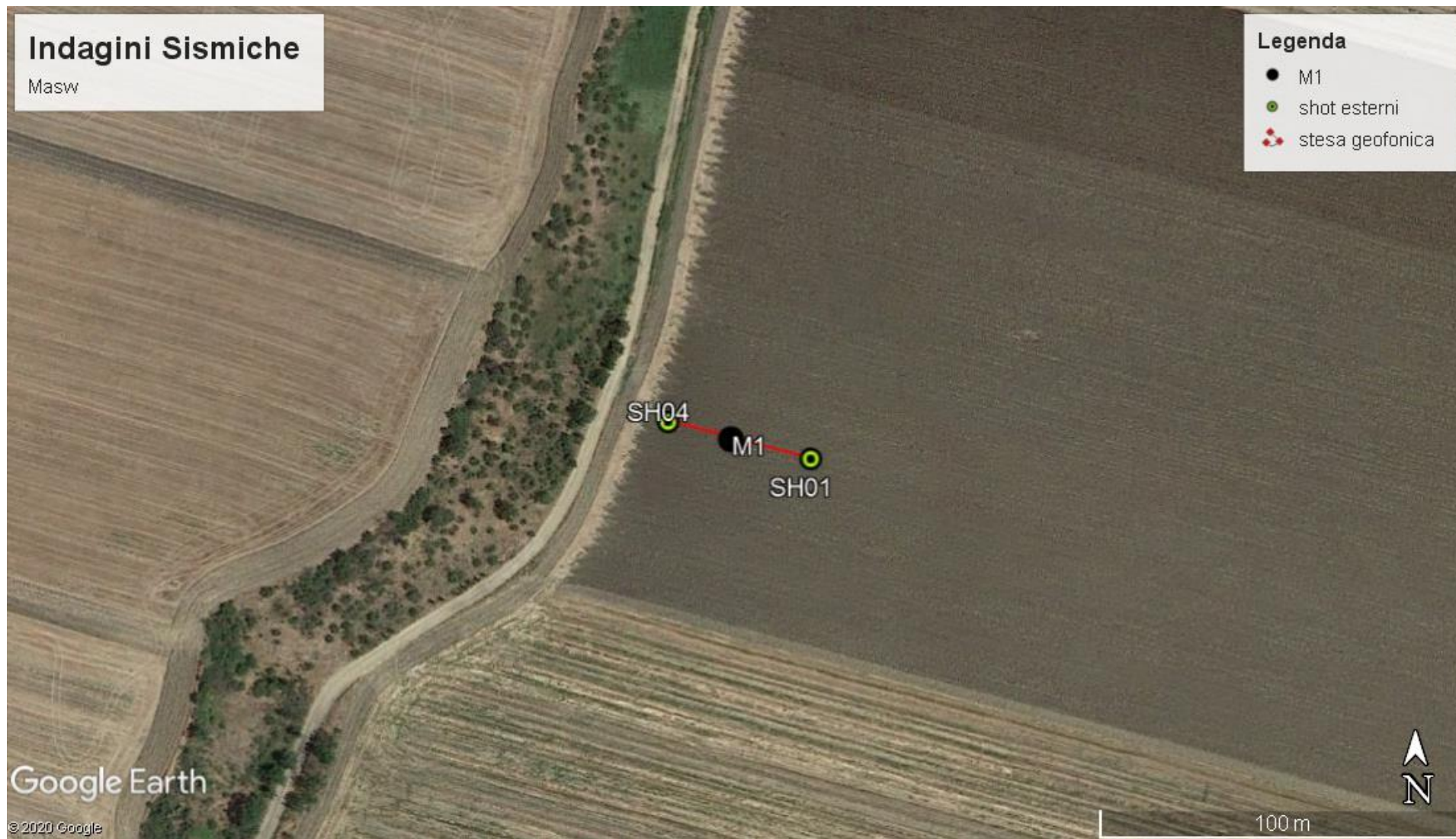


Fig. 1b – Ubicazione lotto M1 interessato dalle indagini sismiche(@googleearth).

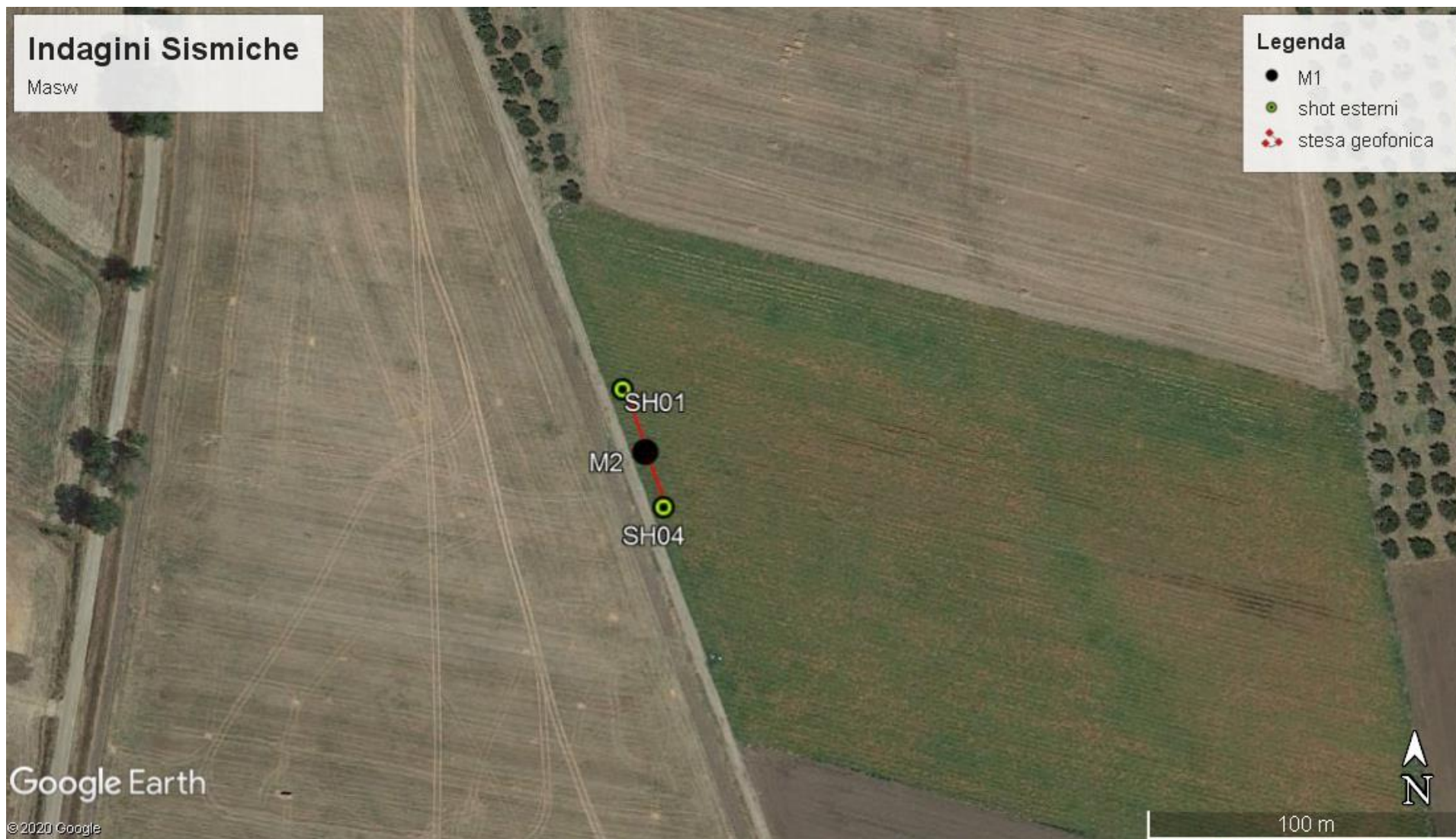


Fig. 1c – Ubicazione lotto M2 interessato dalle indagini sismiche(@googleearth).

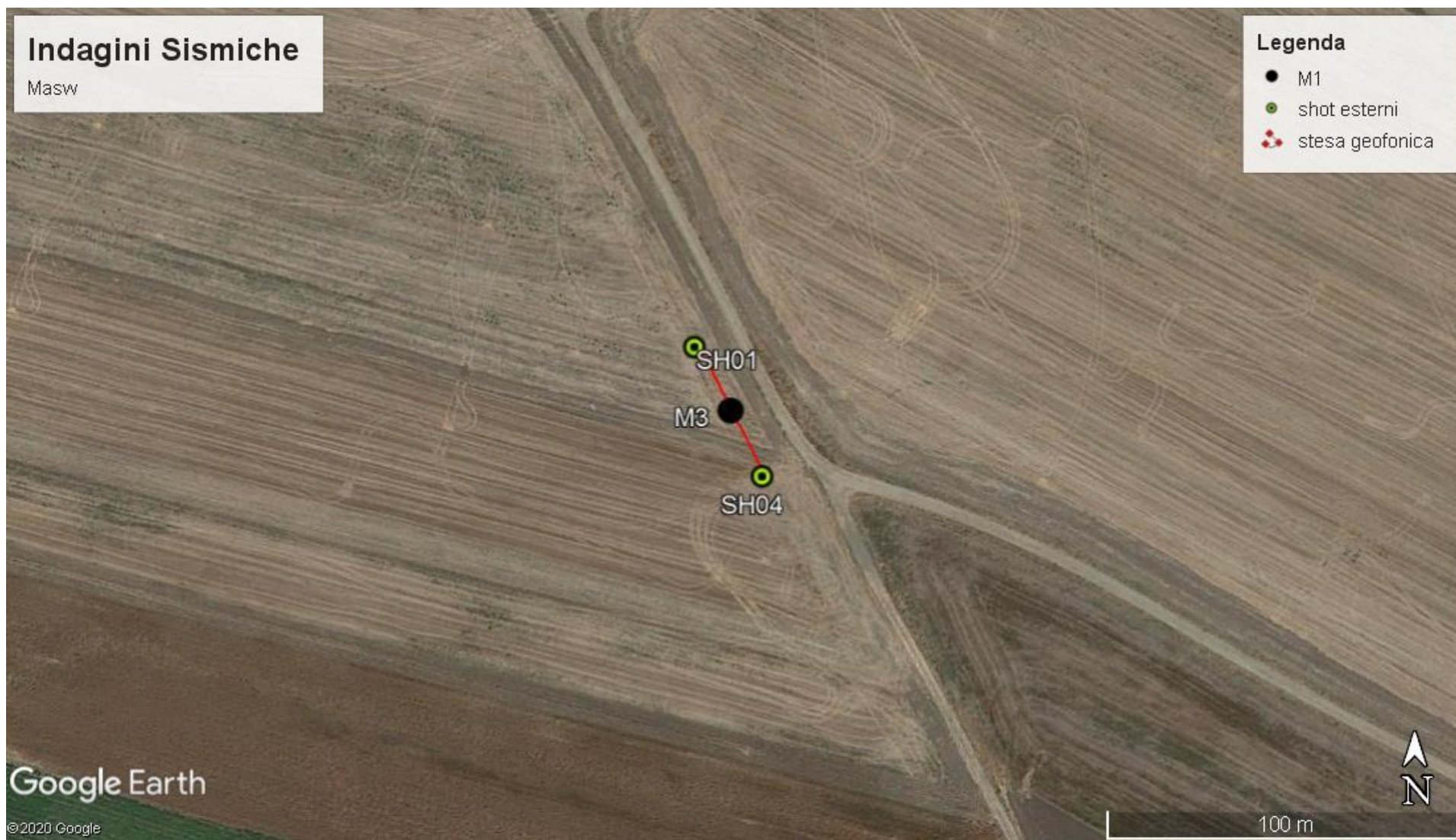


Fig. 1d – Ubicazione lotto M3 interessato dalle indagini sismiche(@googleearth).



Fig. 1e – Ubicazione lotto M4 interessato dalle indagini sismiche(©googleearth).

3. DESCRIZIONE DEI METODI, MASW

Il metodo MASW, Multichannel Analysis of Surface Waves, (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. A partire dall'intero campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza ($cf - f$), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Un miglioramento nell'individuazione di un modello più accurato può essere ottenuto, come è stato fatto nel presente lavoro, utilizzando, nel processo di inversione, curve relative a più modi di vibrazione.

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'attrezzatura utilizzata sia per le indagini di sismica a rifrazione che MASW consta di:

- sistema energizzante per le onde P e Rayleigh: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su una piastra di alluminio (fig.2) adagiata opportunamente al suolo, per la generazione prevalente di onde P ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

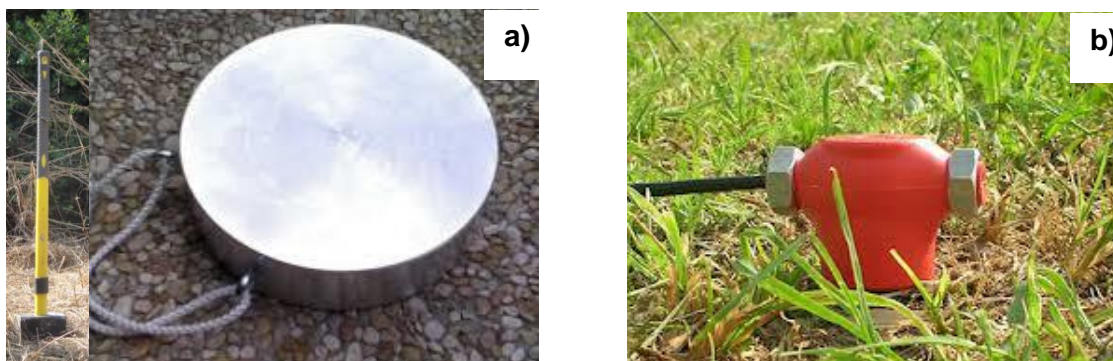


Fig. 2 - Foto del sistema energizzante utilizzato per la generazione onde P e del sistema di ricezione: a), mazza (8 Kg) e piastra di battuta, b) geofoni verticali.

- sistema di ricezione: per l'indagine sono stati utilizzati 12 geofoni verticali in modalità rolla long (onde P) del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz (fig.2).
- trigger: le metodologie utilizzate, in quanto attive, prevedono che l'inizio della registrazione sia individuato mediante un *trigger* il quale consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra. L'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.
- sistema di acquisizione dati: nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema multicanale a conversione digitale il modello ECHO 24/2010 prodotto da AMBROGEO - Strumenti per Geofisica. Tale modello possiede risoluzione di acquisizione pari a 24 bit (Tecnologia Delta Sigma) ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit (Tab.II). Esso è collegato a ciascuno dei geofoni in ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

A/D Conversion	24 bit
Amplifiers	
Input impedance	1 KOhm
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB
Saturation tension	+/- 2,3 V
Saturation level	100 dB
Distorsion	0,01%
Sampler	25 msec (191 points)
	50 msec (383 points)
	100 msec (756 points)
	200 msec (1530 points)
	400 msec (3060 points)
	800 msec (6121 points)
Sampling	130 micro/sec
Record lenght	25-50 -10 -20 -400-800 millisec
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step1 Hz
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz
Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Dynamic range	93 dB
Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Power	12 V
A/D Conversion	24 bit
Amplifiers	
Input impedance	1 KOhm

Tab. II: specifiche tecniche SISMOGRAFO AMBROGEO ECHO 24 (esplorazione sismica)

5. GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE MASW

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 3.0 m per complessivi 39.0 m di rilievo
- n° 2 punti di energizzazione distanti -3.0 m dal I geofono (S1), +3.0 m (S6) dall'ultimo geofono
- n° 4/8 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.
- tempo di acquisizione: 1.0 s
- intervallo di campionamento 0.256 μ s.

6. ELABORAZIONE MASW

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

1. Calcolo dello spettro di velocità;
2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori;
3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa *picking* della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato *modo*;
4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Nel metodo MASW le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. In questo caso il segnale può essere rappresentato come una funzione $u(x,t)$ dove x è lo spazio e t il tempo. Applicando ai segnali la trasformata di Fourier lungo l'asse dei tempi otteniamo la funzione $U(x,f)$:

$$U(x, f) = \int u(x, t) e^{ift} dt \quad (1)$$

La funzione $U(x,f)$ può essere espressa come la moltiplicazione di due termini separati:

$$U(x, f) = P(x, f) A(x, f) \quad (2)$$

dove $P(x,f)$ e $A(x,f)$ rappresentano rispettivamente lo spettro di fase e di ampiezza. Nella funzione $U(x,f)$ ogni componente in frequenza è completamente separata dalle altre e l'informazione del tempo di arrivo è preservata nello spettro di fase $P(x,f)$. Nella funzione $P(x,f)$ sono contenute inoltre tutte le informazioni relative alla dispersione delle onde superficiali di Rayleigh mentre la funzione $A(x,f)$ contiene tutte le informazioni inerenti l'attenuazione e la divergenza sferica. Tenendo conto della rappresentazione esponenziale dello spettro di fase la (2) può essere espressa come:

$$U(x, f) = e^{-i\theta x} A(x, f) \quad (3)$$

Dove $F=f/cf$ con f = frequenza angolare e cf = velocità di fase per ogni frequenza.

Operando un integrale di linea in dx e normalizzando per il modulo della funzione $|U(x,f)|$, otteniamo la funzione $V(f,\varphi)$:

$$V(f,\varphi) = \int e^{i\phi x} [U(x,f) / |U(x,f)|] dx = \int e^{-i(\Phi-\phi)x} [A(x,f) / |A(x,f)|] dx \quad (4)$$

La funzione $V(f,\varphi)$, ottenuta dalla trasformazione integrale, può essere pensata come la somma, lungo tutto lo stendimento, del campo d'onda relativo ad ogni frequenza, applicando uno shift di fase dipendente dall'offset, al campo d'onda, per un'assunta velocità di fase $cf = f/\varphi$.

La normalizzazione al modulo della funzione $|U(x,f)|$, minimizza i fenomeni di attenuazione e di divergenza sferica. Risulta ovvio che la funzione $V(f,\varphi)$ avrà un massimo in corrispondenza di un valore:

$$\varphi = F = f / cf \quad (5)$$

Per un dato valore di φ dove si verifica un massimo della funzione $V(f,\varphi)$, la velocità di fase cf può essere determinata.

Tenendo conto che $cf = f/\varphi$ la funzione $V(f,\varphi)$ può essere trasformata nella funzione $I(f,cf)$ che viene definita spettro di velocità di fase. In essa lungo l'asse cf appariranno dei picchi che soddisferanno, per ogni frequenza, l'equazione (5). Il luogo dei punti lungo questi massimi, per differenti valori di frequenza f , permettono di identificare le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh. Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale risulta predominante a tutte le frequenze. Tuttavia esistono diverse stratigrafie, con strati rigidi compresi tra strati soffici o strati soffici compresi tra strati rigidi o con variazioni brusche di rigidità con la profondità, in cui i modi superiori al primo diventano predominanti in certi intervalli di frequenza (Roma, 2006). Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Nel nostro caso il processing dei dataset è stato condotto mediante il modulo MASW del Software ZondST2D.

7.0 RISULTATI MASW

7.1 MASW 01

L'indagine MASW è stata effettuata per estrapolare la sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati e per la valutazione del parametro V_{Seq} .

L'analisi in frequenza (fig.3) è stata condotta sino a 15Hz. Tale *range* risulta sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

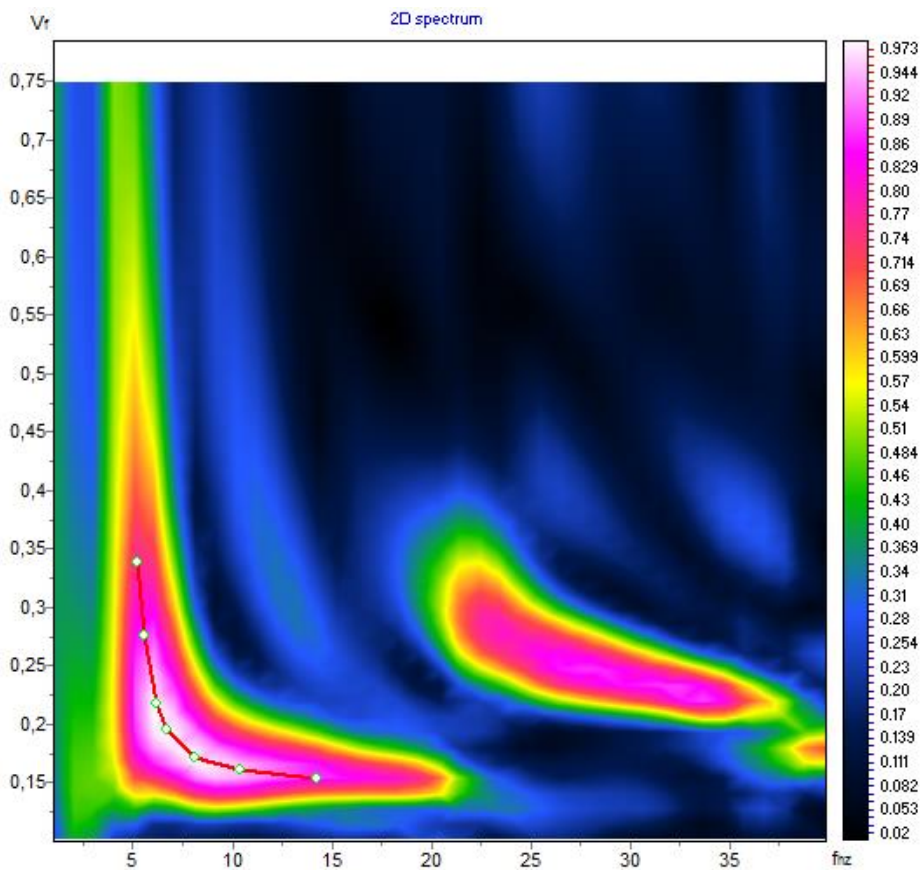


Fig. 3 – Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposti sono i picking del modo fondamentale (rosso) e del primo modo (blu)

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale e dal primo modo, presentando chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità. L'indagine è stata effettuata considerando tutti i modi di vibrazione summenzionati. In tale maniera è stato possibile utilizzare un ulteriore *constrain* per la ricerca del modello più adeguato alla realtà geologica oggetto di studio.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo del tutto assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur considerando che l'indagine MASW fornisce un profilo monodimensionale V_s – profondità che media i valori in termini di spessori e velocità.

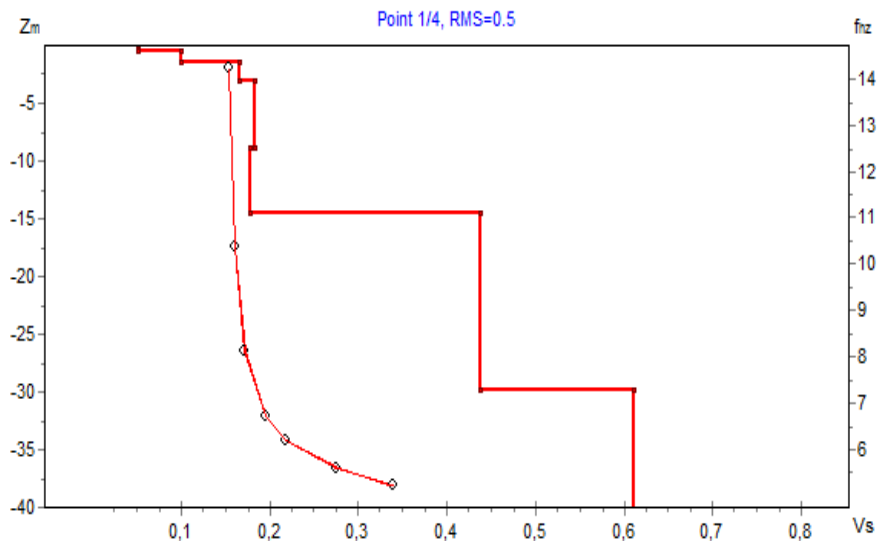


Fig. 4- Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, le curve di dispersione misurate e calcolate per ciascun modo di vibrazione; fondamentale (rosso).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

CALCOLO VS equivalente

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	52	0	0,5
2	100	0,5	1
3	170	1,5	1,6
4	180	3,1	5,7
5	180	8,8	5,8
6	440	14,6	15,2
7	610	29,8	0,2
0		30	-

Tab. III - Vs/profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in

ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 17 gennaio 2018, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. "Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche", facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che "... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento". Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel "volume significativo", ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro gli strati con velocità inferiore agli 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

<i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. NTC 2018 Cap 3.2.2.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi 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</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m</i>

Tab. IV - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (6)$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

N numero di strati

H profondità del substrato, roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde "S", misurata da piano campagna, è possibile evidenziare che il valore $V_{s_{eq}}$ rientra, nell'approccio semplificato, alla **categoria C**, con **VS equivalente pari a 234 m/s** in quanto rientrante nella definizione di: "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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".

7.2 MASW 02

L'indagine MASW è stata effettuata per estrapolare la sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati e per la valutazione del parametro V_{Seq} .

L'analisi in frequenza (fig.5) è stata condotta sino a 20Hz. Tale *range* risulta sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

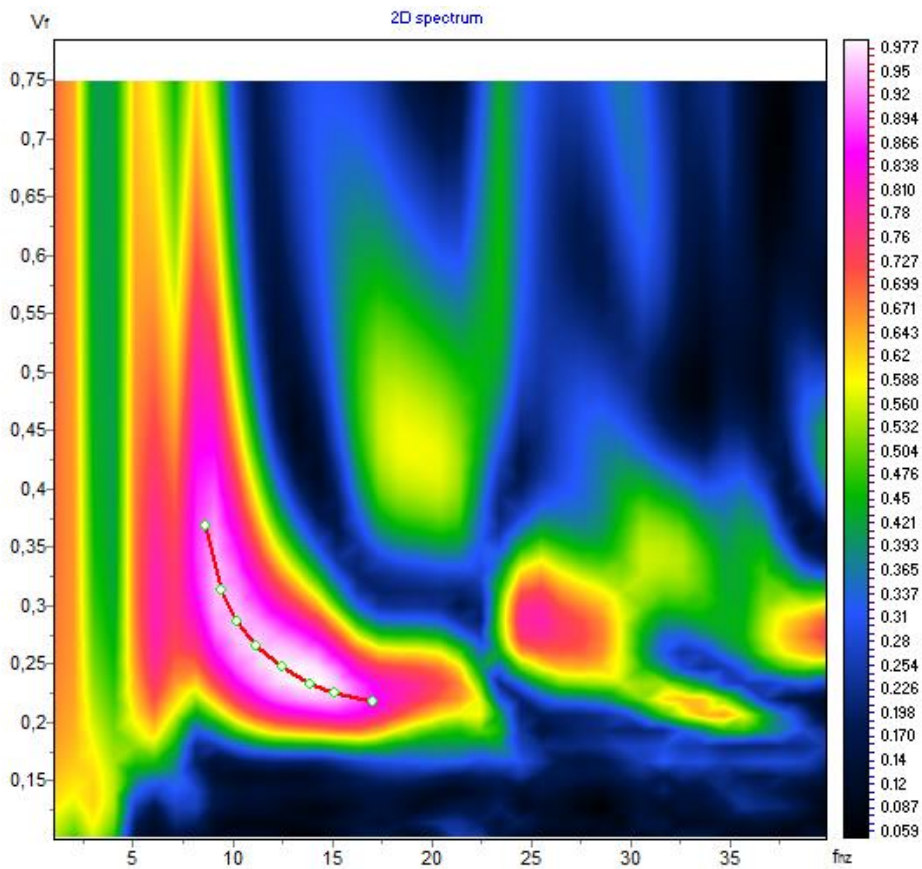


Fig. 5 – Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposti sono i picking del modo fondamentale (rosso) e del primo modo (blu)

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale e dal primo modo, presentando chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità. L'indagine è stata effettuata considerando tutti i modi di vibrazione summenzionati. In tale maniera è stato possibile utilizzare un ulteriore *constrain* per la ricerca del modello più adeguato alla realtà geologica oggetto di studio.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo del tutto assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur considerando che l'indagine MASW fornisce un profilo monodimensionale V_s – profondità che media i valori in termini di spessori e velocità.

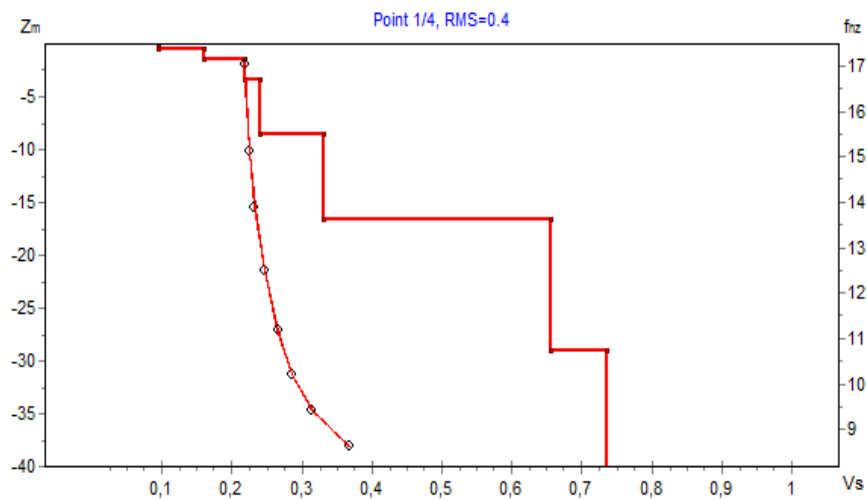


Fig. 6- Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, le curve di dispersione misurate e calcolate per ciascun modo di vibrazione; fondamentale (rosso).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

CALCOLO VS equivalente

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	96	0	0,5
2	160	0,5	1
3	220	1,5	1,8
4	240	3,3	5,3
5	330	8,6	8
6	660	16,6	12,4
7	740	29	1
		30	-

Tab. V - Vs/profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in

ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 17 gennaio 2018, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. "Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche", facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che "... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento". Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel "volume significativo", ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro gli strati con velocità inferiore agli 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

<i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. NTC 2018 Cap 3.2.2.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30m

Tab. VI - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (6)$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

N numero di strati

H profondità del substrato, roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, misurata da piano campagna, è possibile evidenziare che il valore $V_{s_{eq}}$ rientra, nell’approccio semplificato, alla **categoria C**, con **VS equivalente pari a 341 m/s** in quanto rientrante nella definizione di: “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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*”.

7.3 MASW 03

L'indagine MASW è stata effettuata per estrapolare la sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati e per la valutazione del parametro V_{Seq} .

L'analisi in frequenza (fig.7) è stata condotta sino a 20Hz. Tale *range* risulta sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

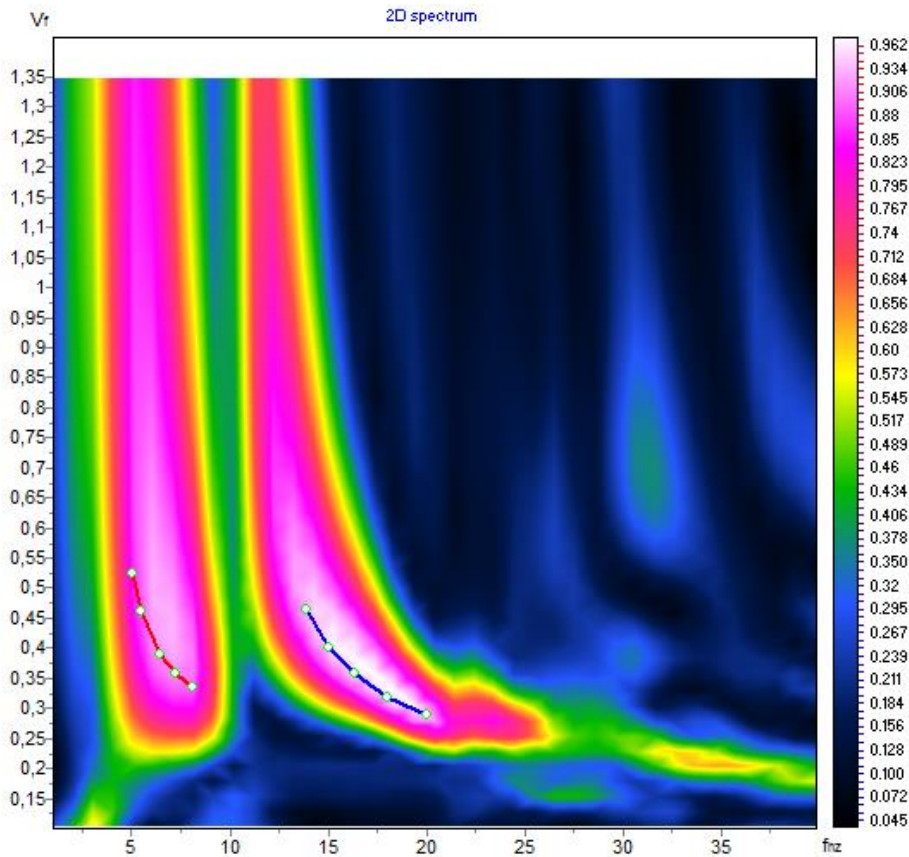


Fig. 7 – Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposti sono i picking del modo fondamentale (rosso) e del primo modo (blu)

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale e dal primo modo, presentando chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità. L'indagine è stata effettuata considerando tutti i modi di vibrazione summenzionati. In tale maniera è stato possibile utilizzare un ulteriore *constrain* per la ricerca del modello più adeguato alla realtà geologica oggetto di studio.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo del tutto assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur considerando che l'indagine MASW fornisce un profilo monodimensionale V_s – profondità che media i valori in termini di spessori e velocità.

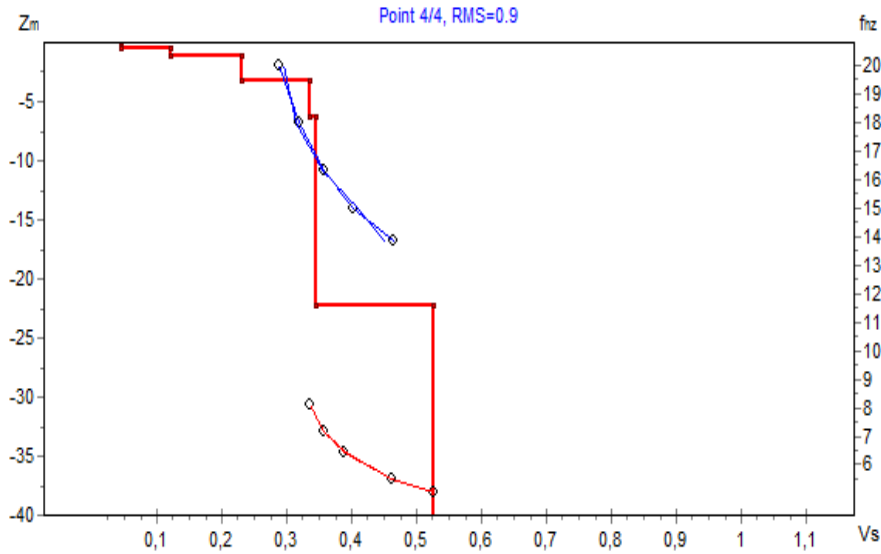


Fig. 8- Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, le curve di dispersione misurate e calcolate per ciascun modo di vibrazione; fondamentale (rosso).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

CALCOLO VS equivalente

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	44	0	0,6
2	120	0,6	0,7
3	230	1,3	2,1
4	340	3,4	2,9
5	340	6,3	16
6	530	22,3	7,7
		30	

Tab. VII - Vs/profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 17 gennaio 2018, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. “Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche”, facente parte del più ampio capitolo riguardante l’Azione Sismica, si riporta che “... per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento”. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo”, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro gli strati con velocità inferiore agli 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

<i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. NTC 2018 Cap 3.2.2.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi 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</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m</i>

Tab. VIII - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall’espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (6)$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell’i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell’i-esimo strato.

N numero di strati

H profondità del substrato, roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, misurata da piano campagna, è possibile evidenziare che il valore V_{seq} rientra, nell’approccio semplificato, alla **categoria C**, con **VS equivalente pari a 303 m/s** in quanto rientrante nella definizione di: “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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*”.

7.4 MASW 04

L'indagine MASW è stata effettuata per estrapolare la sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati e per la valutazione del parametro V_{Seq} .

L'analisi in frequenza (fig.9) è stata condotta sino a 20Hz. Tale *range* risulta sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

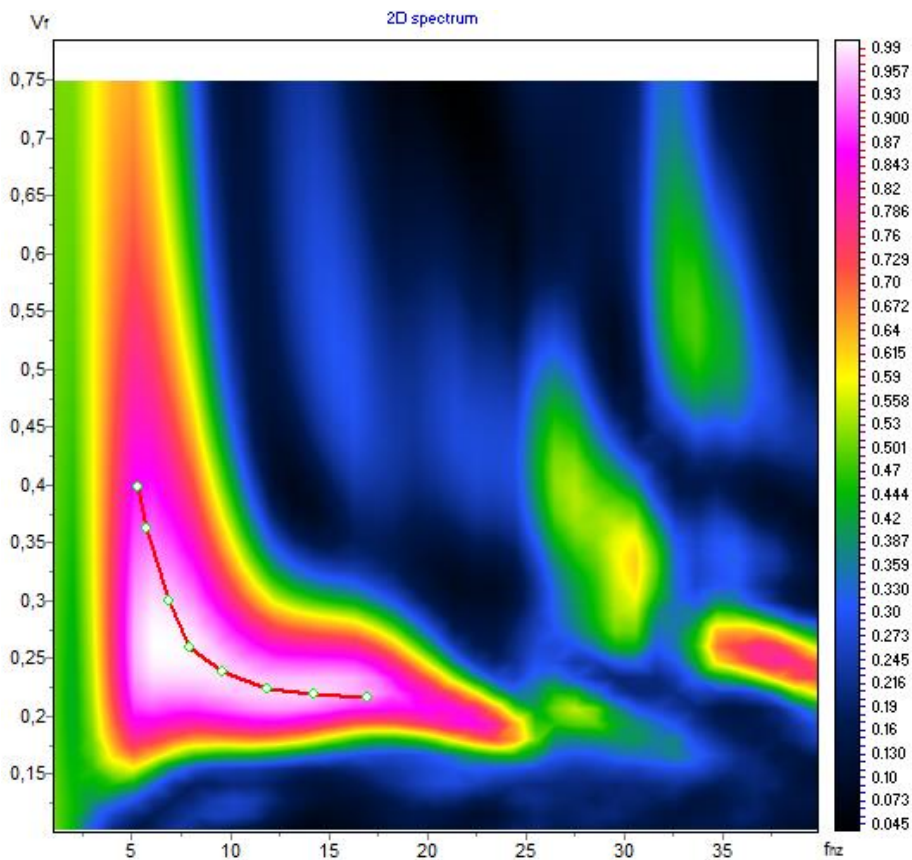


Fig. 9 – Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposti sono i picking del modo fondamentale (rosso) e del primo modo (blu)

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale e dal primo modo, presentando chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità. L'indagine è stata effettuata considerando tutti i modi di vibrazione summenzionati. In tale maniera è stato possibile utilizzare un ulteriore *constrain* per la ricerca del modello più adeguato alla realtà geologica oggetto di studio.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo del tutto assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur considerando che l'indagine MASW fornisce un profilo monodimensionale V_s – profondità che media i valori in termini di spessori e velocità.

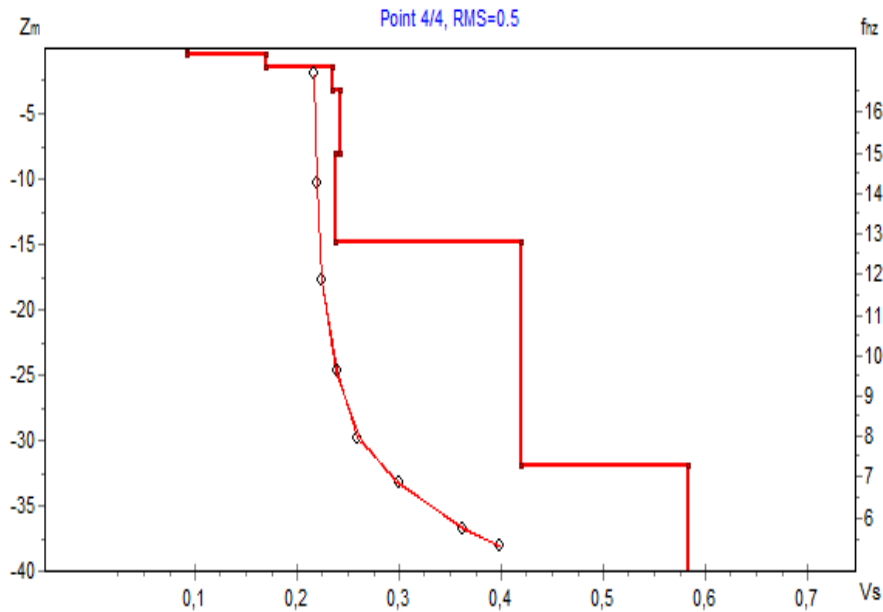


Fig. 10- Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, le curve di dispersione misurate e calcolate per ciascun modo di vibrazione; fondamentale (rosso).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

CALCOLO VS equivalente

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	93	0	0,5
2	170	0,5	1
3	240	1,5	1,8
4	240	3,3	4,8
5	240	8,1	6,8
6	420	14,9	15,1
		30	

Tab. IX - Vs/profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 17 gennaio 2018, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. "Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche", facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che "... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento". Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel "volume significativo", ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro gli strati con velocità inferiore agli 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

<i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. NTC 2018 Cap 3.2.2.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30m

Tab. X - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (6)$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

N numero di strati

H profondità del substrato, roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, misurata da piano campagna, è possibile evidenziare che il valore $V_{s_{eq}}$ rientra, nell’approccio semplificato, alla **categoria C**, con **VS equivalente pari a 291 m/s** in quanto rientrante nella definizione di: “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30, 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*”.

8. CONCLUSIONI

Considerando una visione totale delle indagini, esse sono classificabili come classe C da piano campagna, tuttavia un approfondimento fondale a -1.5m da p.c. produce un miglioramento della categoria sismica in Classe B per le Masw 02 e 03, d’altro canto invece le Masw 01 e 04, nonostante un approfondimento fondale fino a -3.0m restano sempre in classe C. Tali valori andranno ricalcolati alla effettiva profondità fondale di installazione dell’infrastruttura di progetto.

Calcolo VS eq a differenti profondità						
		MASW 01	MASW 02	MASW 03	MASW 04	
Piano Campagna	Bedrock Sismico	>30	>30	>30	>30	[m]
	VS equivalente	279	288	268	469	[m/s]
	Classe sismica	C	C	C	C	
-1,5	Bedrock Sismico	>30	>30	>30	>30	
	VS equivalente	271	391	369	314	[m]
	Classe sismica	C	B	B	C	[m/s]
-3	Bedrock Sismico	>30	>30	>30	>30	
	VS equivalente	287	417	387	323	[m]
	Classe sismica	C	B	B	C	[m/s]

Tab. XI – Classe sismica calcolata a differenti profondità di fondazione

9. BIBLIOGRAFIA

Aki, K. and Richards, P.G. (1980) - *Quantitative Seismology, Theory and Methods* Vol. 1-2 W.H. Freeman & Co., New York.

Berardi R., Bellingeri P.(1998) - *Deformability of rock masses by empirical approaches: influence of rock quality and in situ stress*. Rivista Italiana di Geotecnica, XXXII, 1.

Brückl, E. (1987) - *The interpretation of travelttime fields in refraction seismology*. Geophys Prospect., Vol. 35, 973 – 992.

Gebrande, H. and Miller, H. (1985) - *Refraktionsseismik* (in German). In: F. Bender (Editor), *Angewandte Geowissenschaften II*. Ferdinand Enke, Stuttgart; p. 226-260. ISBN 3-432-91021-5.

Jones, G.M. and Jovanovich, D.B. (1985) - *A ray inversion method for refraction analysis*. Geophysics, Vol. 50, p. 1701-1720.

Kaharaman (2007) – *The correlations between the saturated and dry P-wave velocity of rocks*.

Nafe, J.E., and Drake, C., (1965) – *Interpretation theory in applied geophysics*. Grant & West .

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia J., (1999) - *Multichannel Analysis of surface waves* - Geophysiscs, 64, 800-808.

Roma, V., (2006) – *Caratterizzazione sismica dei suoli con Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* http://www.masw.it/downloads/Opuscolo_MASW_22_Gen_2007.pdf. microtremor on the ground surface, QR of RTI, 30, 25-33.

Sen, Z., Sadagah, H. (2003) - *Modified rock mass classification system by continuous rating*. Engineering Geology, 67: 269-280.



G2g snc di Pierpaolo Moretti & Davide de Palma

Via Sant'Orsola 1 - 70056 Molfetta (BA)

P.IVA 07687410725



Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)



CONTROL MODELING MONITORING

Committente:

**Spett.le
Sondag SRL**

Acquisizione, Processing, Interpretazione eseguite da:

Dott. Pierpaolo Moretti
Phd in Geofisica Applicata

Dott. Davide de Palma
Dottore in Scienze Geofisiche

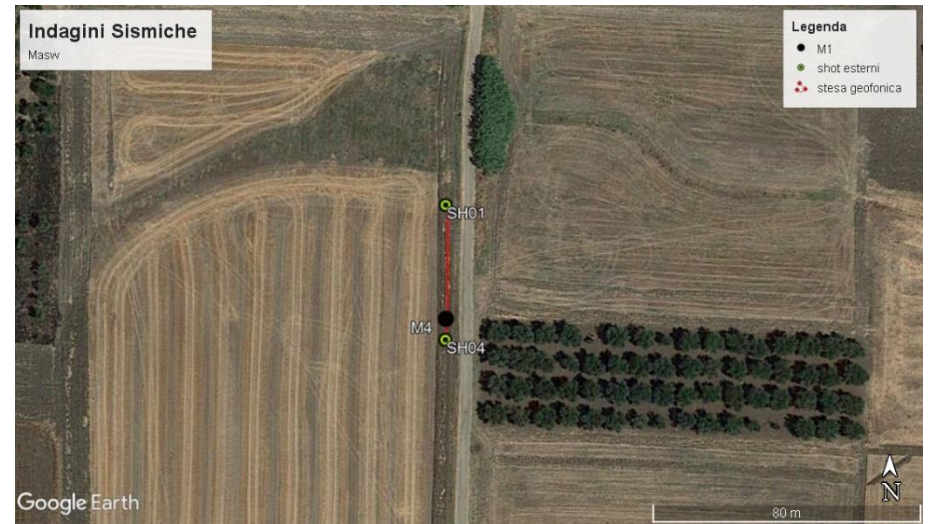
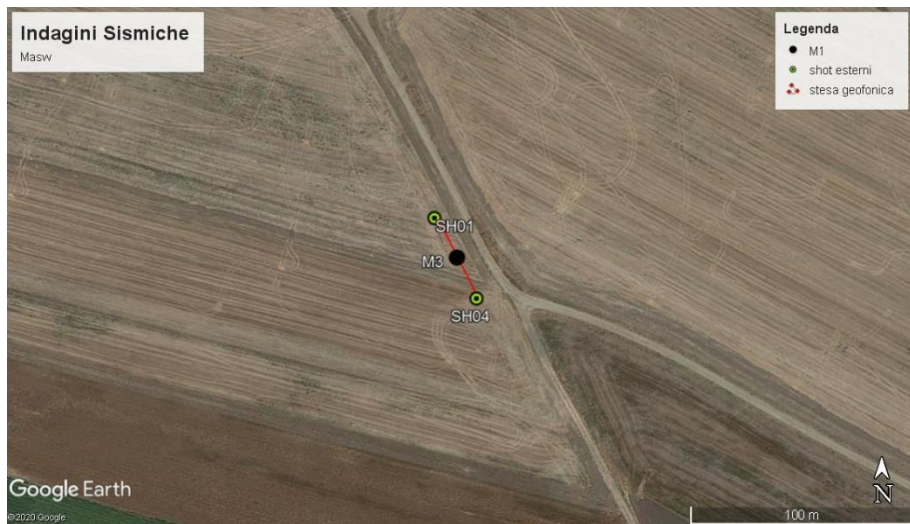
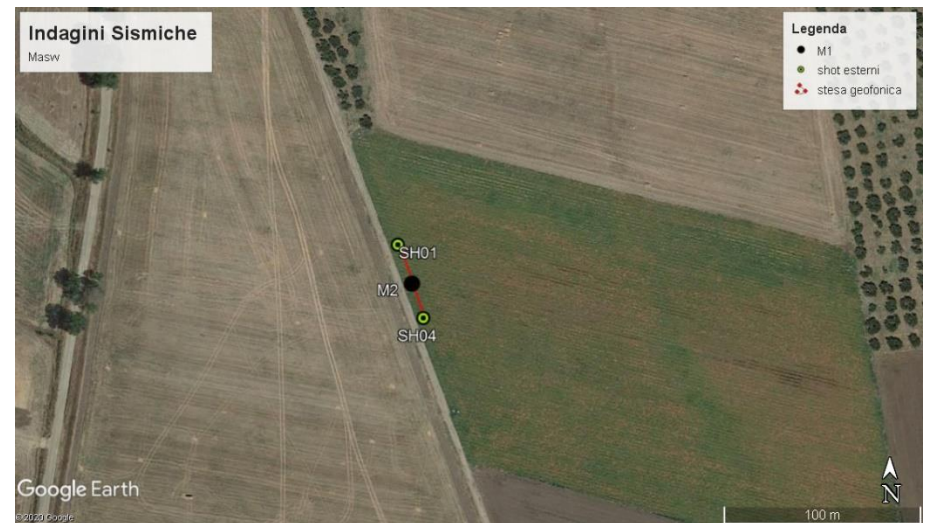
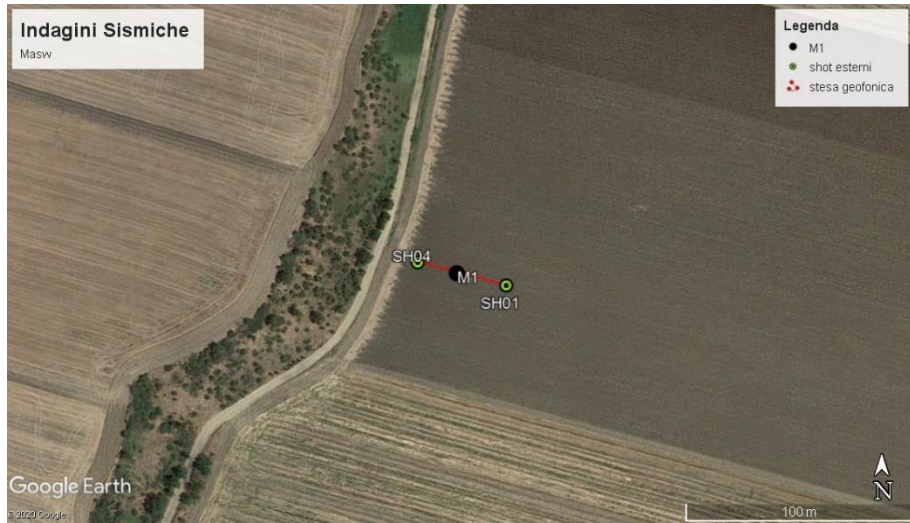
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
MASW 01 (SH01-SH4)	517378.00	4625765.00	517339.00	4625775.00	39.0
MASW 02 (SH01-SH4)	513808.00	4625669.00	513821.00	4625632.00	39.0
MASW 03 (SH01-SH4)	514535.00	4624422.00	514554.00	4624386.00	39.0
MASW 04 (SH01-SH4)	512480.00	4624868.00	512480.00	4624828.00	39.0



Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di Serracapriola (Fg)

Indagine:
MASW
Data esecuzione:
25/11/2020

Tavola 1:
Ubicazione



Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)

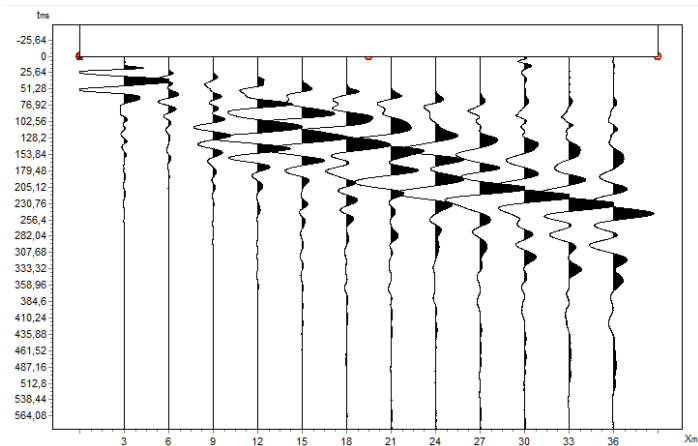
Indagine:
MASW
Data esecuzione:
25/11/2020

Tavola 2:
Ubicazione

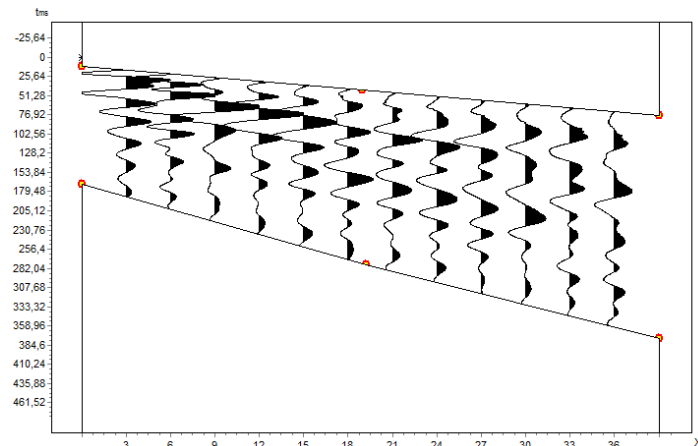
Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)

Indagine:
MASW
Data esecuzione:
25/11/2020

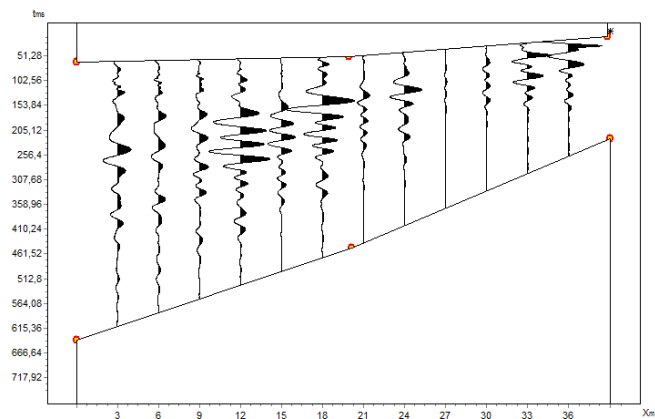
Tavola 3:
sismogrammi :
a) scoppio esterno M1
b) scoppio esterno M2
c) scoppio esterno M3
d) scoppio esterno M4



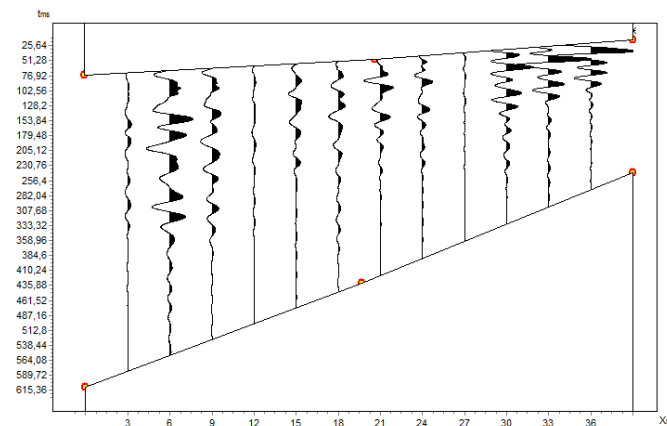
a)



b)



c)

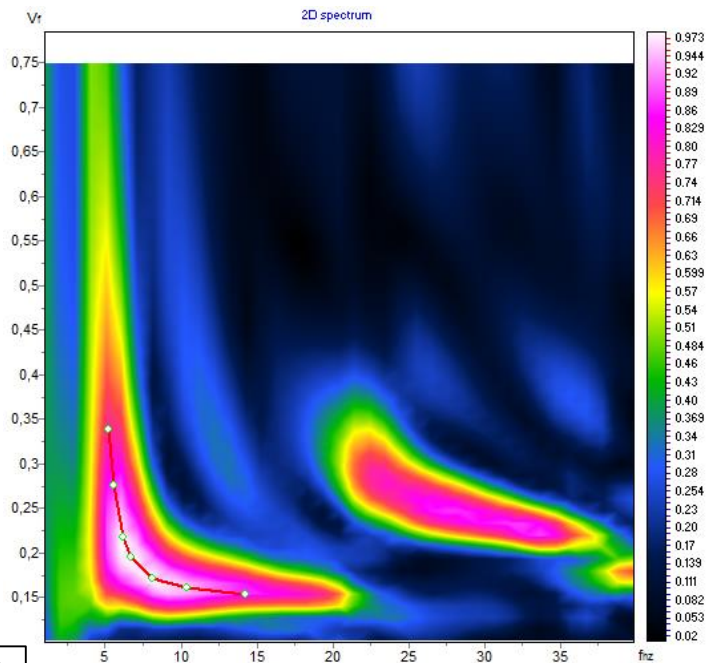


d)

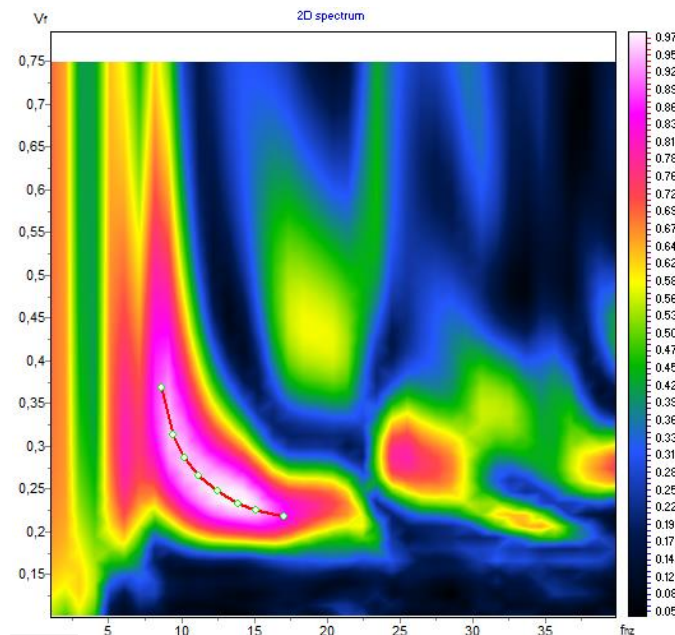
Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)

Indagine:
MASW
Data esecuzione:
25/11/2020

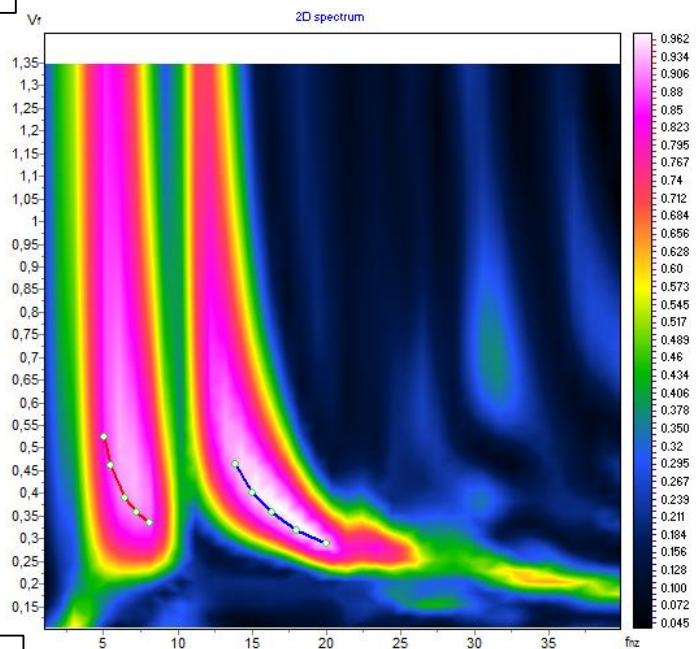
Tavola 4:
Spettro Vf-hz dei sismogrammi :
a) scoppio esterno M1
b) scoppio esterno M2
c) scoppio esterno M3
d) scoppio esterno M4
)



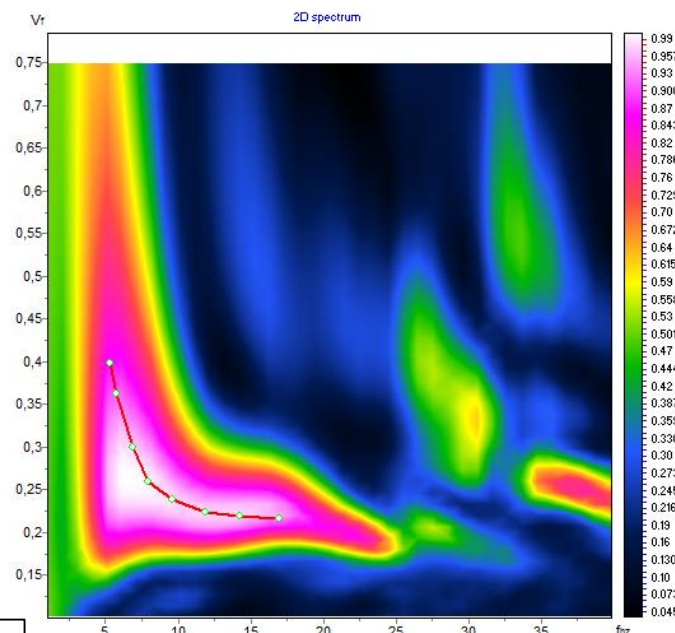
a)



b)



c)

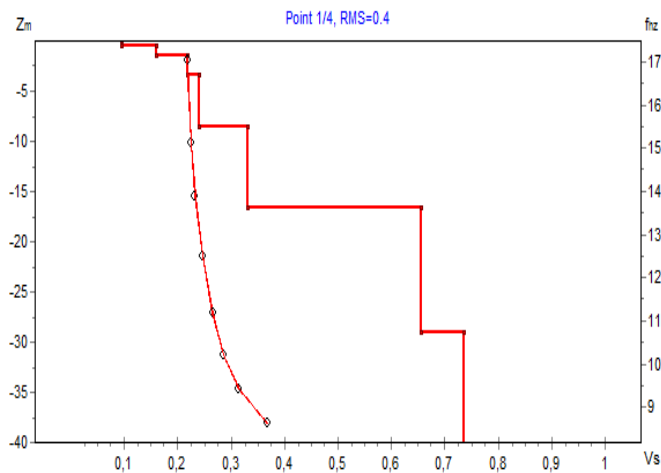
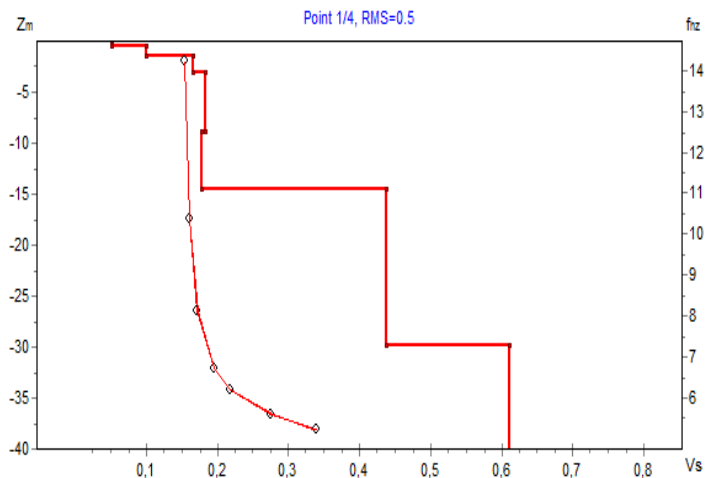


d)

Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)

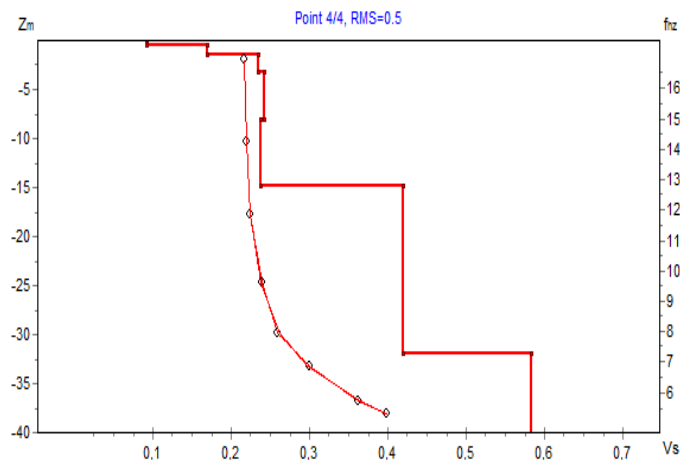
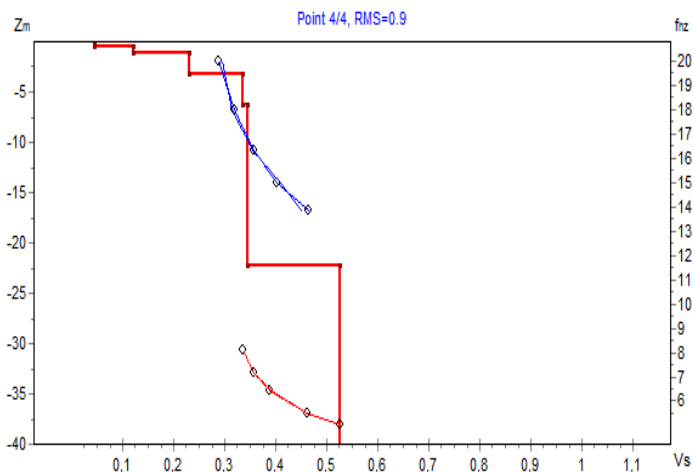
Indagine:
MASW
Data esecuzione:
25/11/2020

Tavola 5:
Spettro Vf-hz dei sismogrammi :
a) Vs-Z M1
b) Vs-Z M2
c) Vs-Z M3
d) Vs-Z M4



a)

b)



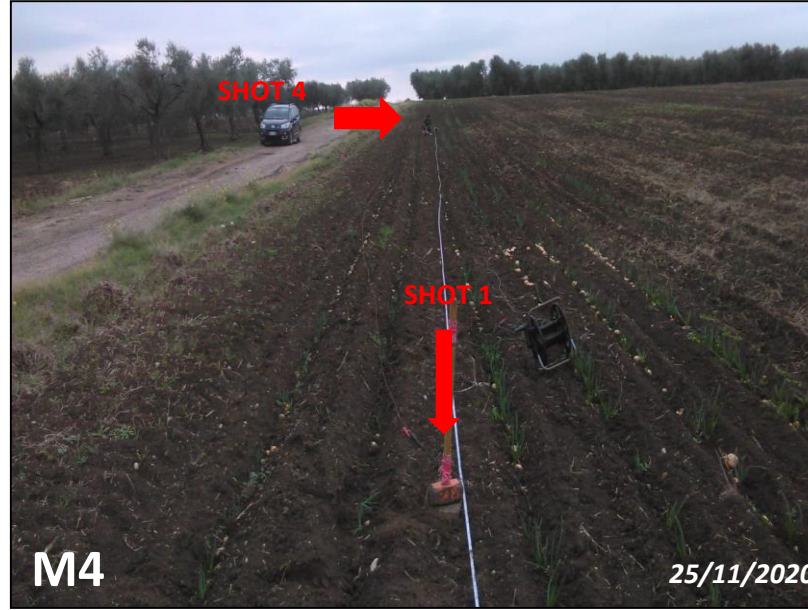
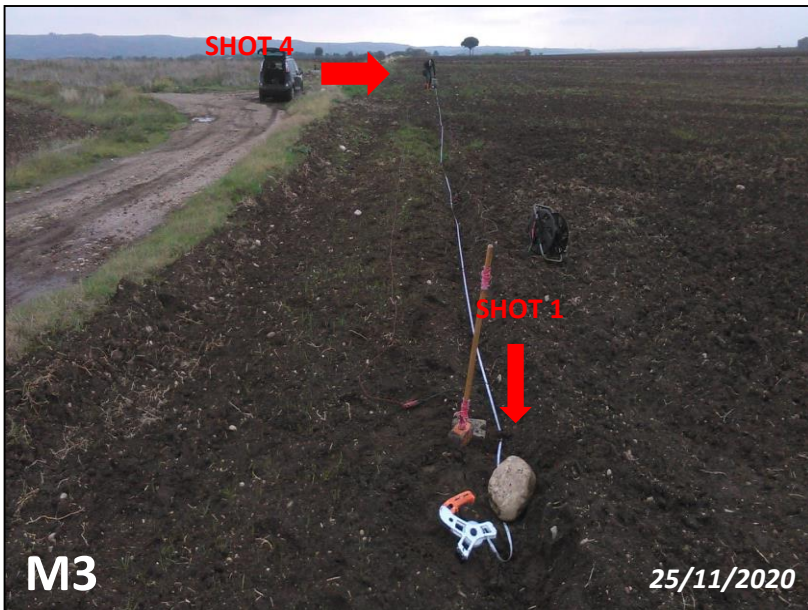
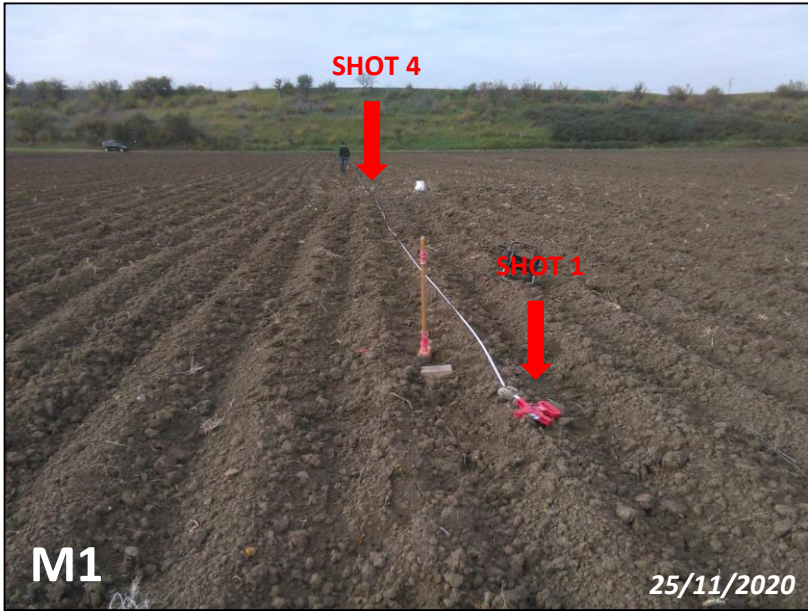
c)

d)

ALLEGATO II

Documentazione fotografica





Indagine geofisica con caratterizzazione in termini di Vs e restituzione del parametro VS equivalente, di supporto alla Relazione Geologica, Area in agro a sud di SerraCapriola (Fg)

Indagine:
MASW
Data esecuzione:
25/11/2020

Tavola 1:
Foto Acquisizione