

RINNOVABILI SUD DUE S.R.L.

PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO DI POTENZA PARI A 98 MW+30 MW DI ACCUMULO, SITO IN AGRO DI CELENZA VALFORTORE E CARLANTINO (FG), E DELLE OPERE CONNESSE ANCHE IN AGRO DI CASALNUOVO MONTEROTARO, CASALVECCHIO DI PUGLIA E TORREMAGGIORE (FG)



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

geol. Lucia Santopietro

Collaborazioni

Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio



ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V17	RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	23045	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC23045D-V17			
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		
		DC23045D-V17.doc	55 + copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	04/08/23	Emissione	Santopietro	Santopietro	Santopietro
01					
02					
03					
04					
05					
06					

Elaborato realizzato con sistema WORD. E' vietata la modifica manuale.

Mod. P-19 Rev. 4 18.12.2020

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME	7
3.1 GEOMORFOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO	7
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	11
5. INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE PROSPEZIONI MASW E SISMICA A RIFRAZIONE	16
6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI.....	38
7. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA	38
7.1 SISMICITA' STORICA.....	39
7.2 STRUTTURE TETTONICHE ATTIVE	44
7.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	47
7.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	50
8. CONCLUSIONI	56

1. PREMESSA

La presente Relazione geologica geotecnica ha lo scopo di inquadrare l'origine e la natura dei terreni dell'area di progetto, attraverso un'analisi geologica, sismica e geotecnica, finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica della potenza complessiva di 98 MW integrato da un sistema di accumulo da 30 MW, costituito da 17 aerogeneratori, del tipo Nordex con rotore pari a 163 m e altezza al tip pari a 219,5 m, da realizzarsi nei comuni di Carlantino e Celenza Valfortore (FG), in cui insistono gli aerogeneratori e parte delle opere di connessione, e nei comuni di Casalnuovo Monterotaro, Casalvecchio di Puglia e Torremaggiore (FG) in cui ricadono la restante parte delle opere di connessione per il collegamento in antenna a 36 kV su una futura stazione di trasformazione RTN 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "San Severo – Rotello", proposto dalla società **Rinnovabili Sud Due S.r.l.**

Il cavidotto esterno di collegamento tra l'impianto eolico e la stazione elettrica si estenderà, per circa 27 km, nei territori di Carlantino, Casalnuovo Monterotaro, Casalvecchio di Puglia e Torremaggiore (FG).

Per il collegamento degli aerogeneratori alla futura stazione Terna è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Cavidotto AT, esercito a 36 kV, per il collegamento elettrico degli aerogeneratori con la suddetta stazione. Detti cavidotti saranno installati all'interno di opportuni scavi principalmente lungo la viabilità ordinaria esistente e sulle strade di nuova realizzazione a servizio del parco eolico.
- Rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;
- Cabina utente, che raccoglie le linee AT di interconnessione del parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna mediante un raccordo in cavo interrato (36 kV).

Gli scavi per la realizzazione dei suddetti cavidotti saranno di profondità variabile, mai superiori a 1,60 m.

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade provinciali, comunali e poderali), mentre l'accesso alle singole turbine avviene mediante strade di nuova realizzazione e/o su strade interpoderali esistenti, che saranno adeguate al trasporto di mezzi eccezionali.

Per tali aree, lo studio persegue il fine di fornire un panorama delle conoscenze del territorio ed effettuare una valutazione generale per la caratterizzazione dei terreni interessati dall'opera in oggetto.

Lo scopo del documento è quello di fornire i seguenti elementi:

- inquadramento geologico e geomorfologico dell'area di progetto;
- caratterizzazione geotecnica preliminare e caratterizzazione sismica dei terreni.

La caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni è stata ricostruita grazie alla consultazione di studi e bibliografia esistente per una valutazione preliminare ai fini fondali dell'opera in progetto.

Il report delle indagini effettuate in sito è consultabile all'elaborato "DC23045D-V11 Indagini geologiche preliminari".

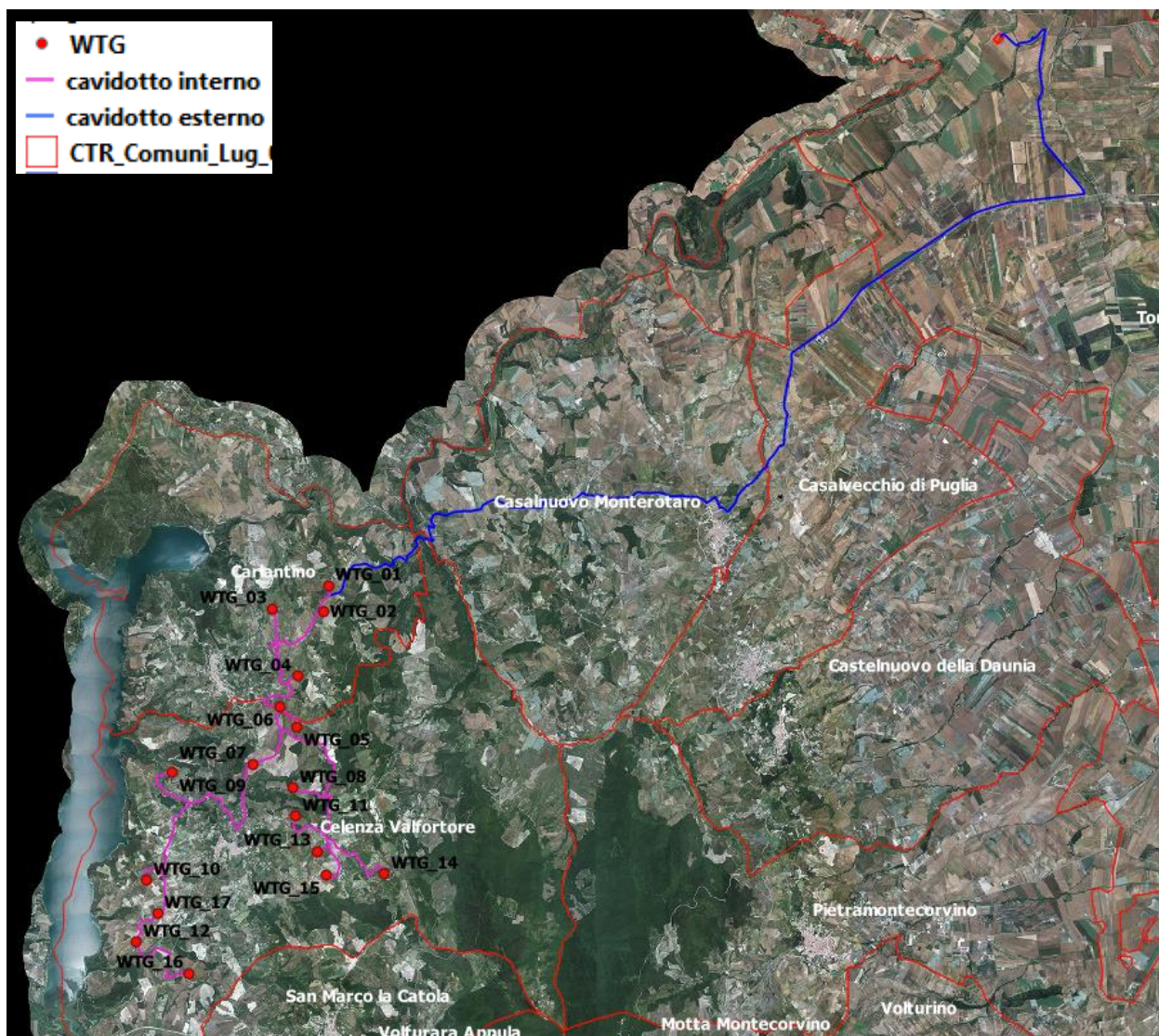


Figura 1: – Localizzazione dell'area di progetto.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il parco eolico in progetto è ubicata tra l'abitato di Celenza Valfortore e Carantino (FG), in provincia di Foggia, è situato tra quote da 710 e 240 m s.l.m..

Di seguito si riportano le coordinate piane (WGS 1984 UTM Zone 33 N), relative alla posizione di installazione dei singoli aerogeneratori:

	COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS84	
WTG	EST (X)	NORD (Y)
01	500406.91	4606563.41
02	500297.28	4606023.21
03	499226.31	4606072.68
04	499749.99	4604635.78
05	499735.71	4603561.93
06	499371.59	4603985.65
07	498804.35	4602771.72
08	499652.60	4602264.67
09	497096.77	4602589.46
10	496550.36	4600307.59
11	499710.84	4601660.57
12	496331.04	4598990.82
13	500160.54	4600924.24
14	501597.21	4600438.23
15	500356.51	4600412.61
16	497453.85	4598319.63
17	496780.43	4599597.94

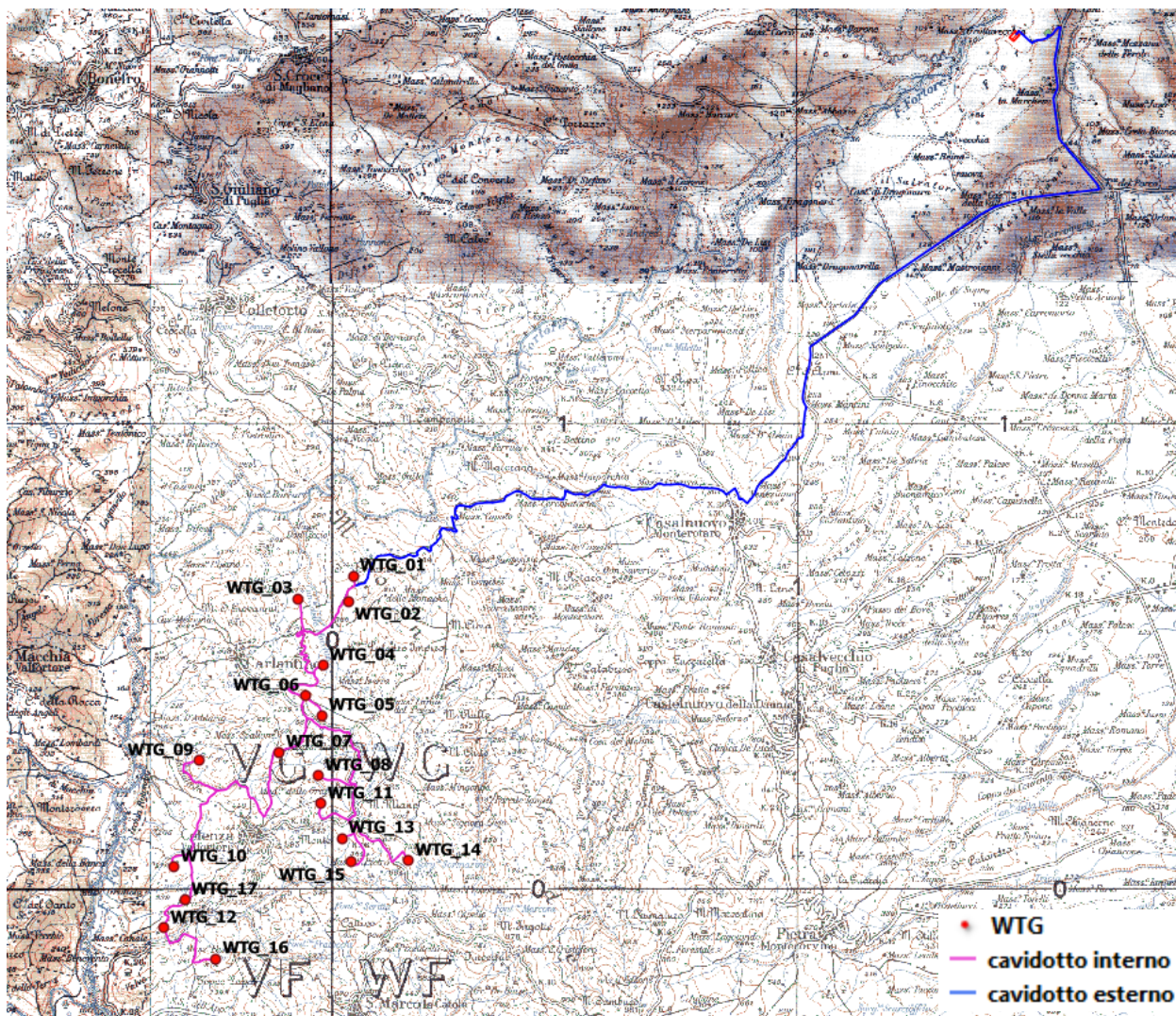


Figura 2: – Inquadramento su base IGM

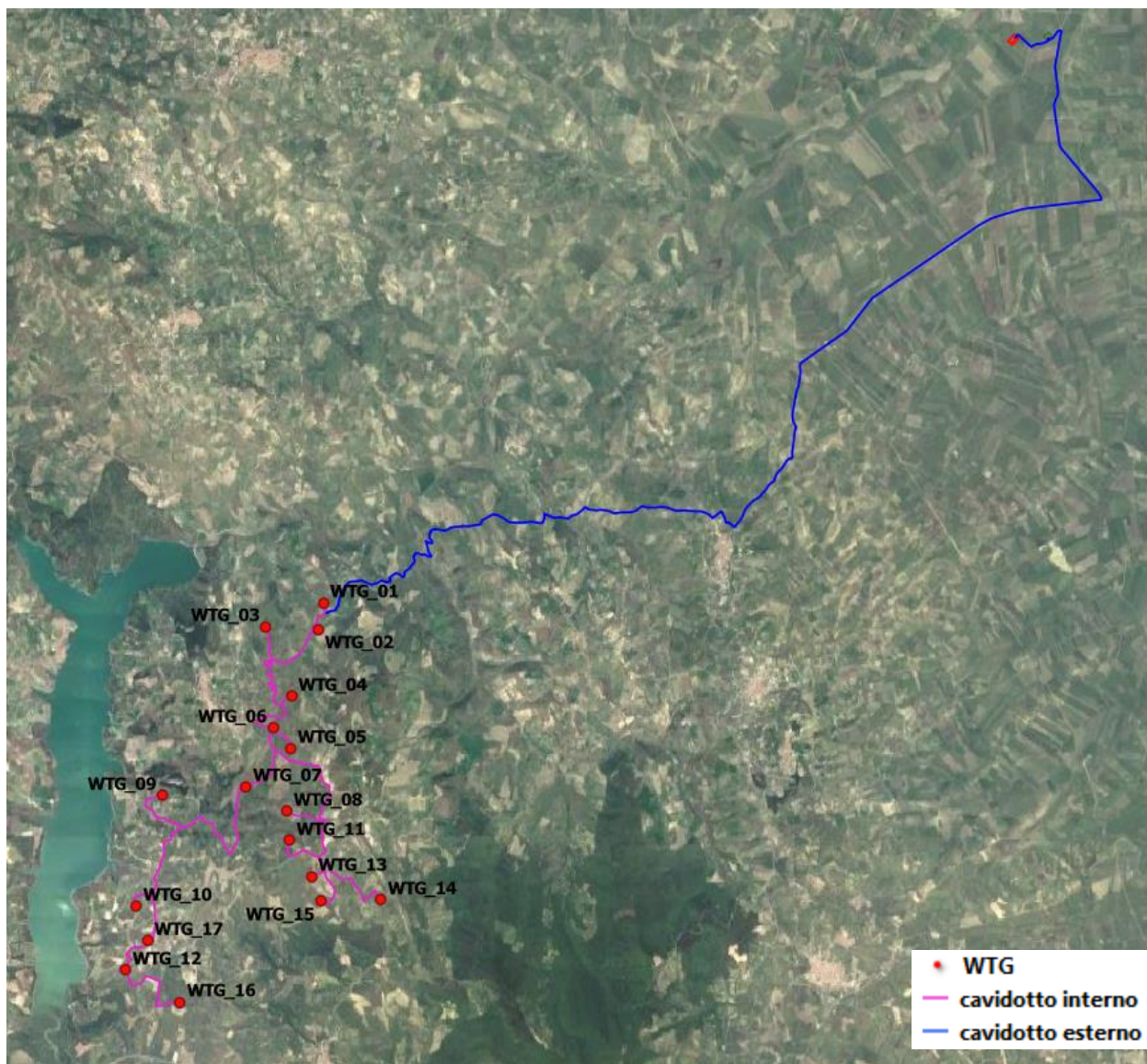


Figura 3: – Inquadramento su Ortofoto

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

3.1 GEOMORFOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO

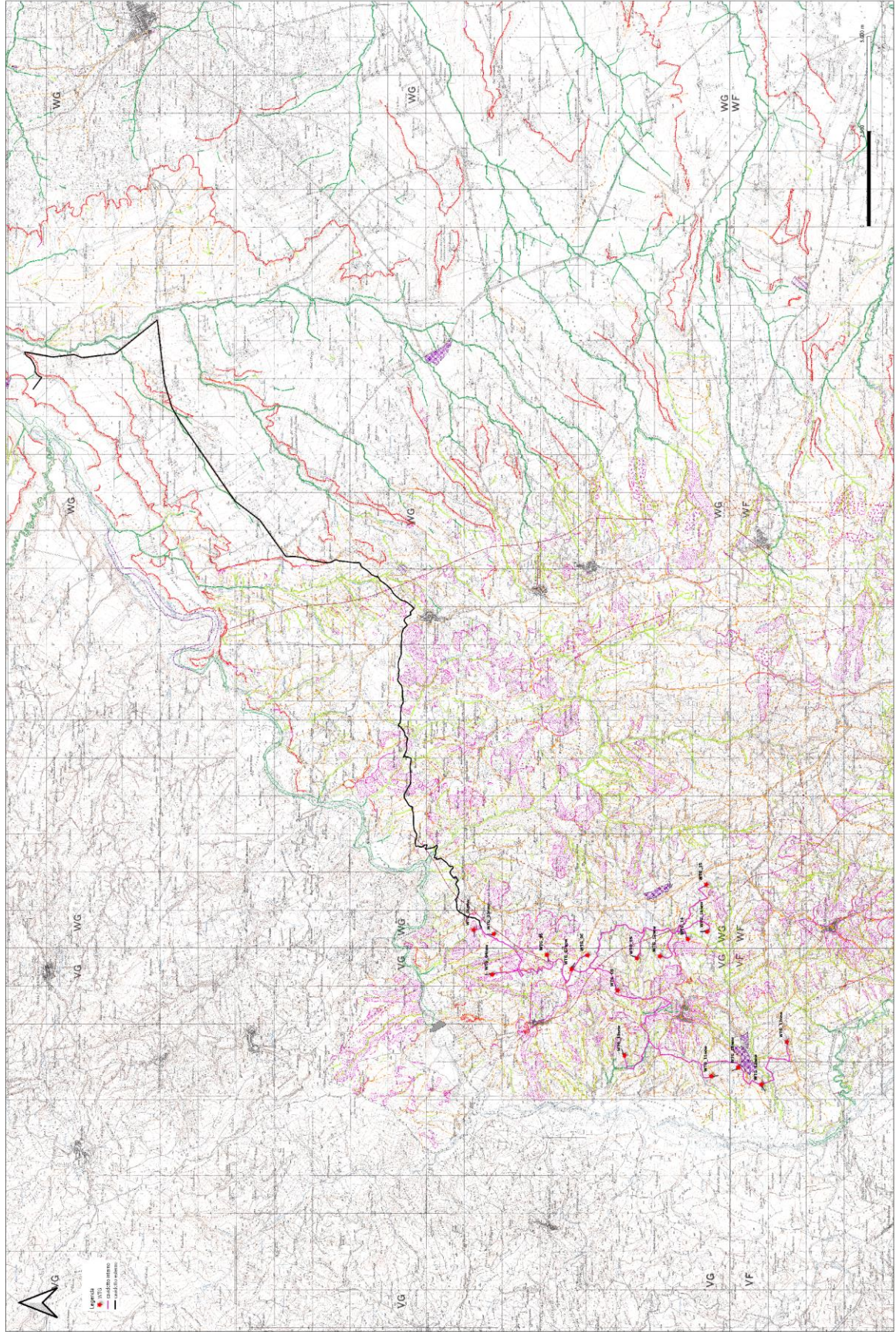
L'area di studio appartiene alla parte esterna della Catena Appenninica rappresentata dai Monti della Daunia.

L'area di interesse mostra profili morfologici variabili e frequentemente acclivi, a causa della evoluzione tettonica e delle complesse condizioni litologiche, l'area di studio ricade prevalentemente su "Unità costituita da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile", su "Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa" e su "Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico".

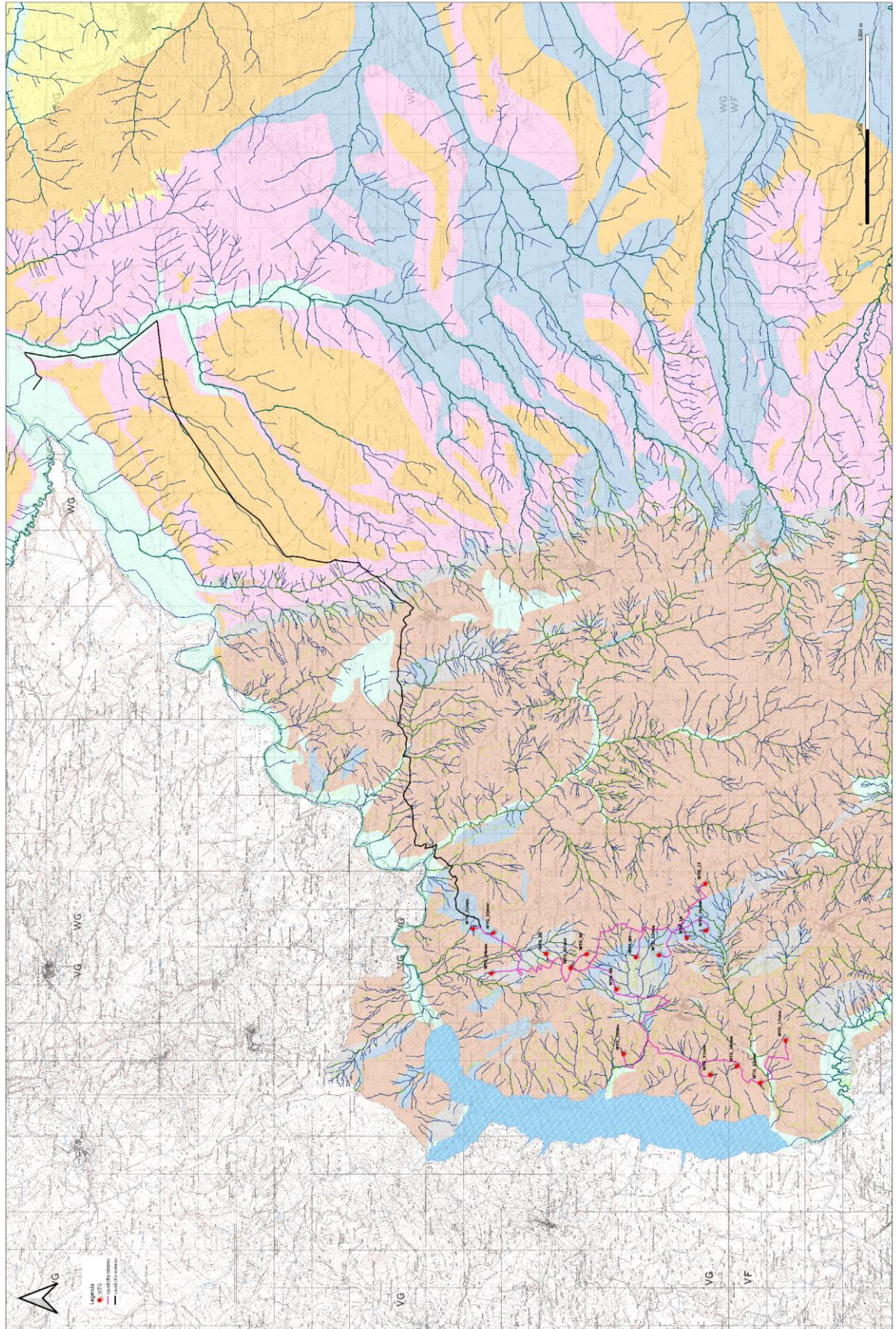
Per avere un quadro aggiornato dell'area oggetto di studio, è stato necessario valutare gli assetti morfologici ed idrografici del territorio, raccolti all'interno della nuova Carta

Idrogeomorfologica in scala 1:25.000 (Ottobre 2009) redatti dall'Autorità di Bacino della Puglia, consultabile dal portale SIT Puglia (http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/Cartografie%20tecniche/Carta%20Idrogeomorfologica).

Stralcio Carta Geomorfologica (Regione Puglia) scala 1:30.000



Stralcio Carta Idrogeologica (Regione Puglia) scala 1:30.000



Carta Idrogeomorfologica



Figura 4: – Stralcio della carta idrogeomorfologica dell'intera area di studio (Carta Idrogeomorfologica: <http://webapps.sit.puglia.it/arcgis/services/ServicesArcIMS/Idrogeomorfologia/MapServer/WMS/Server>)

Nel complesso la zona di studio risulta occupata da una morfologia complessa e a tratti acclive, l'area occupata dagli aerogeneratori non è interessata da fenomeni d'instabilità, ma ad una scala più vasta si possono identificare aree instabili e incisioni fluviali provocati dal modellamento di corso d'acqua.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Al fine di una più immediata comprensione dei caratteri litologici delle unità geologiche affioranti nel territorio studiato, si ritiene opportuno un inquadramento preliminare geologico-regionale dell'intera area investigata.

La Puglia si presenta costituita da rocce sedimentarie di età mesozoica e cenozoica.

La base della successione stratigrafica che caratterizza questa regione, infatti, è costituita da rocce appartenenti al Mesozoico, periodo durante il quale il mare ricopriva l'intera area dell'Italia meridionale.

La geografia dell'epoca vedeva la presenza di un vasto bacino soggetto ad un abbassamento lento del fondo che si estendeva dalla Puglia fino all'Appennino Settentrionale con condizioni di forte evaporazione delle acque. Ciò provocava una sedimentazione di origine chimica, detta appunto "evaporitica", con formazione di dolomie e di gessi, di cui si conosce in affioramento solo il piccolo lembo diapirico della Punta delle Pietre Nere (Gargano), appartenenti al Trias Superiore. Lateralmente a questo bacino evaporitico si avevano, nella vicina area appenninica meridionale, condizioni di mare aperto con deposizioni di calcari ricchi di noduli di selce, che si ritrovano oggi in affioramento in Lucania e Calabria.

Nel Giurassico, tutta la parte centro occidentale del Gargano era occupata da un grandioso complesso di scogliere. Oltre il bordo della barriera corallina, nel resto della Puglia, si sviluppava un mare poco profondo, che si estendeva fino al Salento, con sedimentazione di calcari e dolomie. Le prime emersioni, di piccole aree, si hanno nel Cretacico, a chiusura della successione mesozoica alla quale è ascrivibile la maggior parte degli affioramenti del Gargano, delle Murge e delle Serre Salentine. Con il Terziario, ha invece inizio l'era delle grandi emersioni. L'attuale Murgia rimaneva così emersa per tutto il Cenozoico, mentre i blocchi carbonatici degli attuali promontori del Gargano e della Penisola Salentina subivano, in misura differente, ripetute e sempre più vaste subsidenze tettoniche, accompagnate da ingressioni marine.

Nel Paleocene-Oligocene si assisteva alla costituzione di una formazione calcarea (detritico organogena) poco estesa che oggi affiora lungo i bordi orientali del Gargano e del Salento.

Proprio nel Salento, in età Miocenica, andarono a depositarsi spessori di arenarie formate da detriti calcarei che provenivano dallo smantellamento dei depositi mesozoici affioranti, costituendo, così, la formazione ben nota nel Salento con la denominazione di "Pietra Leccese".

Il margine esterno dell'Appennino vede l'affioramento di depositi fliscioidi miocenici, rappresentati soprattutto da una formazione prevalentemente lapidea (Formazione di della Daunia) alternata ad una prevalentemente argillosa (Argille Varicolori).

L'Appennino Dauno rappresenta la porzione più orientale dell'Appennino meridionale. E' caratterizzato geologicamente da una serie di accavallamenti a vergenza adriatica, all'interno dei quali sono presenti più unità tettoniche accavallatesi verso Est dall'Oligocene al Pliocene. L'Appennino Dauno è caratterizzato da rocce sedimentarie, nelle quali prevalgono sia unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) sia unità prevalentemente argillitiche, molto destrutturate (Argille Varicolori). Nelle aree di affioramento di questi ultimi terreni è maggiormente diffusa la presenza di frane e/o movimenti gravitativi superficiali.

Nell'"Infrapliocene" si originarono, infine, le condizioni che hanno portato alla più vasta ingressione marina che l'intera Puglia abbia mai subito e che portò alla conseguente acquisizione dell'assetto geografico-strutturale che oggi la contraddistingue.

Nell'area della Fossa Bradanica sono presenti terreni molto più recenti, dal Pliocene al Pleistocene, affioranti più verso est, sono ben identificati da una successione regressiva rappresentati dal basso verso l'alto da argille e sabbie e conglomerati. L'ampio ed esteso bacino di sedimentazione si è formato nel Pliocene, durante le ultime fasi dell'orogenesi appenninica, in seguito alla subsidenza del margine interno dell'Avampese Apulo. E' stato colmato durante tutto il Pliocene, nella porzione depocentrale, da sedimenti prevalentemente argillosi per uno spessore superiore ai 2000 metri. La sedimentazione ha avuto termine alla fine del Pleistocene con l'emersione dell'intera area di fossa.

La storia geologica e le vicende tettoniche e paleogeografiche hanno fatto sì che la Puglia si diversificasse nel suo complesso in varie unità con caratteri geologici, morfologico-strutturali,

idrografici e idrogeologici al quanto diversi fra loro, che geograficamente si identificano nelle seguenti zone:

- Promontorio del Gargano;
- Appennino Dauno;
- Tavoliere di Foggia;
- Murge;
- Conca di Taranto;
- Penisola Salentina.

I tre domini del sistema orogenetico sono:

- La Catena rappresentata dell'Appennino Campano-Lucano e Monti della Daunia è caratterizzata da sedimenti deposti nell'intervallo Cretaceo inferiore - Miocene e deformati da sovrascorrimenti e pieghe a vergenza orientale;
- L'Avanfossa rappresentata dall'Avanfossa Adriatica, che corrisponde alla Fossa Bradanica o premurgiana di età plio-quadernaria;
- L'Avampaese rappresentato dalla regione Apulo-Garganica e nello specifico rappresentato dal blocco meso-cenozoico carbonatico apulo-garganico.

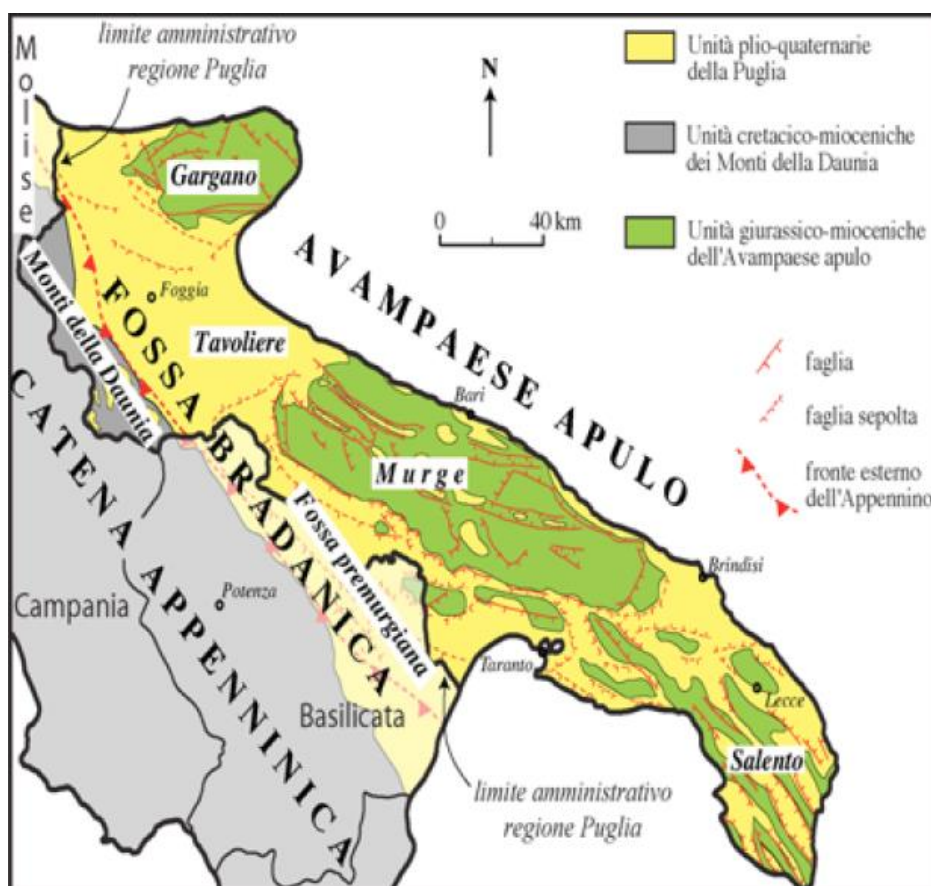


Figura 5: – Schema geologico-strutturale (da Pieri et Al., 1997, mod)

Procedendo dalla linea di costa adriatica verso l'interno, si riconoscono: il settore di avampaese, il settore di avanfossa e il settore di catena.

L'unità carbonatica apulo-garganica mesozoica affiorante in corrispondenza dei rilievi del Gargano, delle Murge e del Salento, costituisce il settore di avampaese Sud appenninico o adriatico. Il settore di avanfossa ospita il Tavoliere delle Puglie e la Fossa Bradanica e fa parte dell'avanfossa Sud appenninica che si estende dal Golfo di Taranto al litorale di Termoli. Questo settore di avanfossa è costituito da una vasta depressione interposta tra la dorsale appenninica ed i rilievi dell'avampaese ove affiorano rocce clastiche Plio-Pleistoceniche senza soluzione di continuità e di potenza apprezzabile.

L'area oggetto di studio è ubicata nella Puglia nord-occidentale, si trova in prossimità dei Monti della Daunia.

4.INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

L'area oggetto di studio ricade nei territori comunali di Celenza Valfortore, Carlantino, Casalnuovo Monterotaro, Casalvecchio di Puglia e Torremaggiore (FG).

L'area su cui sarà realizzato l'impianto fotovoltaico è ubicata tra i Fogli geologici n.163 "Lucera" e n.155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Stralcio Carta Geologica scala 1:30.000

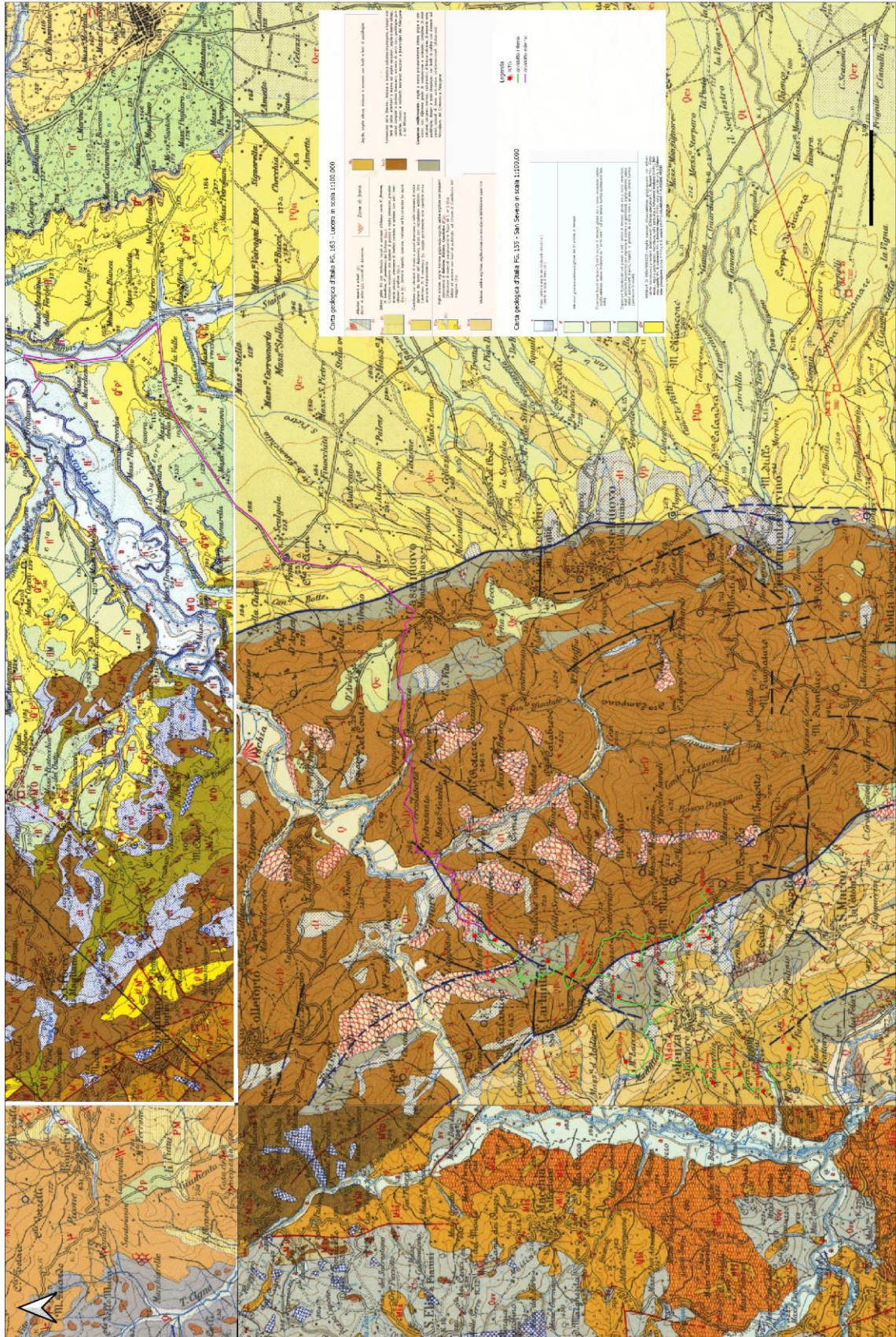


Figura 6: – Stralcio della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 Fg. 163 "Lucera" e FG 155 "San Severo"

Di seguito si descrivono unicamente le formazioni geologiche presenti nell'area di progetto, particolare, in corrispondenza degli aerogeneratori, dall'alto verso il basso si riscontrano:

- **Detrito di falda (dt)** – Gli accumuli di materiali detritico sono concentrati lungo i fianchi orientali ed occidentali dei rilievi che costituiscono i Monti della Daunia. **Olocene.**
- **Argille, argille siltose, molasse e arenarie con livelli e lenti di puddinghe (Ma)** – Argille, di solito siltose, con interstrati di molasse e di arenarie. Non mancano lenti ed ammassi di puddinghe poligeniche, di solito non cementate. **Miocene.**
- **Molasse, sabbie argillose, argille siltose (Msa)** – Costituiti da molasse, sabbie argillose ed argille siltose di colore giallo-grigiastro, con lenti di puddinghe ad elementi poligenici. In contatti tra questo complesso e i sedimenti più antichi sono di natura tettonica. **Miocene.**
- **Formazione della Daunia (bcD)** – Breccie e brecciole calcareo-organogene, a luoghi con lenti di selce, alternanti a marne ed argille varicolori. Argille e marne siltose; calcari compatti o farinosi biancastri; arenarie di vario tipo; puddinghe poligeniche, briozoi e molluschi miocenici associate a foraminiferi del Paleogene e del Miocene. Complesso prevalentemente clastico che si distingue dagli altri complessi del flysch solo per una particolare associazione di litotipi. **Miocene.**
- **Complesso indifferenziato (i)** – Argille e marne prevalentemente siltose grigie e varicolori con differente grado di costipazione e scistosità; interstrati litoidi di vario tipo.

5. INDADINI GEOFISICHE MEDIANTE PROSPEZIONI MASW E SISMICA A RIFRAZIONE

Indagini di tipo indiretto, sono per lo più indagini geofisiche, nel dettaglio tecniche di indagine, capaci di fornire un'immagine globale e continua del sottosuolo sulla base della distribuzione dei parametri fisici misurati:

- **Indagini sismiche di tipo MASW:** MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.
- **Prospezioni sismiche a rifrazione:** Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri

ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

La campagna di indagini è stata così articolata:

Campagna di indagini in sito

- n°6 Indagine sismica tipo MASW (Multichannel Analysis Surface Waves);
- n°6 Prospezioni sismiche a rifrazione

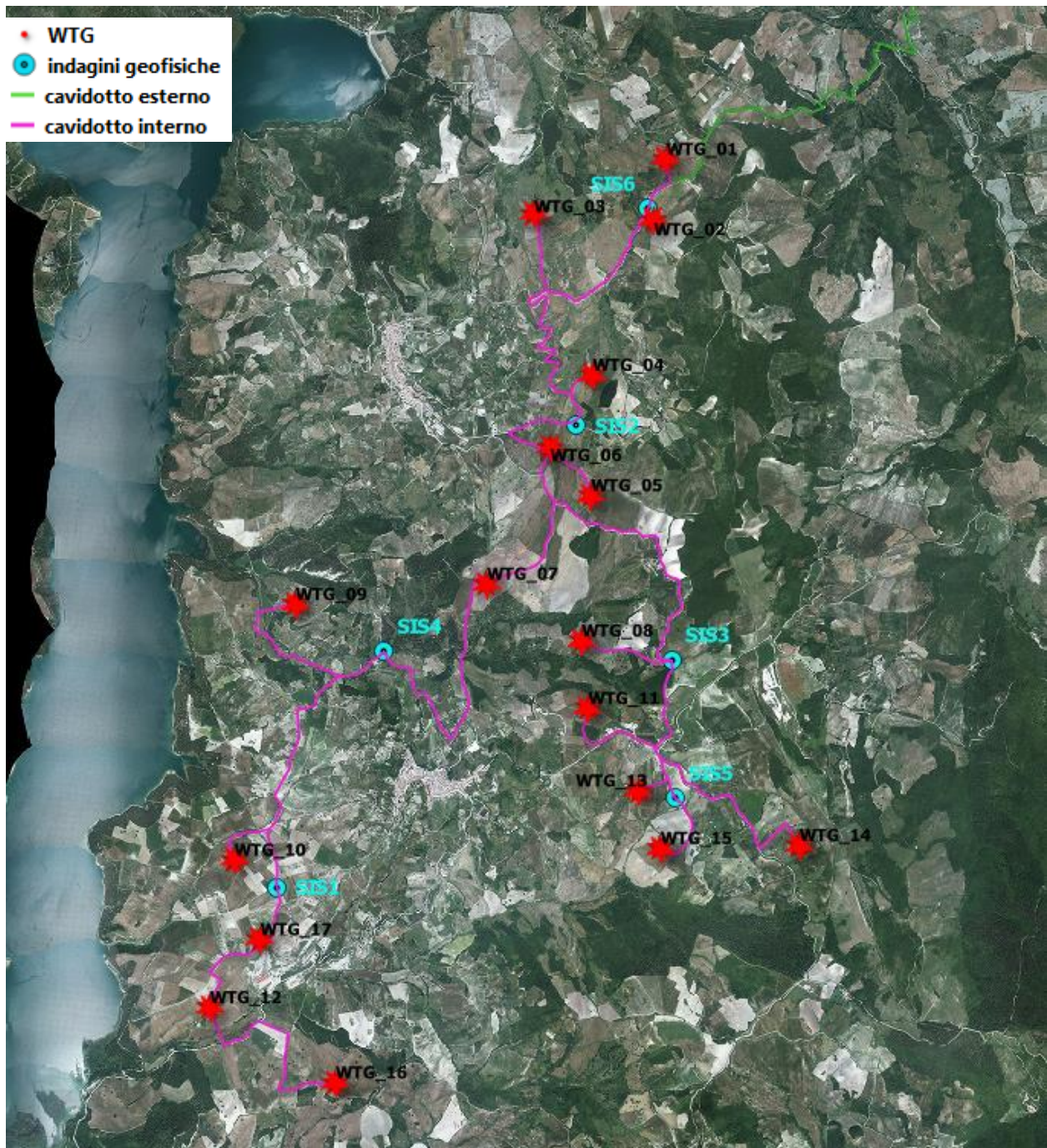


Figura 7: – Posizione indagini eseguite

L'intero report delle indagini eseguite è consultabile all'elaborato "DC23045D-V11 Indagini geologiche preliminari".

6.1 Indagine sismica di tipo MASW

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è definita da 12 geofoni con spaziatura pari a 4 m, per un totale di 44 m per ogni linea (MASW 1 - MASW 2 - MASW 3 - MASW 4) compatibilmente con le condizioni logistiche e gli spazi disponibili del sito.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. del D.M. 17.01.2018.

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>

RISULTATI

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle V_{Seq} , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

La V_{Seq} espressa è stata calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni.

Il sottosuolo dell'area in esame, in base ai risultati delle indagini sismiche di tipo MASW effettuate in sito, è di categoria C, tranne la MASW 1 che risulta di categoria B.

Per ciò che concerne le indagini sismiche effettuate in sito esse hanno mirato ad una caratterizzazione dell'area da un punto di vista sismico, rimandando alle successive fasi progettuali ad una mirata e puntale campagna geognostica.

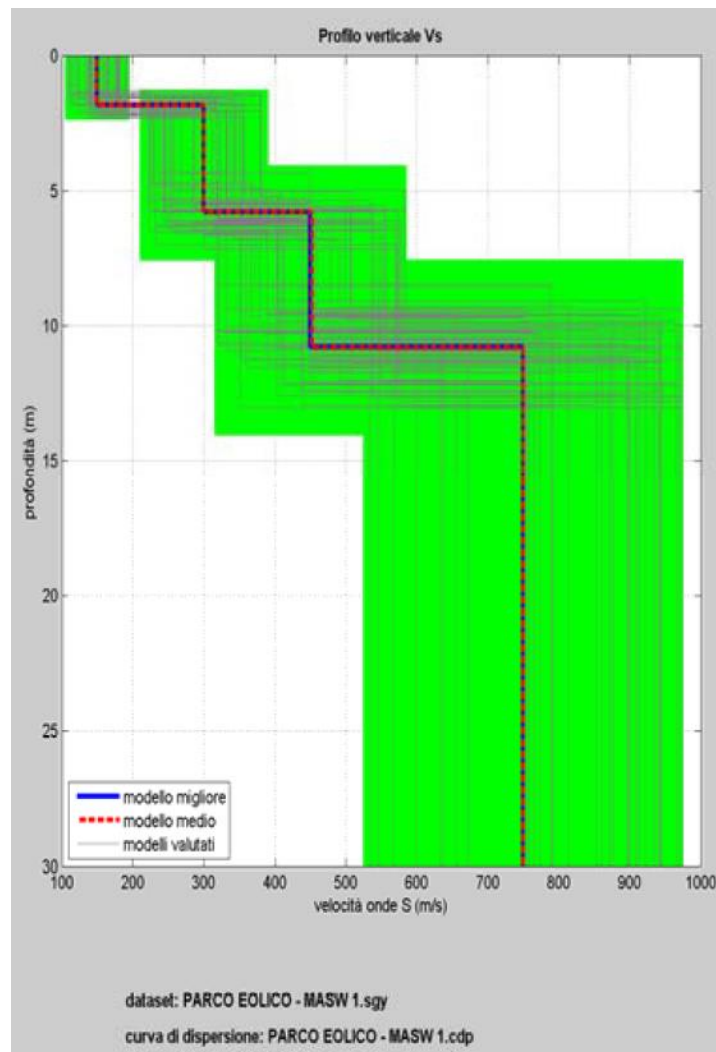
Linea	$V_s eq$ (m/s)	Categoria di sottosuolo (D.M. 17.01.2018)
MASW 1	484	B
MASW 2	358	C
MASW 3	349	C
MASW 4	235	C
MASW 5	341	C
MASW 6	339	C

MASW 1

Dall'indagine di tipo MASW 1 è risultato che il sottosuolo dell'area in esame è associabile alla categoria di sottosuolo B, poichè V_{Seq} pari a 484 m/s.

MASW	Velocità onde di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	150	1.80	0.00 – 1.80
SISMOSTRATO II	300	4.00	1.80 – 5.80
SISMOSTRATO III	453	5.00	5.80 – 10.80
SISMOSTRATO IV	750	Semispazio	Semispazio
<i>V_{s,eq} = 484 m/sec</i>			

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;	0.00 – 1.80
SISMOSTRATO II	Argilla limosa;	1.80 – 5.80
SISMOSTRATO III	Arenaria in matrice argillosa;	5.80 – 10.80
SISMOSTRATO IV	Arenaria in matrice argillosa con migliori proprietà tecniche;	Semispazio

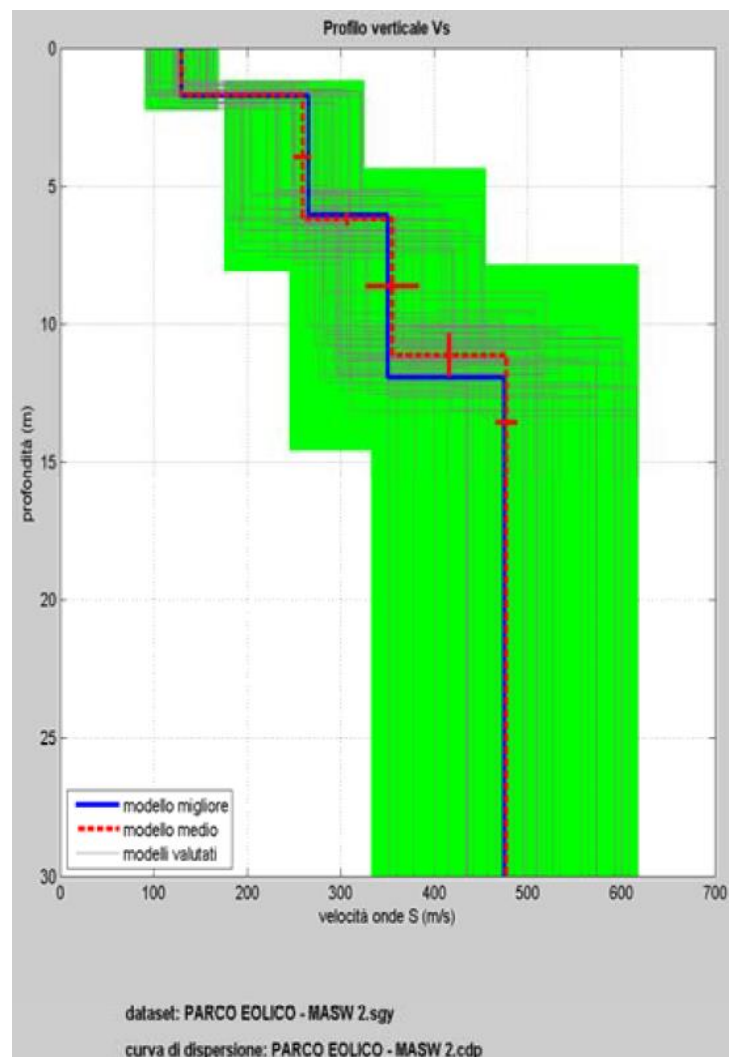


MASW 2

Dall'indagine di tipo MASW 2 è risultato che il sottosuolo dell'area in esame è associabile alla categoria di sottosuolo C, poichè V_{Seq} pari a 358 m/s.

MASW	Velocità onde di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	130	1.70	0.00 – 1.70
SISMOSTRATO II	259	4.50	1.70 – 6.20
SISMOSTRATO III	355	4.90	6.20 – 11.10
SISMOSTRATO IV	477	Semispazio	Semispazio
<i>V_{s,eq} = 358 m/sec</i>			

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;	0.00 – 1.70
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;	1.70 – 6.20
SISMOSTRATO III	Argilla con trovanti lapidei;	6.20 – 11.10
SISMOSTRATO IV	Argilla con trovanti lapidei con migliori proprietà tecniche;	Semispazio

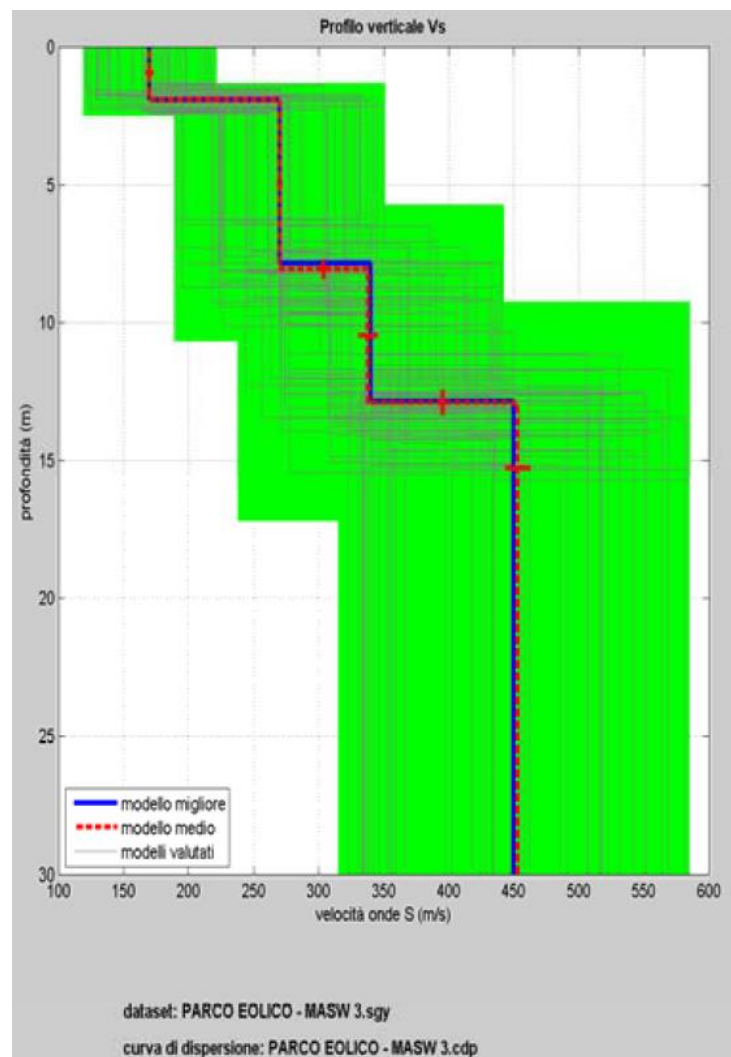


MASW 3

Dall'indagine di tipo MASW 3 è risultato che il sottosuolo dell'area in esame è associabile alla categoria di sottosuolo C, poichè V_{Seq} pari a 349 m/s.

MASW	Velocità onde di taglio	Spessori (m)	Profondità (m)
	(m/sec)		
SISMOSTRATO I	170	1.90	0.00 – 1.90
SISMOSTRATO II	270	6.20	1.90 – 8.10
SISMOSTRATO III	338	4.80	8.10 – 12.90
SISMOSTRATO IV	453	Semispazio	Semispazio
<i>V_{s,eq} = 349 m/sec</i>			

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;	0.00 – 1.90
SISMOSTRATO II	Argilla limosa;	1.90 – 8.10
SISMOSTRATO III	Argilla;	8.10 – 12.90
SISMOSTRATO IV	Argilla con migliori proprietà tecniche;	Semispazio

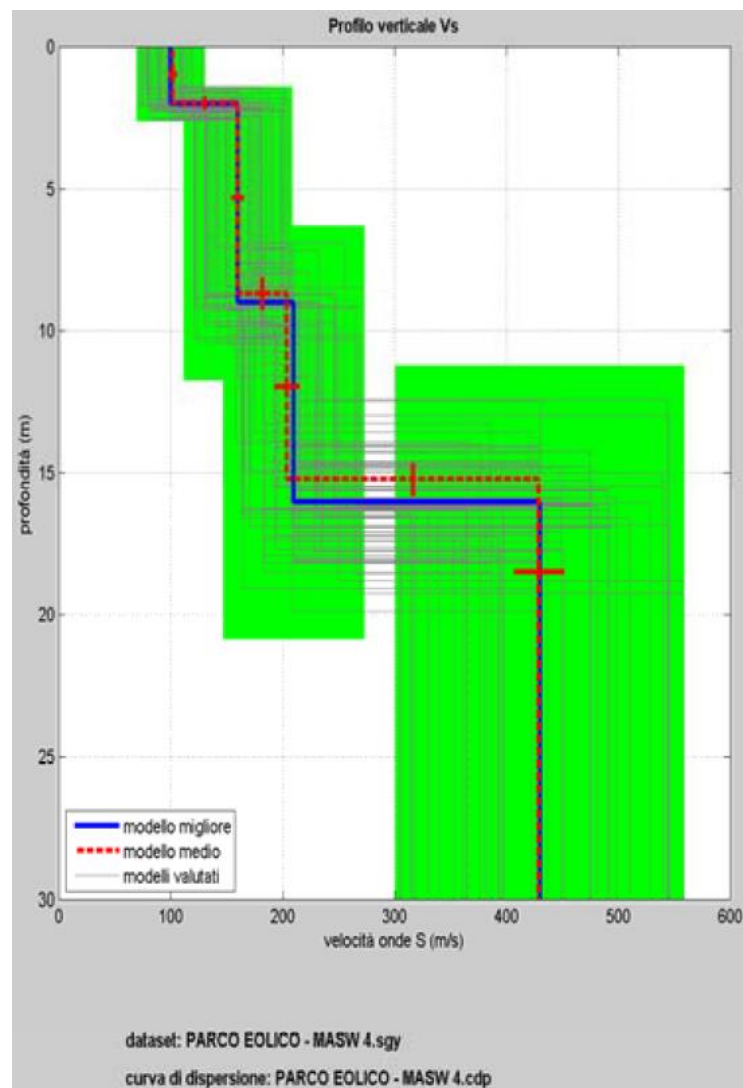


MASW 4

Dall'indagine di tipo MASW 4 è risultato che il sottosuolo dell'area in esame è associabile alla categoria di sottosuolo C, poichè V_{seq} pari a 235 m/s.

MASW	Velocità onde di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	102	2.00	0.00 – 2.00
SISMOSTRATO II	160	6.70	2.00 – 8.70
SISMOSTRATO III	204	6.50	8.70 – 15.20
SISMOSTRATO IV	429	Semispazio	Semispazio
<i>V_{s,eq} = 235 m/sec</i>			

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;	0.00 – 2.00
SISMOSTRATO II	Limo sabbioso;	2.00 – 8.70
SISMOSTRATO III	Argilla;	8.70 – 15.20
SISMOSTRATO IV	Argilla con migliori proprietà tecniche;	Semispazio

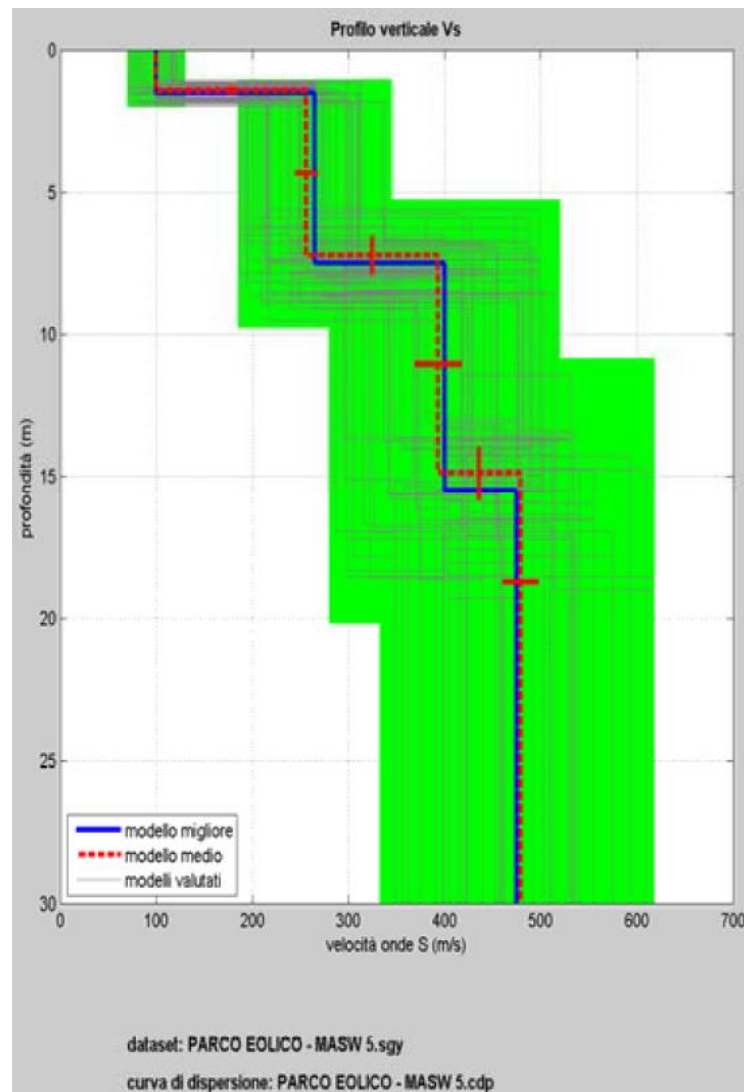


MASW 5

Dall'indagine di tipo MASW 5 è risultato che il sottosuolo dell'area in esame è associabile alla categoria di sottosuolo C, poichè V_{seq} pari a 341 m/s.

MASW	Velocità onde di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	100	1.40	0.00 – 1.40
SISMOSTRATO II	256	5.80	1.40 – 7.20
SISMOSTRATO III	393	7.70	7.20 – 14.90
SISMOSTRATO IV	479	Semispazio	Semispazio
<i>V_{s,eq} = 341 m/sec</i>			

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;	0.00 – 1.40
SISMOSTRATO II	Argilla limosa;	1.40 – 7.20
SISMOSTRATO III	Argilla con trovanti lapidei;	7.20 – 14.90
SISMOSTRATO IV	Argilla con trovanti lapidei con migliori proprietà tecniche;	Semispazio

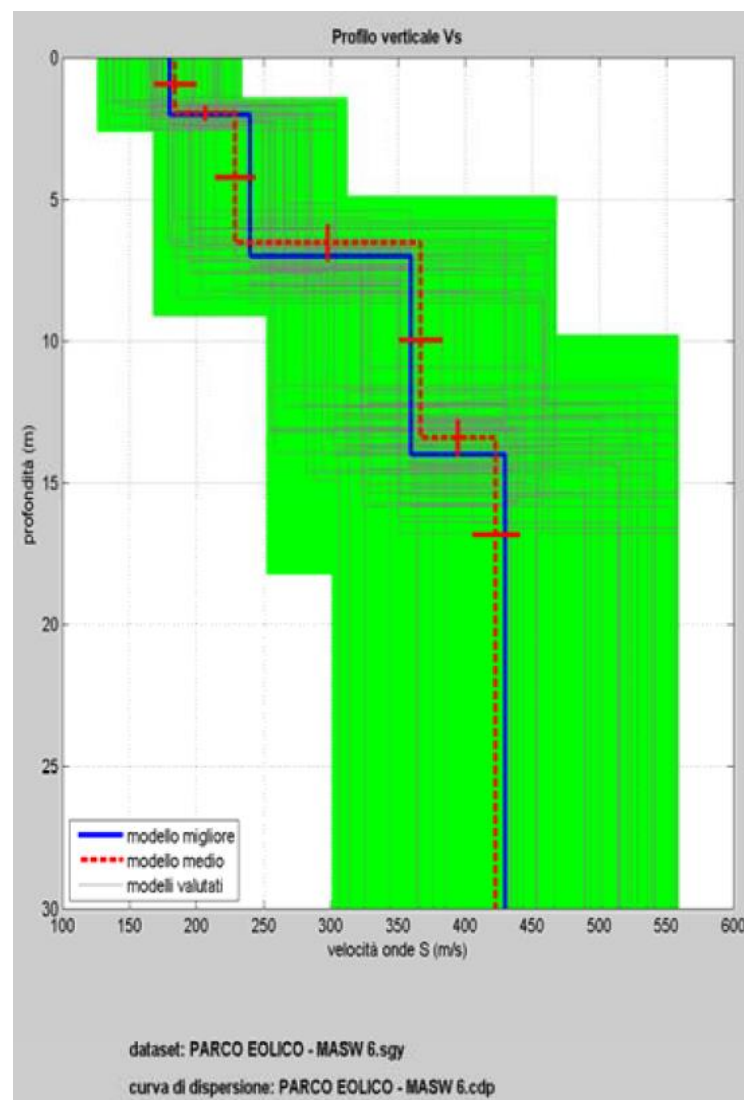


MASW 6

Dall'indagine di tipo MASW 6 è risultato che il sottosuolo dell'area in esame è associabile alla categoria di sottosuolo C, poichè V_{seq} pari a 339 m/s.

MASW	Velocità onde di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	184	1.90	0.00 – 1.90
SISMOSTRATO II	229	4.60	1.90 – 6.50
SISMOSTRATO III	367	6.90	6.50 – 13.40
SISMOSTRATO IV	423	Semispazio	Semispazio
<i>Vs,eq = 339 m/sec</i>			

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;	0.00 – 1.90
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;	1.90 – 6.50
SISMOSTRATO III	Argilla;	6.50 – 13.40
SISMOSTRATO IV	Argilla con migliori proprietà tecniche;	Semispazio



6.2 Prospezione sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è definita a 12 canali con spaziatura pari a 4 m, per un totale di 44 m per ogni linea (SIS1- SIS2- SIS3- SIS4- SIS5- SIS6) compatibilmente con le condizioni logistiche e gli spazi disponibili del sito.

RISULTATI

SIS1 in onde P e S

L'indagine eseguita a 12 canali SIS1, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 3 strati.

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	407	150	0.00	1.60 – 2.10
SISMOSTRATO II	1102	300	1.60 – 2.10	4.90 – 6.60
SISMOSTRATO III	2312	453	<i>indefinito</i>	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;
SISMOSTRATO II	Argilla limosa;
SISMOSTRATO III	Arenaria in matrice argillosa;

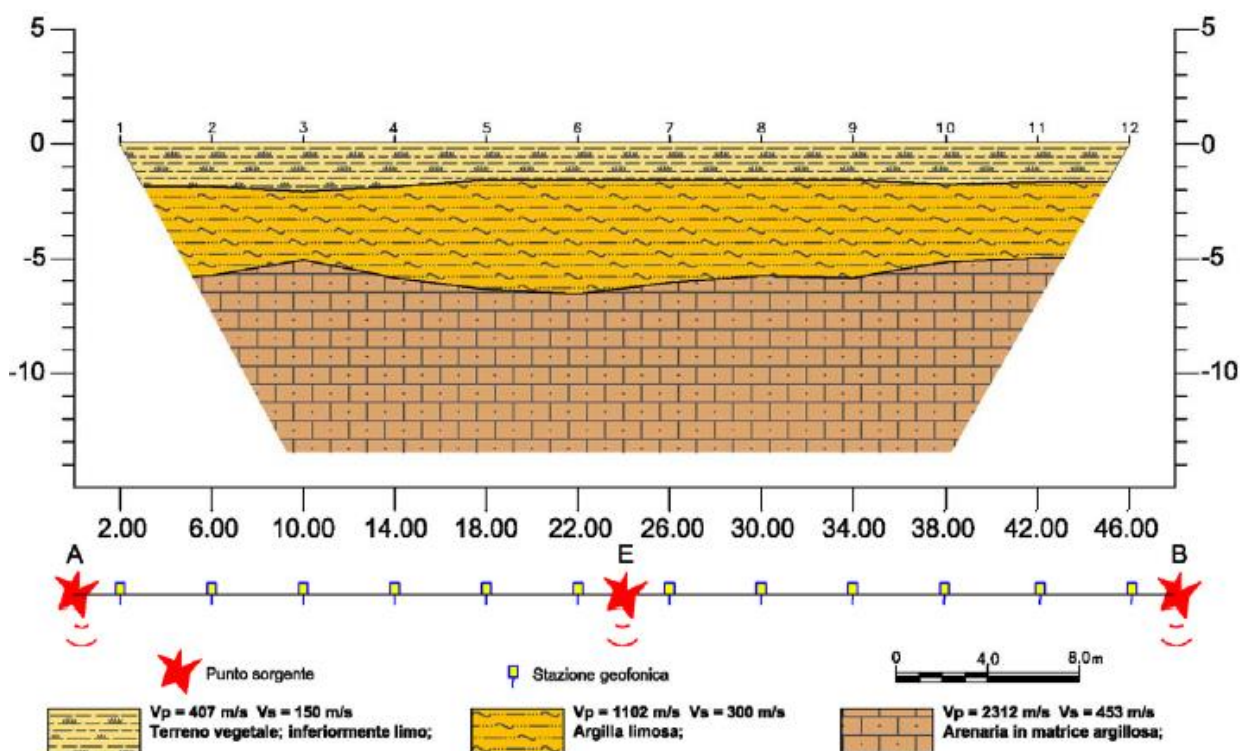


Figura 8: – Sezione sismostratigrafica SIS 1

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 1			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	407	1102	2312
Velocità Onde S (m/s):	150	300	453
Modulo di Poisson:	0.42	0.46	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	16.81	18.20	21.62
Peso di volume (g/cm ³):	1.71	1.86	2.20
SPESORE MEDIO STRATO (m)	1.80	4.00	5.00
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	1119	4978	13667
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	110	488	1340
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	39	167	452
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	4	16	44
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	2373	20730	114114
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	233	2033	11191
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	135	600	1647
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	46.94	40.45	29.14
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	284	2254	11786
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	349	2771	14489
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	2522	5461	9796
Frequenza dello strato	20.83	18.75	22.65
Periodo dello strato	0.05	0.053	0.044
B (Larghezza fondazione in m.)	1.0	1.0	1.0
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	4.25	22.46	60.38
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	41.73	220.23	592.14
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	2.13	11.23	30.19
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	20.86	110.12	296.07

L'indagine eseguita a 12 canali SIS2, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 3 strati.

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	352	130	0.00	1,50 - 2,00
SISMOSTRATO II	715	259	1.50 - 2.00	5.60 - 6.40
SISMOSTRATO III	1717	355	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;
SISMOSTRATO III	Argilla con trovanti lapidei;

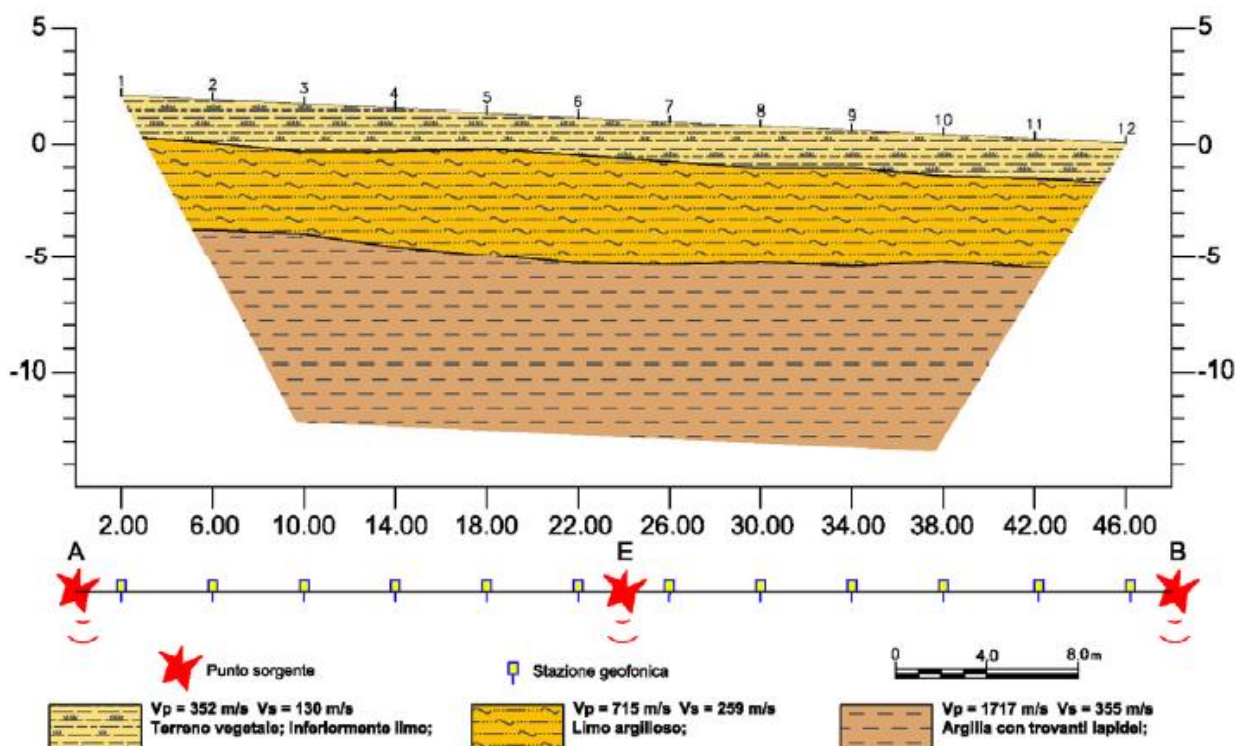


Figura 9: – Sezione sismostratigrafica SIS 1

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 2

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	352	715	1717
Velocità Onde S (m/s):	130	259	355
Modulo di Poisson:	0.42	0.42	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	17.70	17.43	19.43
Peso di volume (g/cm ³):	1.81	1.78	1.98
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.70	4.50	4.90
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	885	3466	7531
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	87	340	739
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	31	119	250
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	3	12	24
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	1867	7650	56216
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	183	750	5513
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	106	417	907
POROSITA' % (correlazione Rzhesvky e Novik (1971) (%))	47.46	44.07	34.70
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	224	909	5842
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	275	1117	7181
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	2302	4514	6899
Frequenza dello strato	19.12	14.39	18.11
Periodo dello strato	0.05	0.069	0.055
B (Larghezza fondazione in m.)	1.0	1.0	1.0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	3.02	15.78	33.64
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	29.60	154.78	329.87
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	1.51	7.89	16.82
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	14.80	77.39	164.93

SIS3 in onde P e S

L'indagine eseguita a 12 canali SIS3, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 3 strati.

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	409	170	0.00	1.80 - 2.30
SISMOSTRATO II	1169	270	1.80 - 2.30	6.50 - 8.30
SISMOSTRATO III	1953	338	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;
SISMOSTRATO II	Argilla limosa;
SISMOSTRATO III	Argilla;

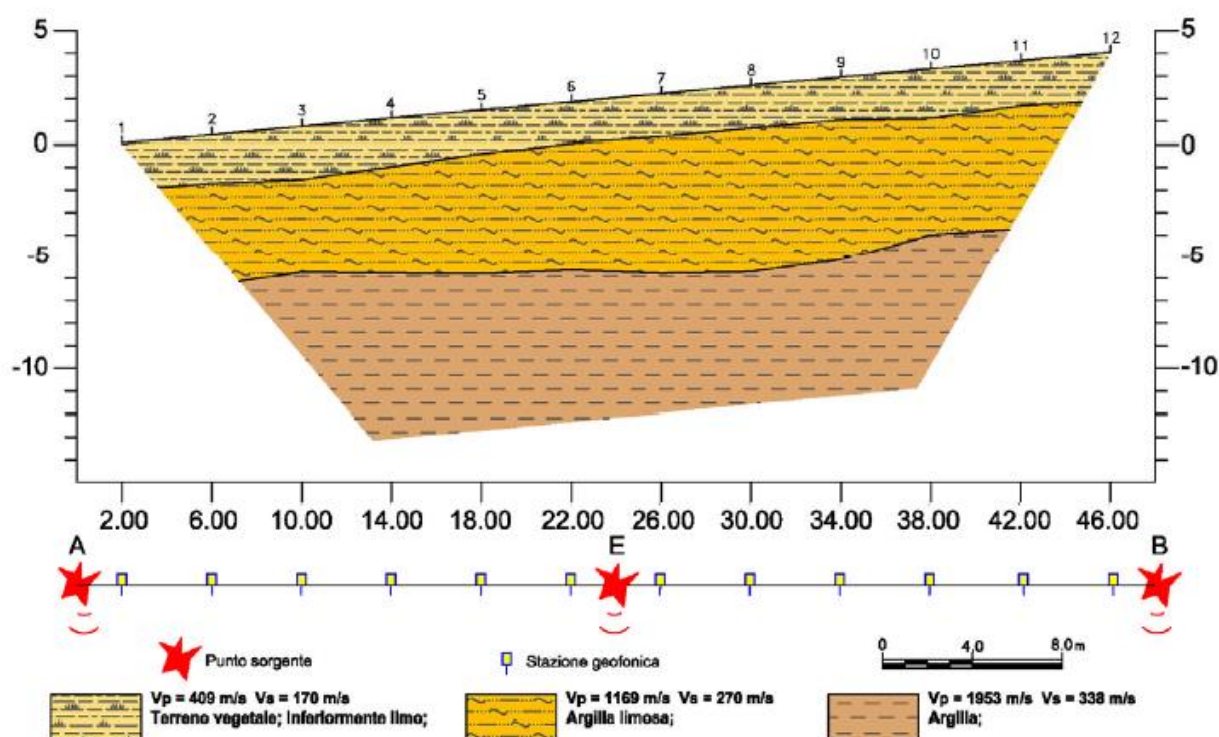


Figura 10: – Sezione sismostratigrafica SIS 3

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 3			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	409	1169	1953
Velocità Onde S (m/s):	170	270	338
Modulo di Poisson:	0.40	0.47	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	17.82	18.34	19.91
Peso di volume (g/cm ³):	1.82	1.87	2.03
SPESORE MEDIO STRATO (m)	1.90	6.20	4.80
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	1496	4095	7026
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	147	402	689
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	53	136	232
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	5	13	23
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	2387	24221	75846
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	234	2375	7438
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	180	493	846
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	46.93	39.82	32.50
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	304	2555	7742
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	373	3141	9517
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	3029	4951	6728
Frequenza dello strato	22.37	10.89	17.60
Periodo dello strato	0.04	0.092	0.057
B (Larghezza fondazione in m.)	1.0	1.0	1.0
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	5.75	17.44	29.90
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	56.35	171.03	293.22
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	2.87	8.72	14.95
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	28.17	85.51	146.61

L'indagine eseguita a 12 canali SIS4, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 3 strati.

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	377	102	0.00	0.80 - 2.20
SISMOSTRATO II	583	160	0.80 - 2.20	6.90 - 9.40
SISMOSTRATO III	1532	204	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;
SISMOSTRATO II	Limo sabbioso;
SISMOSTRATO III	Argilla;

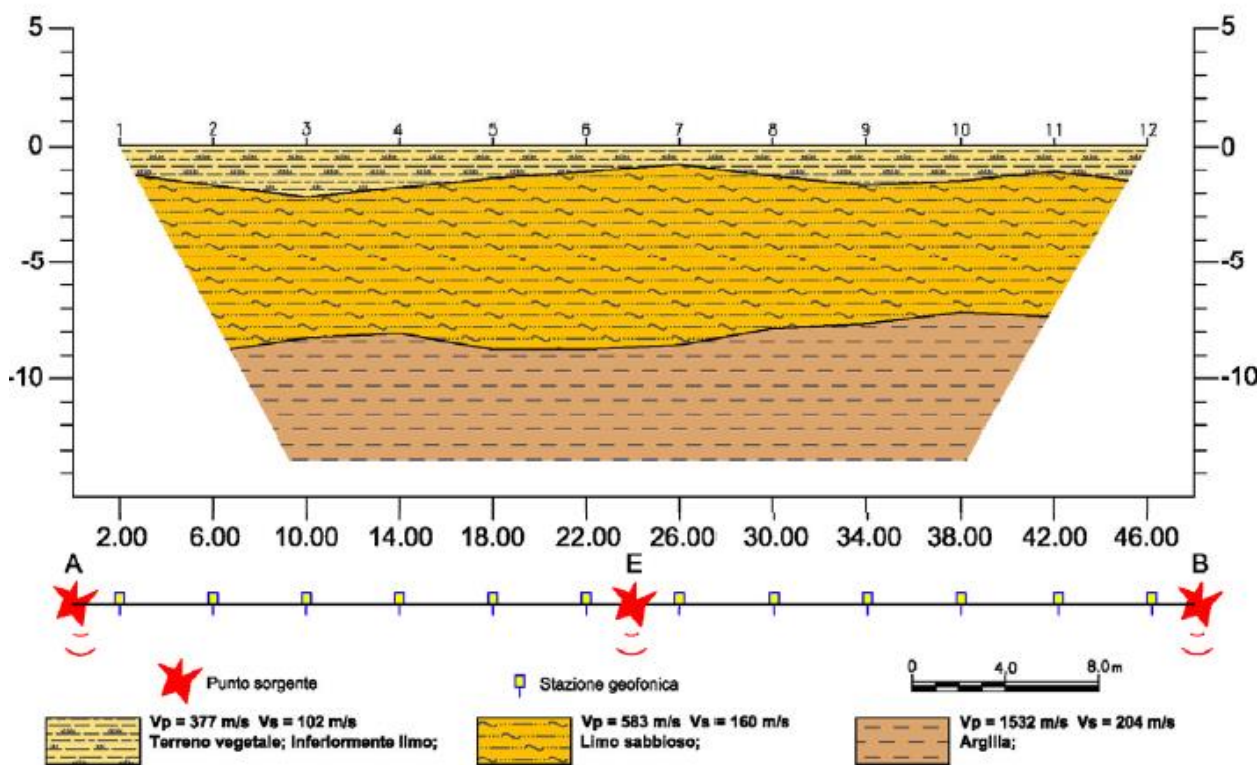


Figura 11: – Sezione sismostratigrafica SIS 4

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 4			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	377	583	1532
Velocità Onde S (m/s):	102	160	204
Modulo di Poisson:	0.46	0.46	0.49
Peso di volume (KN/m ³):	17.75	17.17	19.06
Peso di volume (g/cm ³):	1.81	1.75	1.94
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.00	6.70	6.50
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	561	1335	2462
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	55	131	241
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	19	45	81
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	2	4	8
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	2369	5461	45456
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	232	536	4458
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	68	161	296
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	47.22	45.30	36.43
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	257	595	4563
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	316	731	5607
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1811	2747	3889
Frequenza dello strato	12.75	5.97	7.85
Periodo dello strato	0.08	0.168	0.127
B (Larghezza fondazione in m.)	1.0	1.0	1.0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	1.69	4.97	8.90
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	16.54	48.72	87.28
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	0.84	2.48	4.45
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	8.27	24.36	43.64

L'indagine eseguita a 12 canali SIS5, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 3 strati.

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	391	100	0.00	1.10 - 2.10
SISMOSTRATO II	914	256	1.10 - 2.10	6.20 - 8.30
SISMOSTRATO III	2008	393	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;
SISMOSTRATO II	Argilla limosa;
SISMOSTRATO III	Argilla con trovanti lapidei;

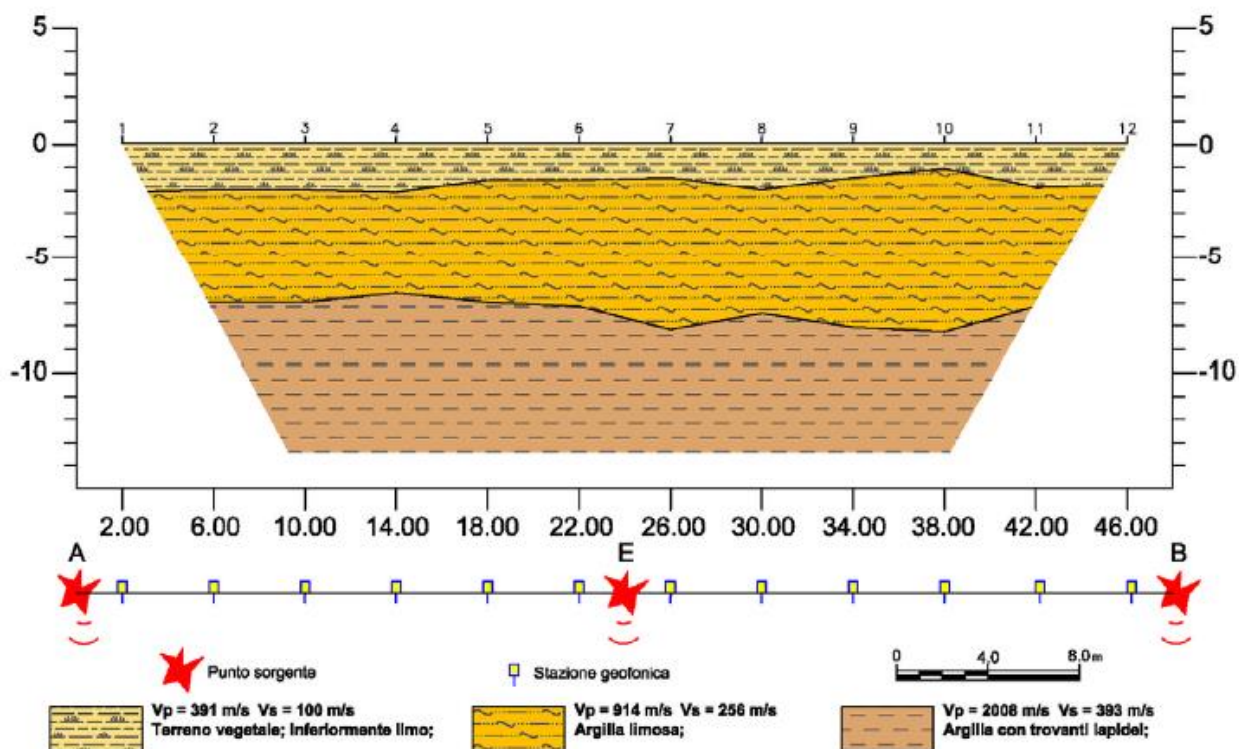


Figura 12: – Sezione sismostratigrafica SIS 5

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 5			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	391	914	2008
Velocità Onde S (m/s):	100	256	393
Modulo di Poisson:	0.47	0.46	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	17.78	17.83	20.02
Peso di volume (g/cm ³):	1.81	1.82	2.04
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.40	5.80	7.70
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	542	3544	9522
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	53	348	934
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	18	119	315
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	2	12	31
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	2582	13876	79686
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	253	1361	7815
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	65	427	1147
POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%))	47.09	42.21	31.98
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	277	1519	8230
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	340	1867	10116
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1778	4564	7866
Frequenza dello strato	17.86	11.03	12.76
Periodo dello strato	0.06	0.091	0.078
B (Larghezza fondazione in m.)	1.0	1.0	1.0
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	1.61	15.35	42.94
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	15.77	150.51	421.05
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	0.80	7.67	21.47
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	7.88	75.26	210.53

L'indagine eseguita a 12 canali SIS6, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 3 strati.

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	426	184	0.00	1.10 - 2.40
SISMOSTRATO II	734	229	1.10 - 2.40	6.20 - 8.00
SISMOSTRATO III	1207	367	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale; inferiormente limo;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;
SISMOSTRATO III	Argilla;

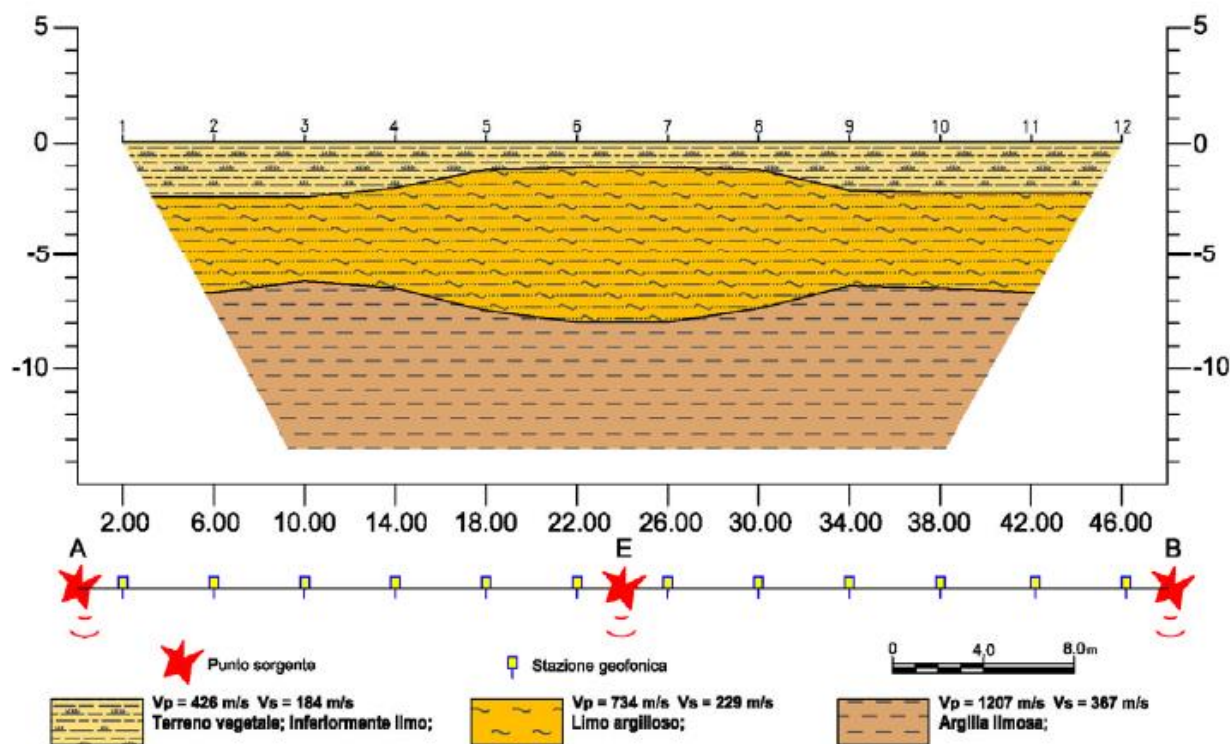


Figura 13: – Sezione sismostratigrafica SIS 6

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 6			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	426	734	1207
Velocità Onde S (m/s):	184	229	367
Modulo di Poisson:	0.39	0.45	0.45
Peso di volume (KN/m ³):	16.85	17.47	18.41
Peso di volume (g/cm ³):	1.72	1.78	1.88
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.90	4.60	6.90
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²)	1645	2757	7479
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	161	270	733
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²)	58	93	253
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	6	9	25
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	2391	8521	24472
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²)	234	836	2400
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	198	332	901
POROSITA' % (correlazione Rzhesvky e Novik (1971) (%))	46.77	43.89	39.47
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre)	312	960	2735
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier)	383	1179	3363
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³)	3101	4000	6758
Frequenza dello strato	24.21	12.45	13.30
Periodo dello strato	0.04	0.080	0.075
B (Larghezza fondazione in m.)	1.0	1.0	1.0
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³)	6.95	11.75	36.43
K _v (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³)	68.13	115.19	357.26
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³)	3.47	5.87	18.22
K _h (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³)	34.07	57.59	178.63

6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI

Dalle indagini geofisiche effettuate e dai dati bibliografici è stato possibile determinare una caratterizzazione di massima dei terreni sia da un punto di vista stratigrafico che da un punto di vista geotecnico.

Alle unità litostratigrafiche rilevate sono stati attribuiti valori medi dei parametri geotecnici.

Ovviamente, il carattere preliminare del seguente lavoro richiederà una campagna di indagini dirette ed indirette puntuali e di dettaglio, da programmare ed effettuare nelle successive fasi di progettazione.

MODELLO GEOLOGICO TECNICO PRELIMINARE DELL'AREA DI STUDIO

Dall'altro verso il basso abbiamo le seguenti unità geotecniche:

- **U.G.1 (0,00 – a circa 1,50 m):** Terreno vegetale non interessato ai fini fondali, costituito inferiormente da limo

- **U.G.2 (da circa 1,50 – a circa 7,00 m):** Argille e marne con limo appartenente ai terreni della Formazione della Daunia (valore medio)

γ KN/m³	C' KN/m²	ϕ' °
19	26	14,25

- **U.G.3 (da circa 7,00 – a circa 15,00 m):** Argille e limi con livelli lapidei (valore medio)

γ KN/m³	C' KN/m²	ϕ' °
19,6	13,5	16,7

7. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

La caratterizzazione sismica di un territorio si basa da un lato sulla conoscenza degli eventi sismici già avvenuti, localizzati all'interno del territorio stesso o risentiti da aree contigue e, dall'altro, sulla conoscenza delle potenziali sorgenti geologiche esistenti e ritenute in grado di produrre terremoti significativi, anche a prescindere dal fatto che tali terremoti si siano o meno già verificati. Informazioni sugli eventi già avvenuti vengono acquisite su base storico-documentale, analizzando cioè documenti di archivio che abbiano registrato gli effetti dei terremoti avvenuti in epoca storica; tale procedura dipende fortemente dalla disponibilità e dalla

qualità di tali documenti ed è quindi influenzata dall'esistenza in epoca storica di fonti (registri parrocchiali, archivi pubblici) e dalla loro conservazione e accessibilità.

Infine, per i terremoti più recenti, vengono utilizzate le registrazioni strumentali effettuate dalle reti sismiche regionali e nazionali esistenti sul territorio.

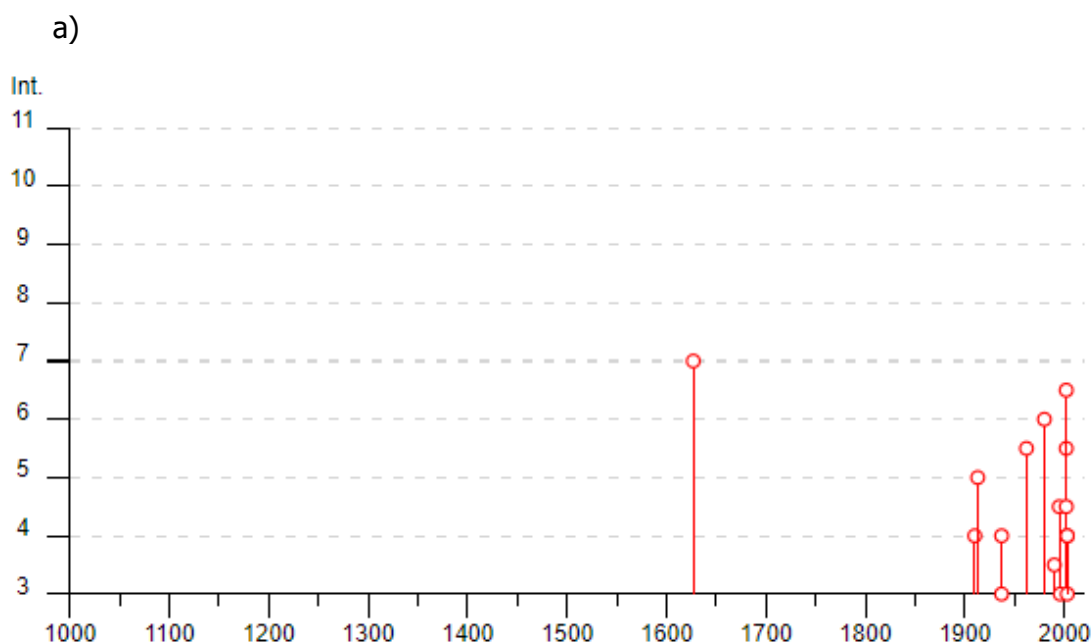
7.1 SISMICITA' STORICA

Dal Database Macrosismico Italiano dell'INGV (consultabile al seguente link: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/) è stato possibile individuare la seguente storia sismica dell'area interessata ricadente nel comune di Celenza Valfortore e Carlantino (FG).

Questo fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020. 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 (aggiornata sino all'anno 2020):

Celenza Valfortore

PlaceID	IT_62119
Coordinates (lat, lon)	41.560, 14.980
Municipality (ISTAT 2015)	Celenza Valfortore
Province	Foggia
Region	Puglia
No. of reported earthquakes	31



b)

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	🔗	1627	07	30	10	50	Capitanata	64	10	6.66
NF	🔗	1892	06	06			Isole Tremiti	68	6	4.88
NF	🔗	1893	08	10	20	52	Gargano	69	8	5.39
NF	🔗	1897	05	28	22	40	0 Ionio	132	6	5.46
NF	🔗	1905	11	26			Irpinia	122	7-8	5.18
NF	🔗	1907	03	20	13	28	Molise	24	6	4.38
4	🔗	1910	06	07	02	04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
5	🔗	1913	10	04	18	26	Molise	205	7-8	5.35
4	🔗	1937	07	17	17	11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
3	🔗	1937	12	15	21	25	Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58
NF	🔗	1955	02	09	10	06	Gargano	31	6-7	5.05
5-6	🔗	1962	08	21	18	19	Irpinia	562	9	6.15
6	🔗	1980	11	23	18	34	5 Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	🔗	1988	04	26	00	53	4 Adriatico centrale	78		5.36
2-3	🔗	1989	03	11	21	05	Gargano	61	5	4.34
3-4	🔗	1990	05	05	07	21	2 Potentino	1375		5.77
NF	🔗	1991	05	26	12	25	5 Potentino	597	7	5.08
4-5	🔗	1995	09	30	10	14	3 Gargano	145	6	5.15
NF	🔗	1996	04	03	13	04	3 Irpinia	557	6	4.90
3	🔗	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
5-6	🔗	2002	10	31	10	32	5 Molise	51	7-8	5.74
6-7	🔗	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
NF	🔗	2003	01	27	04	03	4 Molise	60	5	3.84
3	🔗	2003	04	28	20	12	3 Molise	33	4-5	3.64
4	🔗	2003	06	01	15	45	1 Molise	501	5	4.44
4	🔗	2003	12	30	05	31	3 Molise	326	4-5	4.53
2	🔗	2005	03	01	05	41	3 Molise	136	4	3.68
NF	🔗	2006	05	29	02	20	0 Gargano	384		4.64
NF	🔗	2006	10	04	17	34	2 Adriatico centrale	98	4-5	4.30

c)

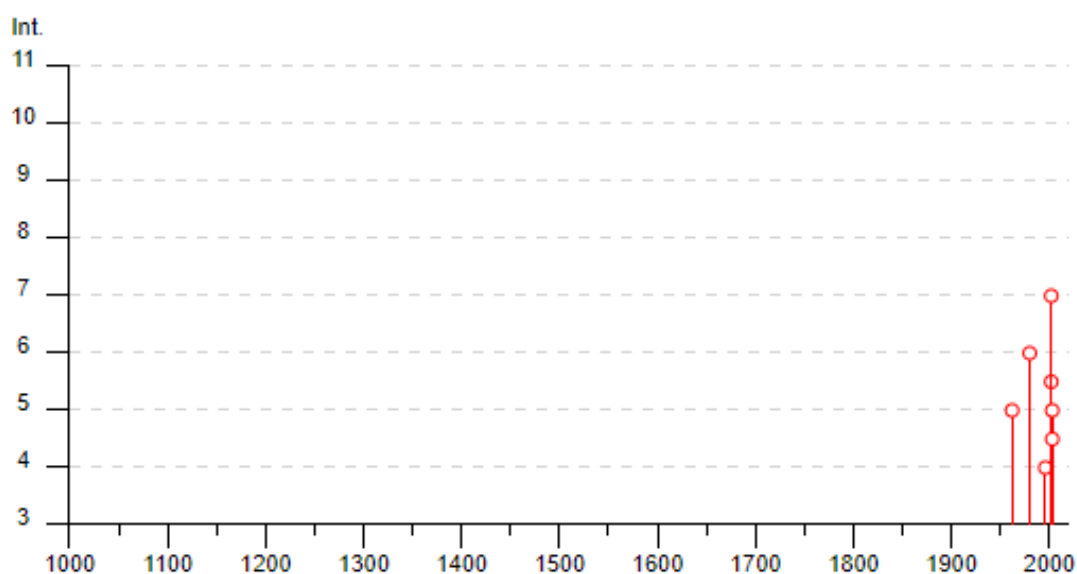
Place name	EQs	Distance (km)
Carlantino	9	4
San Marco la Catola	19	4
Macchia Valfortore	17	7
Gambatesa	32	8
Tufara	18	9
Pietracatella	6	9
Volturara Appula	28	9

Figura 14: – Storia sismica del comune di Celenza Valfortore (FG) estrapolata dal Database Macrosismico Italiano 2020 dell'INGV. Alcuni effetti non sono esprimibili tramite scala MCS per cui vengono utilizzati codici alternativi come: F = avvertito (felt) in caso in cui si ritenga di escludere che si siano verificati danni ($3 \leq IMCS \leq 5$); NF = non avvertito (not felt) in presenza di segnalazione esplicita è equiparabile a $IMCS = 1$. figure a), b) e c)

Carlantino

PlaceID	IT_62108
Coordinates (lat, lon)	41.594, 14.976
Municipality (ISTAT 2015)	Carlantino
Province	Foggia
Region	Puglia
No. of reported earthquakes	9

a)



b)

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
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	1996	11	10	23	23	1	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
NF	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
NF	2001	07	02	10	04	4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5-6	2002	10	31	10	32	5	Molise	51	7-8	5.74
7	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
5	2003	04	28	20	12	3	Molise	33	4-5	3.64
4-5	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44

c)

Place name	EQs	Distance (km)
CelENZA Valfortore	31	4
Macchia Valfortore	17	5
Colletorto	18	8
San Marco la Catola	19	8
Pietracatella	6	9
Sant'Elia a Pianisi	24	9

Figura 15: – Storia sismica del comune di Carlantino (FG) estrapolata dal Database Macrosismico Italiano 2020 dell'INGV. Alcuni effetti non sono esprimibili tramite scala MCS per cui vengono utilizzati codici alternativi come: F = avvertito (felt) in caso in cui si ritenga di escludere che si siano verificati danni ($3 \leq IMCS \leq 5$); NF = non avvertito (not felt) in presenza di segnalazione esplicita è equiparabile a $IMCS = 1$. figure a), b) e c)

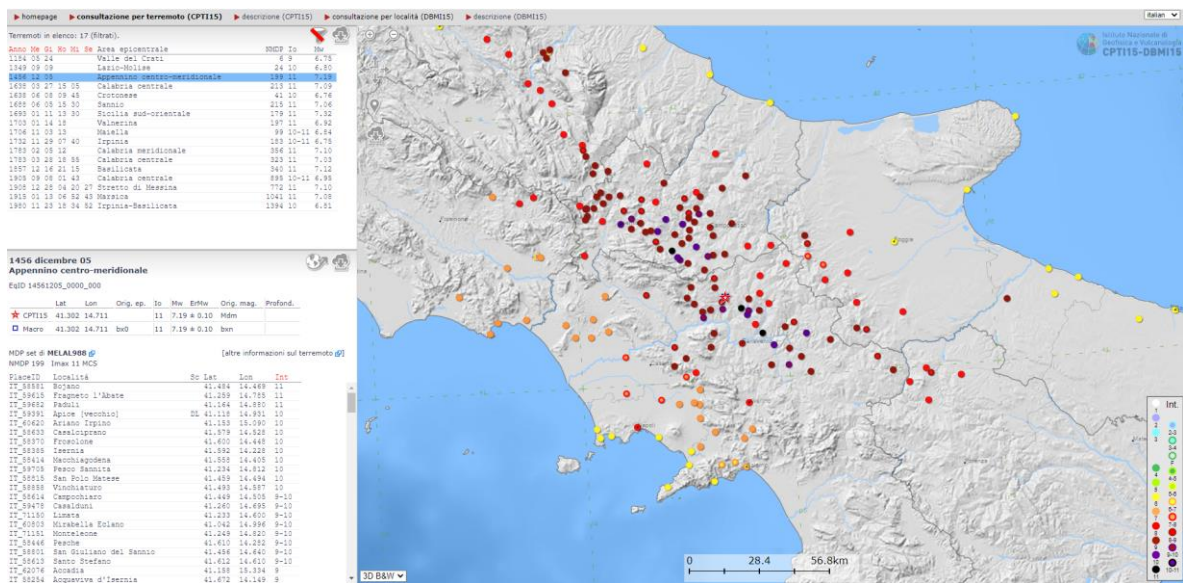


Figura 16: – Intensità registrate in seguito al sisma del 1456 dell'Appennino centro-meridionale estratta dal Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2020 (CPTI15) dell'INGV

Dal database INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia <http://cnt.rm.ingv.it/>) è stato possibile ricercare gli ultimi eventi sismici con magnitudo superiore a 3.5 avvenuti dal 1985 ad oggi entro un intorno di 30 km dal Comune di Celenza Valfortore e Carlantino (FG).

In particolare nel suddetto periodo si sono verificati n.41 eventi con una magnitudo variabile tra M=3.5 e M=5.4 di seguito ubicati ed elencati.

- Fuso Orario: Italia - Dal 1985-01-01 - Magnitudo maggiore di 3.5 - Punto: (41.5631, 14.9784) - Raggio: 30 km Personalizza Ricerca Mappa

Visualizzati terremoti da 1 a 30 del **41** trovati (Ordinamento Tempo Decrescente) Esporta lista (UTC) -

Data e Ora (Italia) ↓	Magnitudo ↓	Zona	Profondità ↓	Latitudine	Longitudine
2023-03-28 23:52:45	Mw 4.6	2 km N Montagano (CB)	25	41.66	14.67
2022-05-18 01:49:22	ML 3.7	2 km W Macchia Valfortore (CB)	27	41.60	14.89
2017-03-25 22:57:46	Mw 3.5	2 km SW San Marco la Catola (FG)	20	41.51	14.99
2016-08-09 21:52:53	Mw 3.5	3 km SW Larino (CB)	21	41.78	14.88
2016-03-03 06:01:17	ML 3.7	3 km E Ripabottoni (CB)	14	41.69	14.85
2014-12-24 12:40:10	Mw 4.0	2 km E Bonefro (CB)	18	41.71	14.96
2013-12-20 14:08:58	ML 3.8	1 km SW Ripabottoni (CB)	19	41.68	14.80
2011-09-17 15:41:44	ML 3.6	3 km S Morrone del Sannio (CB)	21	41.69	14.77
2007-10-19 01:25:45	Mw 3.8	1 km NE Ripabottoni (CB)	17	41.70	14.82
2003-12-30 06:31:38	Md 3.8	3 km NW Sant'Elia a Pianisi (CB)	5	41.64	14.85
2003-06-01 17:45:18	Md 4.1	3 km SE Ripabottoni (CB)	12	41.66	14.82
2003-05-02 05:53:06	Md 3.8	3 km NE Campolieto (CB)	6	41.65	14.79
2003-04-29 12:47:32	Md 3.5	2 km NW Carlantino (FG)	10	41.61	14.96
2003-02-19 06:52:31	Md 3.6	2 km NW Campolieto (CB)	5	41.66	14.75
2003-01-27 05:03:46	Md 3.5	1 km W Morrone del Sannio (CB)	5	41.71	14.77
2002-12-02 21:52:59	Md 3.8	5 km SE Ripabottoni (CB)	10	41.67	14.86
2002-11-12 14:46:08	Md 3.6	3 km NE Campolieto (CB)	10	41.66	14.79
2002-11-12 10:27:48	Md 4.2	1 km SW Ripabottoni (CB)	10	41.68	14.80
2002-11-06 00:10:41	Md 3.7	2 km N Bonefro (CB)	10	41.72	14.94
2002-11-04 04:49:27	Md 3.5	4 km W Casacalenda (CB)	10	41.76	14.81
2002-11-04 04:26:30	Md 4.1	3 km NW Providenti (CB)	10	41.74	14.80
2002-11-04 01:35:46	Md 4.2	4 km E Providenti (CB)	10	41.70	14.87
2002-11-03 00:59:10	Md 3.7	1 km SW Bonefro (CB)	10	41.69	14.93
2002-11-03 00:27:59	Md 3.9	5 km SW Bonefro (CB)	10	41.68	14.89
2002-11-02 18:20:36	Md 3.5	2 km W Providenti (CB)	10	41.73	14.80
2002-11-02 07:21:44	Md 3.8	1 km N Ripabottoni (CB)	10	41.70	14.80
2002-11-02 03:37:01	Md 3.8	3 km E Providenti (CB)	10	41.71	14.85
2002-11-01 23:44:00	Md 3.7	4 km W Casacalenda (CB)	10	41.75	14.81
2002-11-01 18:21:31	MLNET 4.2	4 km SE Casacalenda (CB)	10	41.71	14.88
2002-11-01 17:28:00	Md 3.6	3 km E Ripabottoni (CB)	10	41.69	14.85

Visualizzati terremoti da 31 a 41 dei **41** trovati (Ordinamento Tempo Decrescente)

Esporta lista (UTC) -

Data e Ora (Italia) ↓ ↑	Magnitudo ↓ ↑	Zona ↻	Profondità ↓ ↑	Latitudine	Longitudine
2002-11-01 16:19:53	MLNET 4.1	N Casacalenda (CB)	10	41.74	14.85
2002-11-01 16:09:02	MLNET 5.3	1 km E Provvidenti (CB)	10	41.72	14.84
2002-11-01 10:27:25	Md 3.5	3 km N Sant'Elia a Pianisi (CB)	10	41.65	14.88
2002-10-31 23:56:56	Md 3.5	4 km SW Bonefro (CB)	10	41.67	14.91
2002-10-31 22:33:15	Md 3.5	2 km W Bonefro (CB)	10	41.71	14.92
2002-10-31 17:56:43	Md 3.7	4 km SW Bonefro (CB)	10	41.68	14.89
2002-10-31 14:03:47	Md 3.7	4 km E Ripabottoni (CB)	10	41.69	14.85
2002-10-31 12:56:38	Md 3.5	1 km NE Bonefro (CB)	10	41.71	14.94
2002-10-31 11:33:00	MLNET 5.4	1 km SW Bonefro (CB)	10	41.70	14.93
2002-10-31 03:27:19	Md 3.5	W Bonefro (CB)	4	41.70	14.93
1996-11-11 00:23:10	Md 3.7	9 km SW San Paolo di Civitate (FG)	5	41.69	15.17

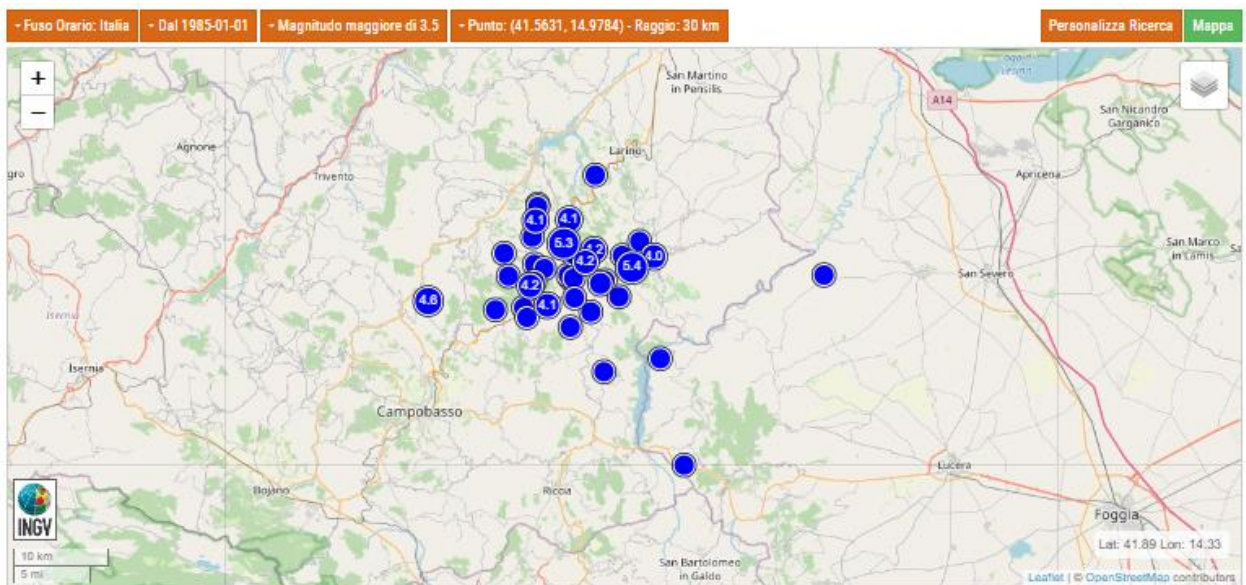


Figura 17: – Lista degli eventi di $M \leq 3,5$ avvenuti dal 1985 ad oggi entro un raggio di 30 km dal Comune di Celenza Valfortore e Carlintino (FG) da INGV.

7.2 STRUTTURE TETTONICHE ATTIVE

Sul database Ithaca dell'ISPRA (Catalogo delle Faglie capaci) sono riportate le strutture tettoniche attive in Italia, interessandosi in modo particolare alle faglie capaci - primarie, secondarie e ereditate riattivate - che tagliano la superficie e in alcuni casi riporta anche faglie sepolte ritenute capaci di produrre deformazione del suolo. Le faglie contenute in questo database potrebbero quindi rappresentare concettualmente l'espressione superficiale diretta o indiretta dell'attività delle sorgenti profonde sia in risposta della dislocazione sul piano di faglia principale profondo, sia in conseguenza della deformazione cosismica superficiale di altra natura (ad es. gravitativa). Questo database raccoglie quindi prevalentemente informazioni su faglie superficiali ed è uno strumento utilizzabile per le analisi di pericolosità ambientale e sismica, per la pianificazione territoriale e per la pianificazione degli interventi durante le emergenze di protezione civile.

Dal database Ithaca (figura sottostante) è riscontrabile come l'area oggetto di studio non ricade sulle faglie attive cartografate sul portale dell'ISPRA.



Figura 18: – Database Ithaca con individuazione delle strutture tettoniche attive in Italia (cerchio in rosso =area di studio <http://sgi.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

Mentre il database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) contiene le strutture primarie, quelle cioè che si prendono carico della maggior parte della deformazione tettonica e, muovendosi in profondità, causano i terremoti principali e il relativo scuotimento, caratterizzandole in termini di massima magnitudo potenziale e distanza sorgente-sito. A queste strutture primarie possono essere associate diverse strutture secondarie, che possono essere sede di sismicità minore durante le sequenze sismiche, e in alcuni casi possono arrivare a tagliare direttamente la superficie; queste tuttavia non sono riportate nel DISS se non per i casi di rotture di superficie associate a terremoti storici o recenti studiati con approccio paleosismologico.

Il catalogo parametrico DISS 3.3.0 rappresenta senza dubbio la base di dati parametrici più completa ed aggiornata che definisce le più importanti sorgenti e strutture sismogeniche presenti in Italia (DISS Working Group, 2021). Questo catalogo è stato scelto come base di riferimento per individuare i terremoti più importanti per l'area studiata.

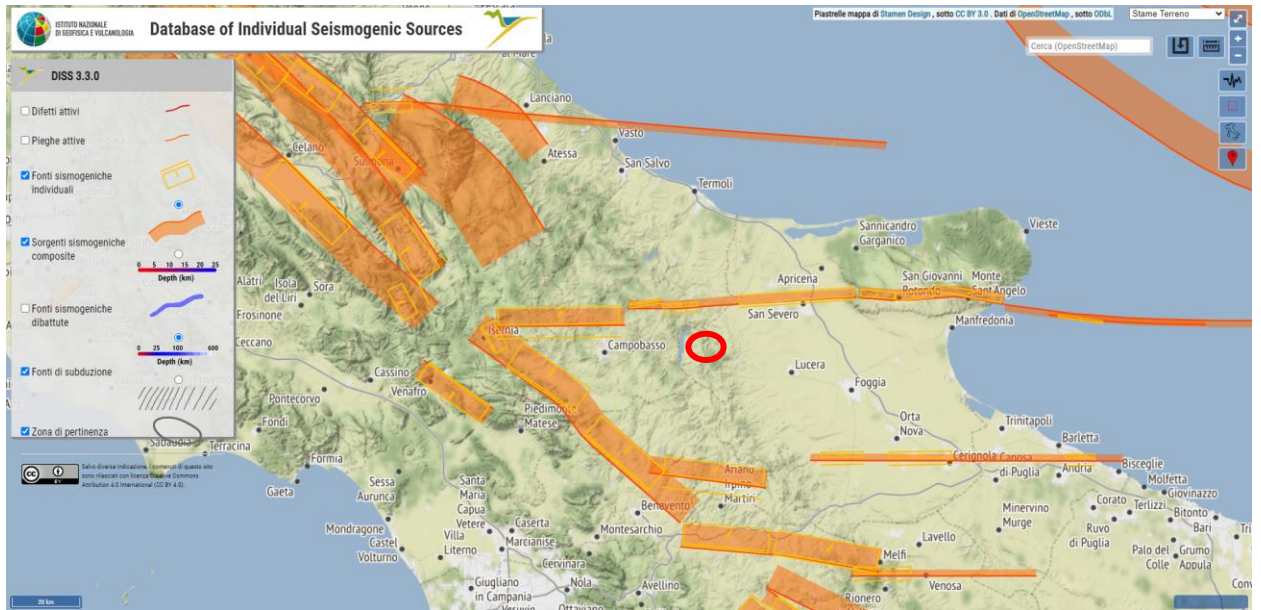


Figura 19: – Database DISS 3.3.0 ubicazione delle sorgenti sismogenetiche più vicine all'area di studio <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/> (cerchio in rosso).

La nuova zonazione sismogenetica ZS9 ha lo scopo di recepire le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 3.3.0 e altre faglie attive, oltre ad inserire dati relativi ai terremoti più importanti.



Figura 20: – Zonazione sismogenetica ZS9 con indicazione dell'area di studio (da <https://data.ingv.it/>)

Un'altra importante novità inserita nella ZS9 è l'introduzione dello strato sismogenetico che è stato definito convenzionalmente come l'intervallo di profondità che ha generato il 90% degli eventi che ricadono all'interno di ogni zona. I limiti superiore e inferiore dello strato sismogenetico sono individuati alle profondità che includono un numero di eventi cumulato pari rispettivamente al 5% e al 95% del totale. La profondità alla quale avviene la maggior parte degli eventi è stata identificata con la moda principale della distribuzione di frequenza degli eventi.

La classificazione sismica del territorio tiene conto non solo dell'ubicazione delle sorgenti sismiche, ma anche della propagazione dell'energia sismica con la distanza dalla sorgente e della eventuale amplificazione locale delle oscillazioni sismiche, prodotte dalle caratteristiche del terreno.

L'area dell'impianto ricade nell'areale sismogenetico 924, denominata Molise-Gargano appartenente all'Appennino Meridionale e Avampaese Apulo, meccanismo della faglia di tipo trascorrente con una magnitudo massima di 6,83.

7.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

E' noto come l'azione sismica sulle costruzioni sia generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica, che va verificata e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

Già nell'Ordinanza PCM 3274 2003 "Mappa delle zone sismiche" il dipartimento della protezione civile ha redatto la mappa delle zone sismiche d'Italia. Sul sito della protezione civile è pubblicato l'aggiornamento della classificazione sismica a livello nazionale (dicembre 2022).

I comuni di Celenza Valfortore e Carlantino (FG) ricadono in una zona a rischio sismico 2. E' con livello di pericolosa medio.

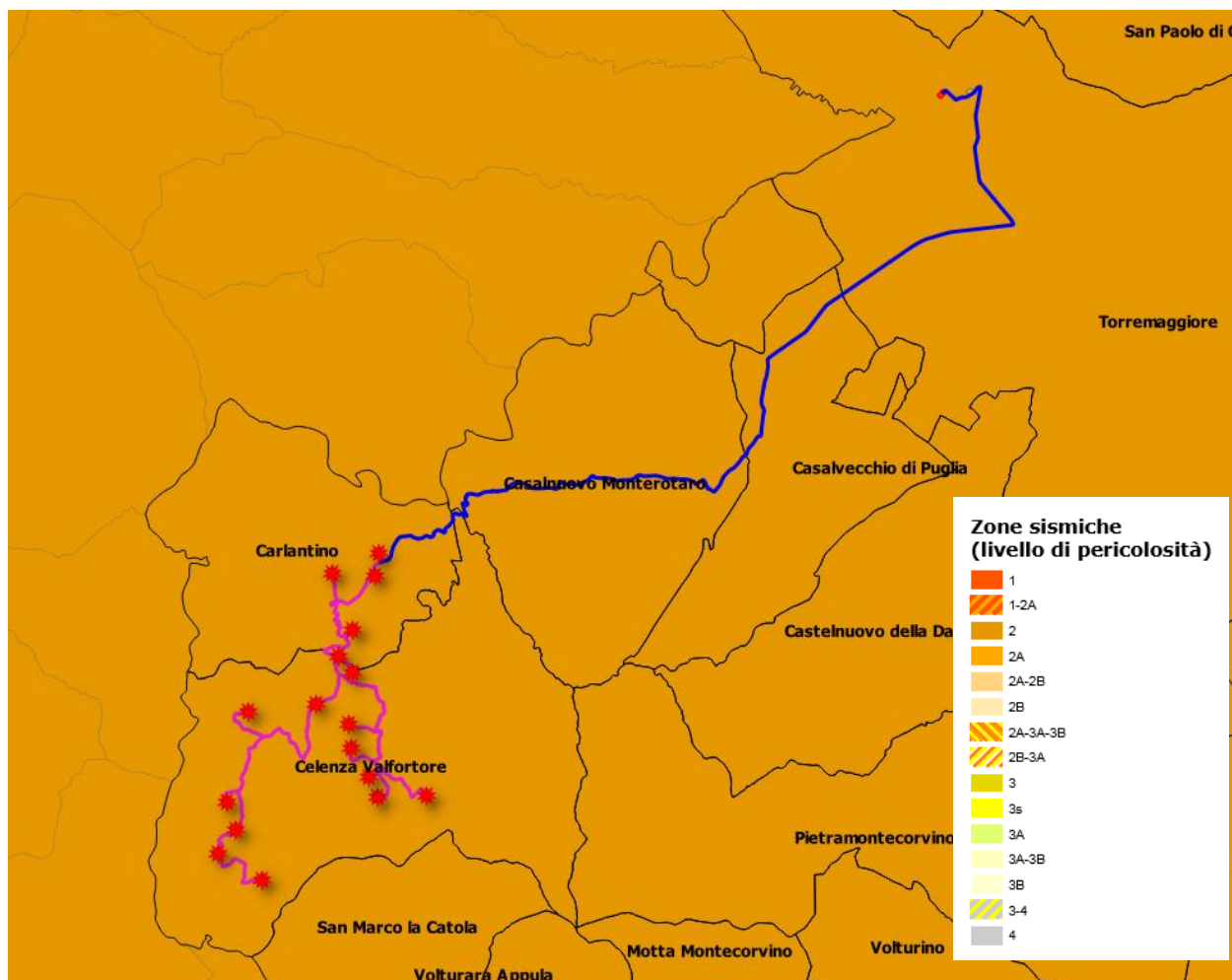


Figura 21: –Stralcio della classificazione sismica aprile 2023

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un’analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro.

Già con il D.M. 14/01/2008 era stato introdotto una nuova modalità di valutazione dell’intensità dell’azione sismica da tener conto nella fase di progettazione dei fabbricati, basata non più su una mappa sismica “classica” suddivisa in categorie o zone, bensì su un reticolo di riferimento. La grande novità consiste nel non avere più delle aree perfettamente confinate; il nuovo sistema di mappatura suddivide infatti l’intero territorio nazionale in riquadri, in cui a ciascun vertice è attribuito un valore di accelerazione sismica ag prevista sul suolo, definita come parametro dello scuotimento, che insieme ai coefficienti S_s ed S_t (stratigrafici e topografici) diventano utili come riferimento per la valutazione dell’effetto sismico da applicare all’opera di progetto, secondo le procedure indicate nello stesso Decreto Ministeriale.

Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica di base vengono forniti dall’INGV (<http://esse1.mi.ingv.it/>) e pubblicati su attraverso le

coordinate geografiche del sito. Questi range di valori di ag non tengono conto dell'amplificazione sismica locale (topografiche e stratigrafiche).

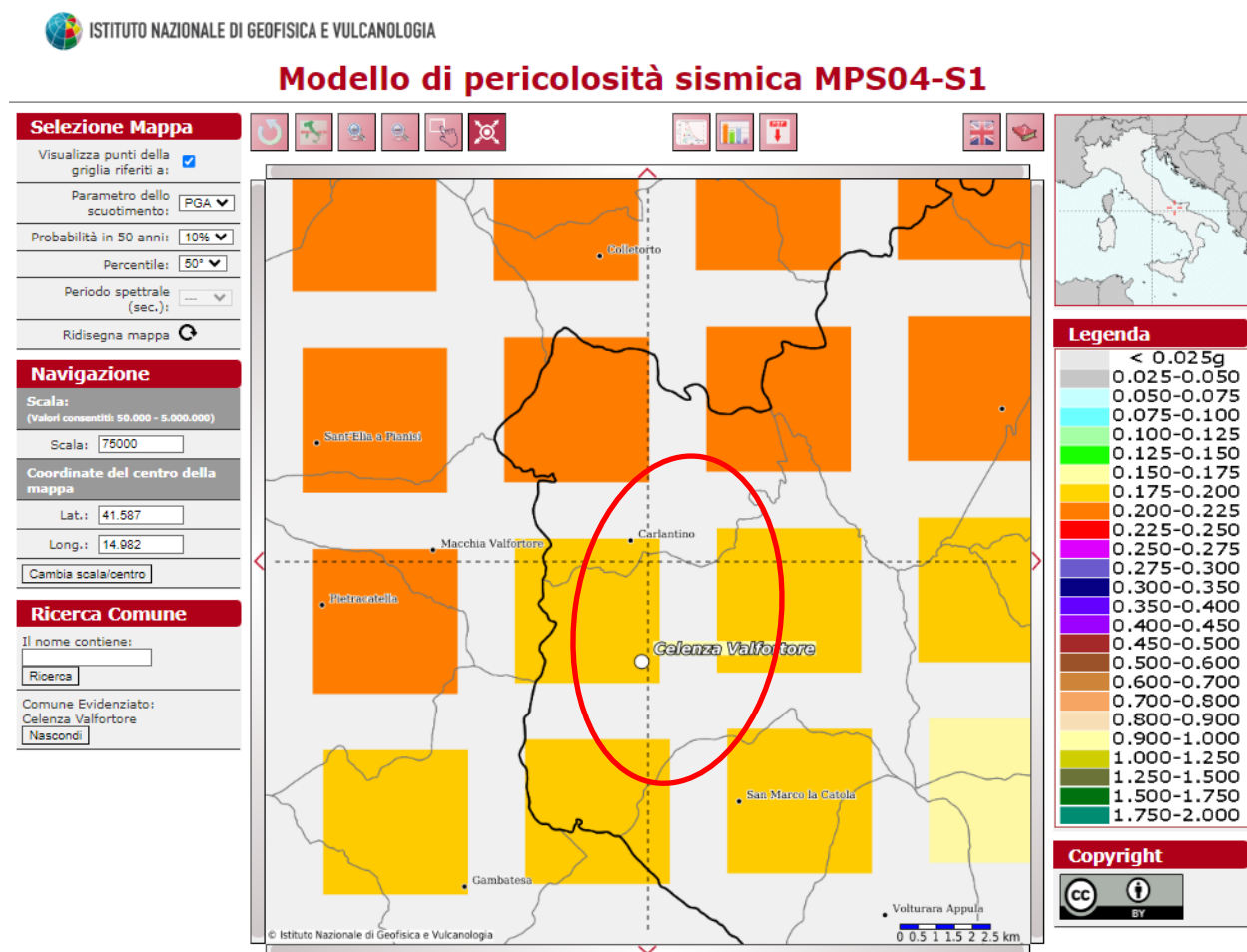


Figura 22: - Mappa dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($Vs30 > 800m/s$ Cat. A).

In particolare, il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opdm n. 3519 del 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g) (pericolosità di base), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per quanto riguarda l'accelerazione sismica di riferimento dell'area ricade, nel punto del reticolo di riferimento definito da longitudine 14.982 e latitudine 41.587, nella maglia elementare l'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (pericolosità di base), nel range di valori compresi tra 0,175 e 0,225 (a_g/g).

Per la stima dell'accelerazione massima del sito (pericolosità locale), è necessario considerare oltre alla pericolosità di base anche i fattori di amplificazione locale del terreno (topografica e stratigrafica).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio Civile, ecc).

7.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Con Decreto del 17 Gennaio del 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Martedì 20 Febbraio, sono state aggiornate le Norme Tecniche per le Costruzioni.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel capitolo 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al capitolo 6.2.2.

Nello specifico il recente D.M. del 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni pubblicate sul supplemento ordinario della G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018) propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante cinque tipologie di suoli: A –B –C – D –E, eliminando gli ulteriori due speciali S1 e S2 presenti nelle precedenti NTC del 2008.

In particolare le cinque tipologie dei suoli sono così definite (Tab. 3.2.II):

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>

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

Con h_i = spessore in metri dello strato i -esimo

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

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato 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_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Dalla consultazione dei dati ricavati dalle indagini effettuate in sito, si sono ottenuti i valori di $V_{s,eq}$ corrispondenti alla categoria di suolo B in corrispondenza della SIS1, mentre tutte le altre indagini rilevano una categoria di suolo C.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per quelle complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Per ciò che concerne l'area in studio, è caratterizzata da una zona poco acclive con valori di inclinazione media \leq di 15° . Pertanto, il coefficiente topografico da adottare è quello relativo alla categoria T1.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di

riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" R V P.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

Da un punto di vista cautelativo, la caratterizzazione sismica del sottosuolo nell'area dell'impianto può essere approssimata ad una categoria di suolo C.

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

Ag accelerazione orizzontale massima al sito;

Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

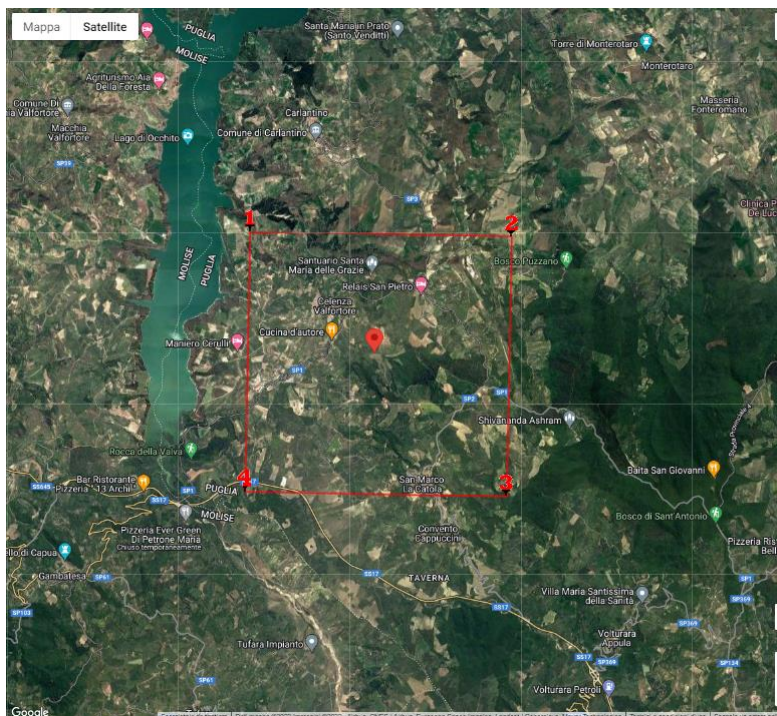
Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Di seguito sono forniti i valori di **ag Fo e Tc*** nonché lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali ed orizzontali, necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Ai fini della progettazione, il valore di accelerazione massima al suolo si ricava dalla maglia di riferimento per il calcolo dei parametri sismici (es. GEOSTRU parametri sismici).

Parametri sismici

Reticolo 1 (Celenza Valfortore)



Siti di riferimento ED 50

Sito 1ID: 29881Lat: 41,5756Lon: 14,9607Distanza: 2894,660

Sito 2ID: 29882Lat: 41,5747Lon: 15,0275Distanza: 4750,559

Sito 3ID: 30104Lat: 41,5247Lon: 15,0263Distanza: 5096,486

Sito 4ID: 30103Lat: 41,5256Lon: 14,9595Distanza: 3434,578

Coordinate Punto WGS84: **lat: 41.552132 long: 14.977383**

Litologia prevalente: **Argille, argille siltose, molasse e arenarie**

Classe d'uso edificio: **4**

Coefficiente d'uso: **2**

Vita Nominale: **50 anni**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: **100 anni**

Categoria di Sottosuolo: **C**

Tabella 8.1: Parametri sismici di GeoStru

	Probab. Sup. (%)	TR (anni)	ag (g)	F0	Tc* (s)
SLO	81	60	0.079	2.461	0.320
SLD	63	101	0.100	2.527	0.330
SLV	10	949	0.244	2.491	0.382
SLC	5	1950	0.314	2.475	0.394

Tabella 8.2: Coefficienti sismici di GeoStru

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
SLO	1.500	1.530	1.000	0.024	0.012	1.157	0.200
SLD	1.500	1.510	1.000	0.030	0.015	1.467	0.200
SLV	1.330	1.440	1.000	0.091	0.045	3.187	0.2800
SLC	1.230	1.430	1.000	0.108	0.054	3.784	0.280

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

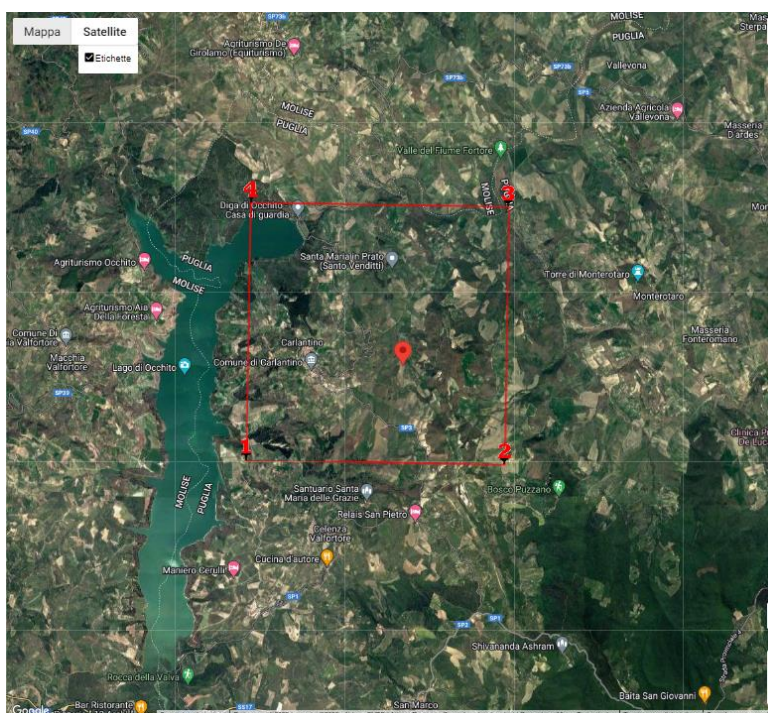
$$agmax = Ss * St * ag$$

$$Ss = 1,330 \quad St = 1,000 \quad ag = 0,244$$

$$agmax = 0,324$$

con **Kh= 0,0106** (coeff. azione sismica orizzontale) **Kv=0,053** (coeff. azione sismica verticale)

Reticolo 2 (Carlantino)



Siti di riferimento ED 50

Sito 1ID: 29881Lat: 41,5756Lon: 14,9607Distanza: 3670,107

Sito 2ID: 29882Lat: 41,5747Lon: 15,0275Distanza: 3152,794

Sito 3ID: 29660Lat: 41,6247Lon: 15,0287Distanza: 4353,240

Sito 4ID: 29659Lat: 41,6256Lon: 14,9618Distanza: 4745,295

Coordinate Punto WGS84: **lat: 41.591814 long: 14.997467**

Litologia prevalente: **Argille e marne con limo appartenente ai terreni della Formazione della Daunia**

Classe d'uso edificio: **4**

Coefficiente d'uso: **2**

Vita Nominale: **50 anni**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: **100 anni**

Categoria di Sottosuolo: **C**

Tabella 8.3: Parametri sismici di GeoStru

	Probab. Sup. (%)	TR (anni)	ag (g)	F0	Tc* (s)
SLO	81	60	0.082	2.478	0.310
SLD	63	101	0.104	2.511	0.324
SLV	10	949	0.260	2.476	0.360
SLC	5	1950	0.335	2.459	0.371

Tabella 8.4: Coefficienti sismici di GeoStru

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
SLO	1.500	1.550	1.000	0.025	0.012	1.203	0.200
SLD	1.500	1.520	1.000	0.038	0.019	1.535	0.240
SLV	1.310	1.470	1.000	0.095	0.048	3.341	0.280
SLC	1.210	1.460	1.000	0.114	0.057	3.979	0.280

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$agmax = Ss * St * ag$$

$$Ss = 1,310 \quad St = 1,000 \quad ag = 0,260$$

$$agmax = 0,340$$

con **Kh= 0,095** (coeff. azione sismica orizzontale) **Kv=0,048** (coeff. azione sismica verticale)

8. CONCLUSIONI

L'analisi delle tematiche geologiche, sismico-geotecniche per la realizzazione del parco eolico, ha permesso di definire un modello geologico del terreno di studio.

Sulla base del rilievo geolitologico l'area di studio ricade su depositi della Form. della Daunia (Argille e marne con limo) e su Argille, argille siltose, molasse e arenarie.

Dalle risultanze ottenute sulla base degli elementi a disposizione si evince che dal punto di vista geomorfologico e geotecnico, in prospettiva sismica ed in relazioni alle condizioni globali dei terreni, si conferma la fattibilità geologica delle opere in progetto.

La caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni è stata ricostruita dalle indagini geofisiche effettuate e da studi geologici acquisiti e dati bibliografici per una valutazione preliminare ai fini progettuali dell'opera.

Ovviamente, il carattere preliminare del seguente lavoro richiederà una campagna di indagini dirette ed indirette puntuali e di dettaglio, da programmare ed effettuare nelle successive fasi di progettazione.

Da un punto di vista cautelativo, dalle indagini sismiche effettuate in sito, ed in attesa di ulteriori indagini sismiche da effettuare in corrispondenza di ogni singolo aerogeneratore, la caratterizzazione sismica del sottosuolo nell'area dell'impianto può essere approssimata ad una categoria di suolo C.

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>
---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Per la tipologia di opera in esame, il valore di A_{gmax} (accelerazione massima attesa al sito) varia da $A_{gmax} = 0.324-340$ g, attribuendo una classe di edificio IV "Funzioni pubbliche o strategiche importanti" (come Impianti di produzione di energia elettrica) con coeff. d'uso=2 attribuendo la costruzione con livelli di prestazioni ordinari con vita nominale =50 anni (Tabella 2.4.II "Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018 – NTC).

I comuni di Celenza Valfortore e Carlantino (FG) ricadono in una zona a rischio sismico 2. "Livello di pericolosità medio".

Per tutto quanto in dettaglio si fa espresso rimando ai paragrafi precedenti.


IL GEOLOGO
Dott. Lucia Santopietro