



PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Serra Brizzolina" di potenza nominale pari a 47.6 MW

Titolo elaborato

A.2 Relazione Geologica

Codice elaborato

F0533DR01A

Scala

-:-----

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Flavio TRIANI
Nicola DEMA
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Arch. Gaia TELESCA
Ing. jr Daniele GERARDI
Dott. For. Francesco NIGRO
Dott. Geol. Maurizio GIACOMINO

Consulenze specialistiche

Committente

APOLLO Wind srl

Via della Stazione 7 39100
Bolzano (Bz)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Giugno 2023	Prima emissione	GIACOMINO	LZU	GDS

File sorgente: Mascherine delle tavole_F0533.dwg

INDICE

1	PREMESSA	2
2	PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO	4
3	TIPOLOGIE GEOLOGICHE STRUTTURALI	5
3.1	GEOLOGIA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO	8
4	TETTONICA	10
5	GEOMORFOLOGIA	12
6	IDROGEOLOGIA ED IDROLOGIA	13
7	CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	23
7.1	SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO	24
7.2	Analisi Geotecniche di Laboratorio	24
7.3	SISMICA IN FORO _ DOWN-hole	25
7.3.1	Acquisizione ed Interpretazione dei Dati	26
7.3.2	Prospezione in Foro Down-hole S2-DH	27
7.4	SISMICA A RIFRAZIONE - MASW	30
7.4.1	- Stendimento Sismico MASW01	30
7.4.2	Stendimento Sismico MASW02	33
7.4.3	Stendimento Sismico MASW03	35
7.4.4	Classificazione del Sottosuolo di Fondazione	37
8	CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA	39
8.1	RISPOSTA SISMICA LOCALE	39
8.2	LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	54
9	CONSIDERAZIONI SUI TERRENI DI FONDAZIONE	58
9.1	PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	58
10	ANALISI DI STABILITA' DI VERSANTE	60
11	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	61

1 PREMESSA

Su incarico conferitomi dalla Società F4 Ingegneria Srl, è stata condotta una Campagna di Indagine Geognostica, al fine di accertare le condizioni geologiche, morfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dei terreni presenti a nord-est dell'abitato di Matera in località "Serra Brizzolina", dove si intende realizzare un parco eolico composto da n. 7 torri con annesse piste e piazzole di stoccaggio.

L'esame delle caratteristiche sopra descritte, permette di esprimere una serie di considerazioni sui terreni di sedime interessati dalla costruzione degli aerogeneratori in modo da valutare il loro comportamento in relazione con le strutture di fondazione e alle condizioni geologica, geomorfologica ed idrogeologica dei terreni di circostanti interessati dalla realizzazione temporanea delle piazzole di stoccaggio.

L'acquisizione dei dati tiene conto della vigente normativa tecnica, quale: il D.M. 11.03.1988, la L.R. n.38 del 06/08/1997, la L.R. 23/99 sulla tutela, governo e uso del territorio, la L.R. 9/2011 sulla caratterizzazione sismica dei terreni e il D.M. 17 gennaio 2018 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), inoltre, rispetta le norme del Distretto Idrografico dell'appennino meridionale UoM della Basilicata riguardanti le Aree a Rischio Idrogeologico.

L'area di interesse del parco eolico in progetto ricade nell'area pianeggiante compresa tra la valle del Pantano di Iesce e C.da Masseria Viglione zona di confine tra i Comuni di Matera, Santeramo e Laterza dove affiorano terreni di sedimentazione continentale sovrapposti ai terreni argillosi limose delle Argille Subappennine.

L'indagine geognostica completa è consistita in rilievi geologici e geomorfologici di superficie, in indagini geognostiche in sito e nella verifica della pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area.

I parametri fisico meccanici dei terreni interessati dalle strutture in progetto sono stati ottenuti dalle indagini dirette ed indirette eseguite nell'area, quali:

- n. 2 Sondaggi Meccanici a carotaggio continuo della profondità di 20 mt dal p.c., con prelievo di campioni indisturbati sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio;
- n. 1 Sondaggio Meccanico a carotaggio continuo della profondità di 30 mt dal p.c. con prelievo di campioni indisturbati sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio e opportunamente attrezzato per l'esecuzione di prove sismiche tipo Down-Hole;
- n. 1 Prova Down-Hole
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti con tecnica MASW;

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nell'Allegato T01. - Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche, mentre, l'intero lavoro si compone dei seguenti elaborati descrittivi e cartografici:

- A.2 - Relazione Geologica
- A3 – Report di Fine Campagna Geognostica
- T01 – Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche Scala 1:2.000
- T02 - Carta Geologica Scala 1:2.000
- T03 – Carta Geomorfologica Scala 1:2.000
- T04 - Carta Idrogeologica Scala 1:2.000
- T05 – Profili Geologici Scala 1:1.000
- T06 – Carta della Microzonazione Sismica Scala 1:2.000
- T07 – Carta di Sintesi finale della Criticità e Pericolosità Geologica e Geomorf. Scala 1:2.000

2 PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale riporta nel Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto dalle UoM della Basilicata e parzialmente anche quello della Puglia, riportano nel Comune di Matera molte aree a Rischio Idrogeologico determinate dalla presenza di movimenti franosi lungo le sponde argillose sabbiose della valle del Torrente "Gravina di Matera" e aree a vincolo Idrogeologico per inondazione determinate dalla perimetrazione di fasce fluviali di rispetto determinate da piene con tempi di ritorno $T= 30$ anni. $T= 200$ anni e $T= 500$ anni.

Il parco eolico in progetto ricade a cavallo del limite delle UoM della Puglia e Basilicata, infatti, gli aerogeneratori T01 e T02 ricadono in quella della Puglia, mentre i restanti ricadono nella competenza della UoM della Basilicata.

Dall'esame delle due Carte del Rischio, si evince che le zone interessate dall'ubicazione degli aerogeneratori dalle piste e piazzole di stoccaggio non ricadono in zone vincolate per Rischio Idrogeologico Rischio Inondazione, né in aree pericolose per la presenza di movimenti franosi.

3 TIPOLOGIE GEOLOGICHE STRUTTURALI

La configurazione geologica della Basilicata è il risultato di imponenti deformazioni tettoniche che hanno determinato accavallamenti e traslazioni di masse rocciose e terrigene, anche di notevoli proporzioni, da Ovest verso Est, verso l'Avanpaese Apulo.

L'azione di tali forze orogeniche riflette l'attuale assetto geologico strutturale rilevabile in superficie e, ad esse, sono da imputare la complessità dei rapporti geometrici tra le diverse unità litostratigrafiche.

A grande scala la regione può essere inquadrata, dal punto di vista geologico strutturale, nell'ambito del sistema orogenico appenninico, riconoscibile nel settore dell'Italia meridionale che

si estende dal margine tirrenico a quello adriatico.

I tre domini del sistema orogenico sono: la Catena rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano, l'Avanfossa rappresentata dall'Avanfossa Adriatica e l'Avampaese rappresentata dalla regione Apulo-Garganica

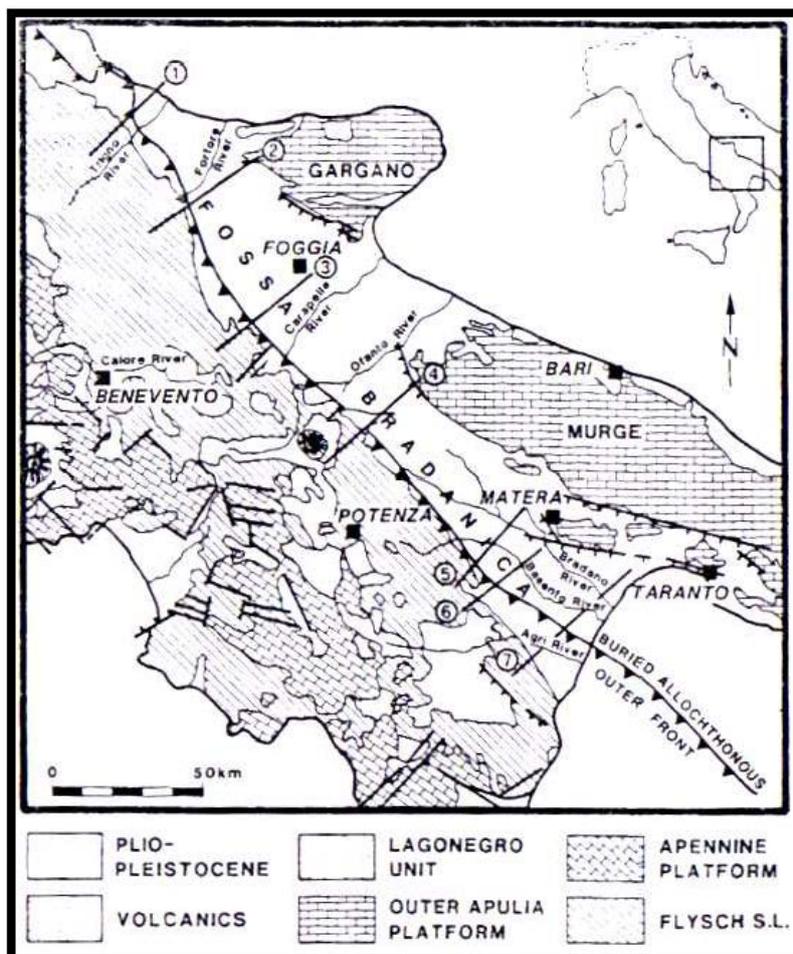


Fig. 1 - Unità strutturali principali del settore dell'Italia meridionale che si estende dal Tirreno all'Adriatico

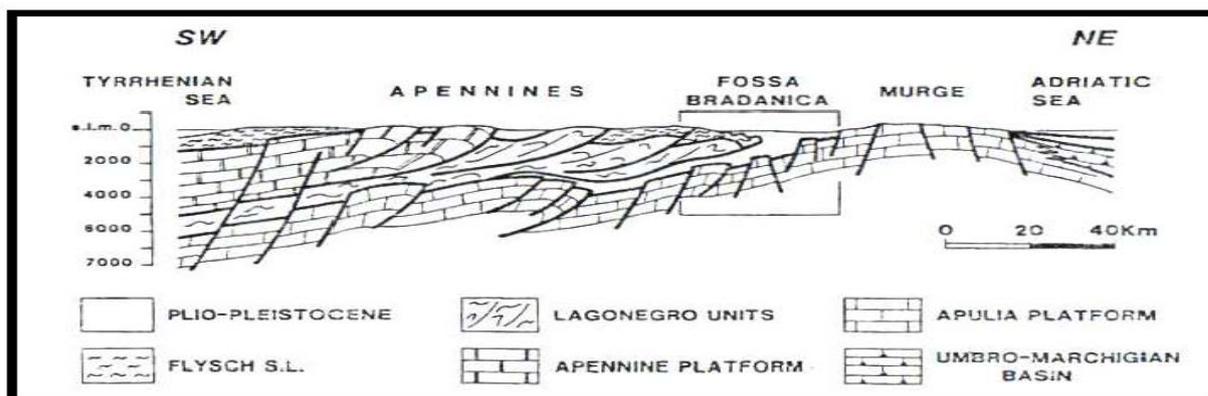


Fig. 2 - Sezione verticale del sistema Catena-Avanfossa-Avanpaese dell'Appennino Meridionale

Le caratteristiche geologiche, morfologiche e tettoniche attuali della regione, possono essere quindi interpretate come il risultato complessivo degli sconvolgimenti tettonici, che a più riprese, ma soprattutto nella fase miocenica/pleistocenica dell'orogenesi appenninica, hanno interessato le unità geologiche preesistenti, e della continua evoluzione paleogeografia che i tre domini del sistema orogenico appenninico, risultanti da tali sconvolgimenti, hanno subito nel tempo.

I modelli evolutivi proposti dai diversi autori, si presentano diversi tra loro nel fornire una spiegazione delle diverse fasi della genesi appenninica, è comunque ormai comunemente accettato che il sistema orogenico appenninico si sia formato a partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore, dal progressivo accavallamento da ovest verso est, dovuto a compressione, di unità stratigrafico-strutturali mesozoico-paleogeniche e di unità sinorogeniche di Avanfossa.

I terreni affioranti nelle aree racchiuse nello stralcio del Foglio n.188 "Gravina in Puglia" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 sono attribuibili al ciclo deposizionale plio-pleistocenico noto in letteratura come Ciclo di sedimentazione dell'Avanfossa Bradanica, serie trasgressiva e regressiva sui Calcari Cretacei di Altamura e sul Flysch della Catena Appenninica.

L'Avanfossa Bradanica è un elemento strutturale situato tra le Murge e gli Appennini; più precisamente per Avanfossa Bradanica s'intende il tratto di Avanfossa plio-quadernaria a sud del Fiume Ofanto mentre quello a nord è denominato Avanfossa Periadriatica.

I lati della serie di sedimentazione murgiano e appenninico differiscono solo per i termini di apertura: sul primo troviamo le Calcareniti di Gravina in discordanza angolare sui calcari cretacei di Altamura, con una notevole corrispondenza tra litologia e morfologia; sul secondo vi sono il Sabbione di Garaguso e i Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano, due formazioni del tutto analoghe, anche se in letteratura sono riportate con nomi differenti. Poiché il territorio di Banzi ricade nella zona sud-occidentale del foglio n.188, zona più prossima all'appennino, allora il termine di apertura della serie sedimentaria della fossa Bradanica è costituito dai Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano.

La formazione dei **Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano** è costituita essenzialmente da conglomerati poligenici che presentano caratteri di deposito litorale-neritico (di spiaggia), sono presenti difatti strutture come clinostratificazioni e stratificazione incrociata, nonché macrofauna tipica di tale ambiente. Data la presenza di Pectinidi, Ostreidi e Lamellibranchi la datazione è fatta risalire alla parte più alta del Pliocene. Questi depositi poggiano in trasgressione sui terreni in facies di flysch della catena appenninica e passano in alto in continuità alle Argille Subappennine.

Le **Argille Subappennine** costituiscono la gran parte del riempimento dell'Avanfossa Bradanica, esse sono di colore grigio-azzurre, costituite da quasi tutti i minerali argillosi, ricche in microforaminiferi, con rapporto bentos/plancton elevato indicativo di un ambiente di sedimentazione di piattaforma continentale, dove giungevano abbondanti apporti clastici molto fini. L'età è riferibile al Pleistocene Inferiore.

In continuità di sedimentazioni con le Argille Subappennine troviamo le **Sabbie di Monte Marano** formazione clastica sabbiosa silicatico-calcareo calcareo-silicatica con strutture sedimentarie come lamine incrociate bioturbazioni, lenti di ghiaia indicative di ambiente marino-litorale. Le scarse faune

permettono di datarla Pleistocene inferiore. Il passaggio da argille a sabbie indica l'evoluzione da ambiente di piattaforma a nefritico-litorale.

Le Sabbie di Monte Marano passano poi gradualmente al **Conglomerato d'Irsina** che presenta anch'esso le caratteristiche di deposito litorale nefritico per gran parte del suo spessore e continentale nella parte più alta. La parte marina è stata evidenziata grazie alla presenza nelle lenti sabbiose di faune marine, oltre che dalla stratificazione incrociata, mentre quella continentale dalla colorazione della matrice che da gialla passa a rossastra (ossidi di ferro). L'origine appenninica del conglomerato è messa in evidenza dal fatto che esso è poligenico. Alcuni dei ciottoli sono addirittura policiclici, di fatto il grado di arrotondamento e alterazione varia. Vi sono elementi pliocenici derivanti da conglomerati del Miocene i quali in alcuni casi derivano a loro volta da conglomerati cretacei. Anche il Conglomerato d'Irsina, per la sua posizione stratigrafica, è databile al Pleistocene inferiore, in esso infatti mancano i minerali vulcanici presenti invece nei depositi marini terrazzati del Pleistocene medio. Datazioni assolute del monte Vulture hanno dato risultati di 7/800.000 anni fa, proprio al passaggio tra Pleistocene inferiore e medio.

3.1 GEOLOGIA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

Nell'area oggetto di studio e nelle zone limitrofe, come riportato nella Carta Geologica in scala 1:2.000 (All. T02), affiorano, dal basso verso l'alto in ordine stratigrafico i seguenti litotipi:

Argille Subappennine (Argille di gravina o argille grigio-azzurre): Argille più o meno siltose o sabbiose di colore grigio-azzurro con fossili marini. Fanno seguito in concordanza di sedimentazione e a luoghi in eteropia di facies alle Calcareniti di Gravina sul lato murgiano e con i Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano sul lato appenninico.

❖ **Sabbie di Monte Marano:** Sabbia limosa debolmente argillosa di colore giallastro a luoghi rossastra a granulometria medio fine, intercalati ad essa ci sono: livelli sparsi di arenaria con spessori

da centimetraci a decimetrici di colore dal grigiastro al giallastro; lenti ciottolose e conglomeratiche con spessori da decimetrici a metrici, i cui ciottoli si presentano di medie e grandi dimensioni, eterogenei, da sub-arrotondati ad appiattiti; livelli limoso-sabbiosi e infine, frequenti straterelli di calcare polverulento e concrezioni calcaree che si presentano nel complesso nodulari.

❖ Conglomerato marino moderatamente litificato con ciottoli eterogenei, di medie dimensioni da appiattiti a sub-arrotondati immersi in matrice sabbioso-limosa di colore giallo marroncino. I ciottoli appiattiti si presentano iso-orientati evidenziando una stratificazione inclinata con immersione SE SSE. All'interno sono presenti lenti di arenaria sub-orizzontali, con spessori decimetrici e lenti di sabbia debolmente limose con spessori da decimetrici a metrici e che localmente superano i 2 metri. Tali sedimenti possiamo riferirli alla Formazione Geologica nota in letteratura come **Conglomerato d'Irsina**. Alla base della formazione conglomeratica nella zona, soprattutto ad est di Grottole, affiorano delle sabbie fini quarzoso-micacee di colore bruno o rossastre con lenti conglomeratiche (**Sabbie della Staturo**)

❖ Depositi continentali presenti nell'ampia valle del Fiume Basento e lungo le sponde della stessa sono composti da: depositi fluvio-lacustri, e depositi fluviali terrazzati:

-I depositi alluvionali attuali e recenti composti da terreni sabbiosi ghiaiosi debolmente limosi:

-I depositi eluviali e colluviali, composti da depositi sabbioso-limosi, e limoso-argillosi;

-Depositi Terrazzati di ambiente fluvio-lacustri prevalentemente siltosi con lenti di sabbie e ciottoli.

4 TETTONICA

I sollevamenti tettonici che hanno interessato l'Avanfossa Bradanica sono iniziati alla fine del Pleistocene inferiore e proseguiti fino ai giorni nostri; gli elementi che permettono di determinarlo sono due: il primo è che il Conglomerato d'Irsina si è depositato nel Pleistocene inferiore (assenza in esso dei prodotti vulcanici del Vulture, 700000 anni fa), quindi la sedimentazione nella gran parte dell'Avanfossa Bradanica si è conclusa proprio allora; il secondo elemento è la presenza di una serie di faglie inverse associate anche a pieghe che pongono a contatto terreni della catena Appenninica con quelli della Fossa Bradanica. Si tratta di faglie compressive che hanno generato un piccolo raccorciamento associato ad un sollevamento; queste faglie sono un indizio dell'ultima fase compressiva avutasi al margine esterno della catena appenninica. Sono comunque faglie che non interessano mai i depositi marini terrazzati del litorale ionico, permettendo la datazione delle stesse al Pleistocene inferiore.

Tra i vari sollevamenti che hanno interessato l'Avanfossa Bradanica quello della zona di Palazzo S.G. assume un'importanza particolare, in quanto ha determinato l'interruzione del corso dell'attuale torrente Basentello provocando la formazione di un lago (Lago di "Venosa-Matinelle"), poi prosciugatosi per cattura da parte del Torrente Olivento.

I Fiumi mediani come il Bradano e il Basento, sempre interessanti dalla spinta del fronte appenninico e dal sollevamento regionale poc'anzi menzionato, hanno cambiato il loro corso e hanno catturato vari torrenti del lato murgiano, provocando la creazione di ampie valli che in corrispondenza dei terreni argilloso, sabbiosi e conglomeratici della Fossa Bradanica assumono un fondo molto ampio e di forma piatta.

Soprattutto il Torrente Basentello e anche il Torrente Gravina di Matera presentano una direzione convergente verso l'alveo del Fiume Bradano. Tale convergenza sotto la spinta

dell'appennino che sovrascorse al di sopra della piattaforma Apula ha portato alla formazione dei meandri incassati del Horst Calcareao di Matera.

5 GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto di studio comprende la parte sinistra idrografica della valle del Torrente "Pantano di Iesce" in località "Matine" nel territorio del Comune di Matera, dove si estende una piana con blandi collinette che dallo scalone dell'ammasso calcareo delle Murge si estende con una impercettibile pendenza verso l'Horst Calcareo di Matera.

Come evidenziato nell'elaborato T03 "Carta Geomorfologica" nell'area di sedime del parco eolico in progetto non sono presenti strutture morfologiche particolari che possono interessare la stabilità dei terreni, ma il paesaggio risulta monotono per tutta l'area del parco con lievi pendenze dei versanti verso i fossi e blande collinette arrotondate o a sommità piatta.

A poca distanza in direzione sud dalla torre T07 (circa 800 m) vi è la cava in argille della Italcementi dove la Società coltiva la formazione delle Argille subappennine che utilizza nel ciclo produttivo dei cementi. In tale sito è possibile verificare la profondità e la continuità stratigrafica della formazione che costituisce il substrato dell'intera area del parco in progetto.

6 IDROGEOLOGIA ED IDROLOGIA

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale, e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti.

Nel caso specifico della zona del parco eolico in progetto le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali non permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica, ma la stessa viene dilavata lungo i versanti verso le valli dei fossi che raccolgono le acque verso i collettori principali

Nel sottosuolo non si accumula acqua di falda, tanto che per la captazione di acque è necessario nella zona raggiungere profondità elevate (Oltre 350 m) per raggiungere la falda profonda presente negli strati calcareo cretaci profondi. Tale dato è puramente bibliografico tanto che nell'area del parco e nelle zone limitrofe non sono presenti pozzi artesiani spinti a tale profondità

Dai rilievi di superficie e dai dati di bibliografia è emerso parte del campo eolico in progetto sarà realizzato su terreni impermeabili di natura argilloso-limoso come le Argille grigio-azzurre sovrapposti parzialmente da terreni sabbiosi limosi di ambiente fluvio-lacustre o sabbie calcareo-quarzose.

Nell'elaborato T0410 – Carta Idrogeologica sono evidenziati i terreni a vario grado di permeabilità ed i loro rapporti stratigrafici.

L'idrologia superficiale dell'area di stretto interesse è rappresentata da fossi poco profondi che scendendo dalle collinette circostanti a sommità piatta dove affiorano terreni sabbiosi-ghiaiosi di natura continentale di poco spessore, incidono circa perpendicolarmente la valle fino a raggiungere i collettori principali.

La ramificazione delle varie aste fluviali ha un andamento dentritico caratteristico dei terreni granulari presenti nella zona di chiusura del ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica.

Solo più a valle in corrispondenza dei terreni calcarei cretaci del'Horst calcareo di Matera, la ramificazione delle aste fluviali cambia, diventando i collettori principali di forma meandriforme incassata, e le aste formano gole frastagliate e molto incise.

Di seguito si riportano i dati di uno studio della piovosità della Regione Basilicata eseguito dal dott. Stelluti e pubblicato nel settembre 2009 dall'ALSIA (Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura) nel quale mensilmente si riportano i dati della piovosità raccolti nell'arco di tempo trascorso tra il 1971 e 2001.

Le precipitazioni medie mensili superano ovunque i 62 mm durante il trimestre novembre – gennaio (periodo più piovoso), mentre nel corso del trimestre giugno – agosto si scende fino a quantità di 27 mm.

Tabella 1: Elenco delle stazioni pluviometriche prese in considerazione e relative quote e coordinate geografiche.

Codice	Stazione	Quota (m)	Longitudine			Latitudine		
1	Agromonte C.C.	500	16°	4'	24"	40°	4'	0"
2	Aliano	497	16°	15'	24"	40°	17'	1"
3	Armento	640	16°	5'	24"	40°	17'	1"
4	Bernalda	127	16°	42'	24"	40°	24'	1"
5	Calciano	450	16°	13'	24"	40°	35'	0"
6	Calvello	700	15°	52'	24"	40°	28'	0"
7	Calvera	605	16°	10'	1"	40°	8'	1"
8	Cancellara	620	15°	56'	24"	40°	44'	0"
9	Carbone	685	16°	6'	24"	40°	7'	1"
10	Castelsaraceno	950	16°	0'	24"	40°	9'	1"
11	Castronuovo S. Andrea	660	16°	12'	31"	40°	11'	0"
12	Cersosimo	563	16°	22'	24"	40°	2'	1"
13	Cogliandrino	700	15°	57'	24"	40°	6'	0"
14	Cognato	557	16°	9'	24"	40°	34'	0"
15	Corleto Perticara	746	16°	2'	8"	40°	23'	0"
16	Ferrandina	496	16°	28'	8"	40°	29'	0"
17	Francavilla in Sinni	421	16°	12'	8"	40°	5'	0"
18	Gorgoglione	800	16°	9'	8"	40°	24'	1"
19	Grancia	747	15°	57'	24"	40°	37'	0"
20	Grassano	577	16°	18'	24"	40°	38'	0"
21	Grottole	481	16°	24'	24"	40°	36'	0"
22	Grumento Nova	585	15°	55'	15"	40°	17'	0"
23	Irsina	533	16°	15'	38"	40°	44'	1"
24	Lagonegro	666	15°	47'	24"	40°	7'	0"
25	Laurenzana	850	15°	58'	8"	40°	28'	0"
26	Lauria Inferiore	630	15°	51'	24"	40°	2'	1"
27	Malabocca C.C.	175	16°	30'	8"	40°	19'	0"
28	Maratea	300	15°	44'	24"	39°	59'	0"
29	Marsico Nuovo	850	15°	45'	6"	40°	25'	0"
30	Marsicovetere	1039	15°	49'	8"	40°	22'	0"
31	Matera	450	16°	35'	43"	40°	39'	1"
32	Melfi	531	15°	39'	0"	41°	0'	0"
33	Metaponto	3	16°	49'	8"	40°	22'	0"
34	Mezzana di Lucania	918	16°	11'	24"	39°	58'	0"
35	Miglianico	466	16°	30'	8"	40°	34'	0"
36	Missanello	566	16°	11'	24"	40°	16'	1"
37	Moliterno	879	15°	52'	8"	40°	14'	0"
38	Montalbano Jonico	292	16°	34'	8"	40°	16'	1"
39	Montemurro	710	15°	59'	8"	40°	17'	1"
40	Montescaglioso	364	16°	40'	8"	40°	34'	0"
41	Noepoli	676	16°	21'	24"	40°	5'	1"
42	Nova Siri	300	16°	33'	24"	40°	8'	1"
43	Nova Siri Scalo	2	16°	39'	24"	40°	7'	1"
44	Palazzo San Gervasio	483	16°	0'	24"	40°	55'	1"
45	Pisticci	364	16°	34'	24"	40°	23'	0"
46	Poggiorsini	461	16°	16'	24"	40°	54'	1"
47	Policoro	31	16°	42'	24"	40°	13'	0"
48	Potenza	811	15°	48'	6"	40°	38'	0"
49	Rivello	450	15°	45'	8"	40°	5'	0"
50	Roccanova	654	16°	13'	24"	40°	13'	0"
51	Salandra	598	16°	19'	8"	40°	30'	1"
52	San Basilio	67	16°	42'	8"	40°	19'	0"
53	San Giorgio Lucano	416	16°	24'	24"	40°	7'	0"
54	San Martino d'Agri	661	16°	4'	24"	40°	14'	0"
55	San Mauro Forte	565	16°	16'	24"	40°	29'	0"
56	San Severino Lucano	884	16°	9'	24"	40°	0'	1"
57	Sciffra	780	15°	47'	19"	40°	34'	0"
58	Senise	330	16°	18'	24"	40°	8'	1"
59	Stigliano	908	16°	14'	51"	40°	24'	1"
60	Teana	800	16°	9'	8"	40°	7'	1"
61	Terranova di Pollino	930	16°	18'	8"	39°	59'	0"
62	Tolve	568	16°	2'	24"	40°	42'	0"
63	Torre Accio	140	16°	40'	29"	40°	24'	0"
64	Tramutola	654	15°	45'	53"	40°	1'	0"
65	Trecchina	500	15°	48'	24"	40°	0'	1"
66	Tursi	348	16°	29'	24"	40°	15'	0"
67	Valsinni	250	16°	27'	24"	40°	9'	1"
68	Viggiano	1023	15°	53'	8"	40°	20'	0"



Figura 1: Ubicazione delle stazioni pluviometriche.



Figura 3: Ubicazione delle stazioni pluviometriche con serie storiche "lunghe" e "corte".

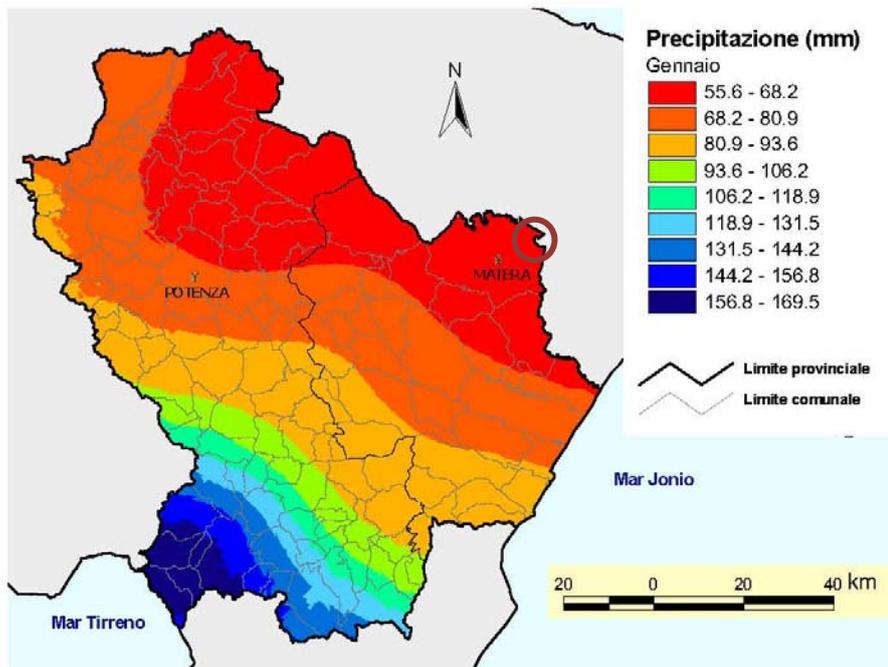


Figura 5: Mappa spaziale delle precipitazioni di gennaio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

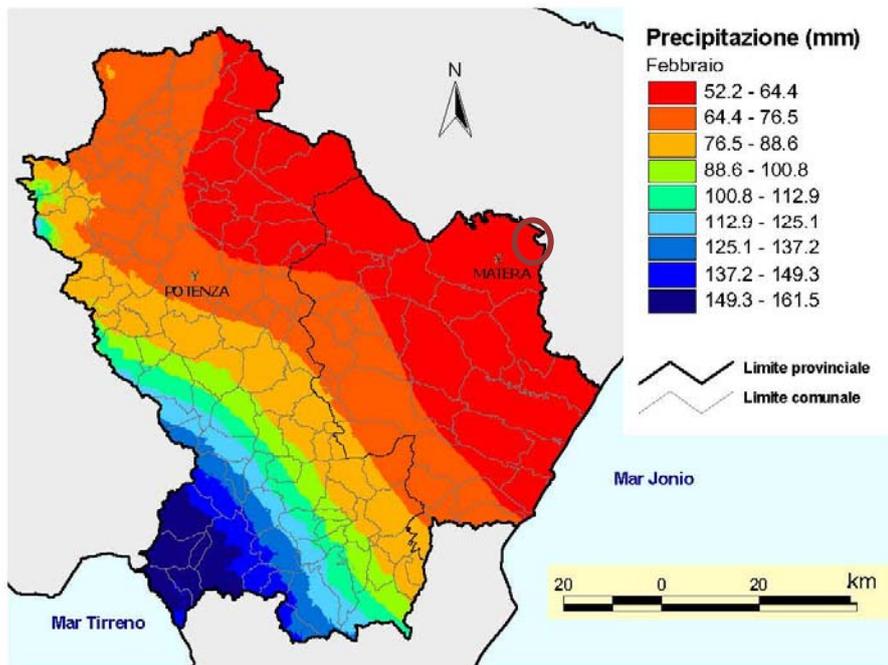


Figura 6: Mappa spaziale delle precipitazioni di febbraio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

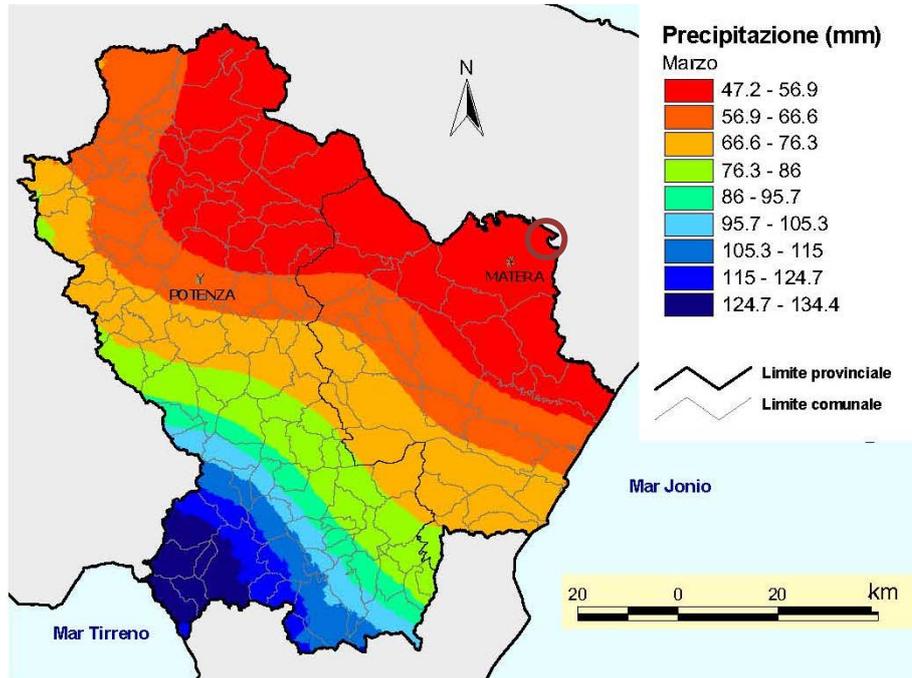


Figura 7: Mappa spaziale delle precipitazioni di marzo ottenuta con la tecnica del cokriging co-localato.

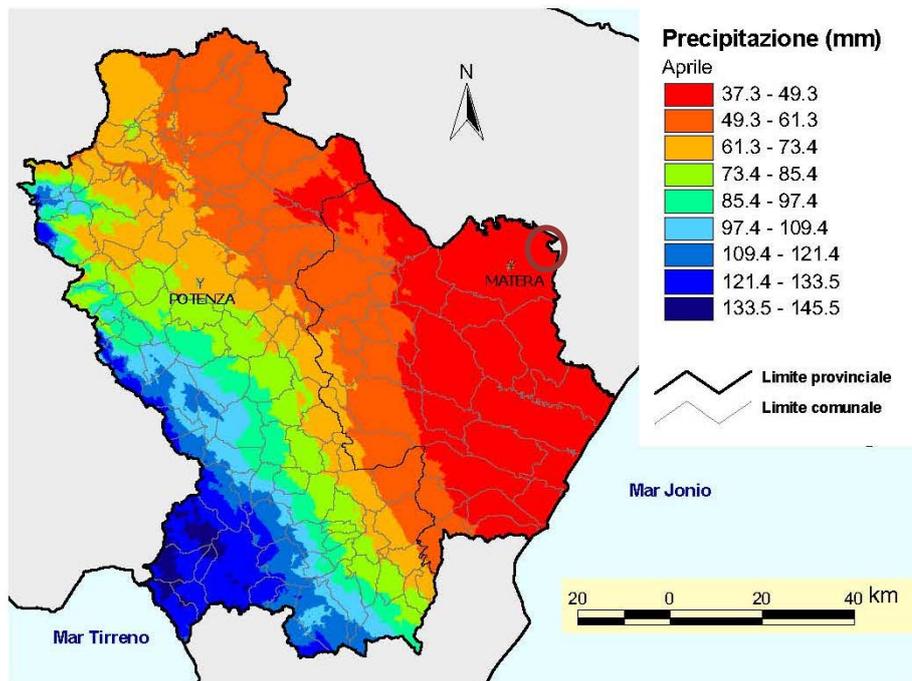


Figura 8: Mappa spaziale delle precipitazioni di aprile ottenuta con la tecnica del cokriging co-localato.

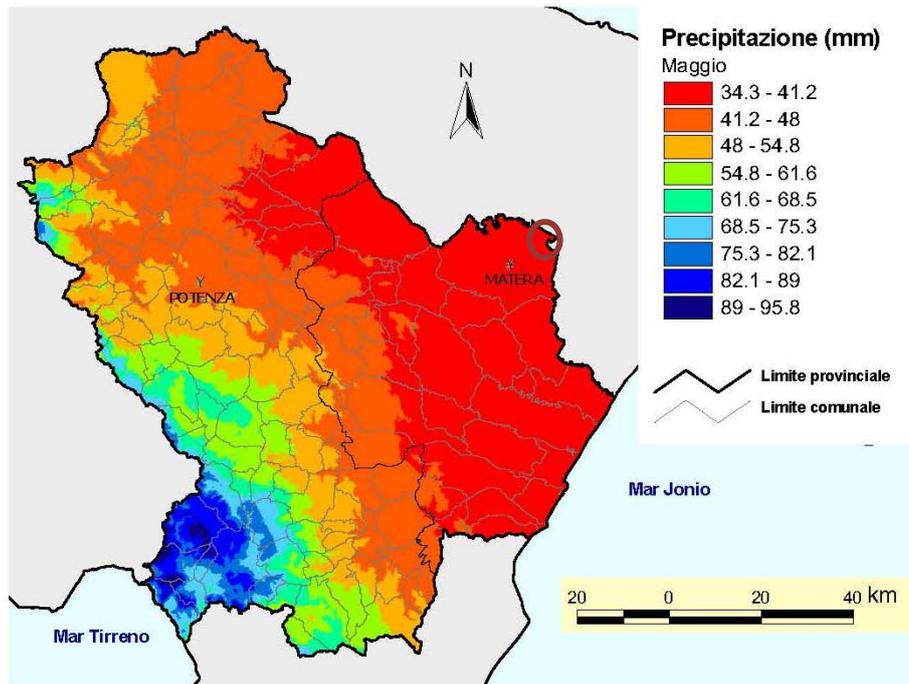


Figura 9: Mappa spaziale delle precipitazioni di maggio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

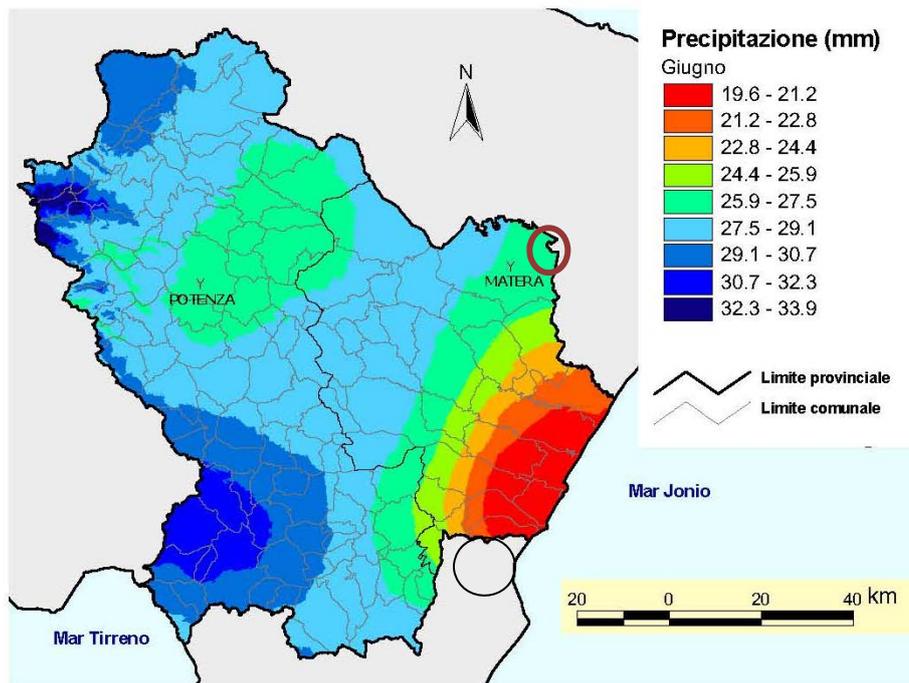


Figura 10: Mappa spaziale delle precipitazioni di giugno ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

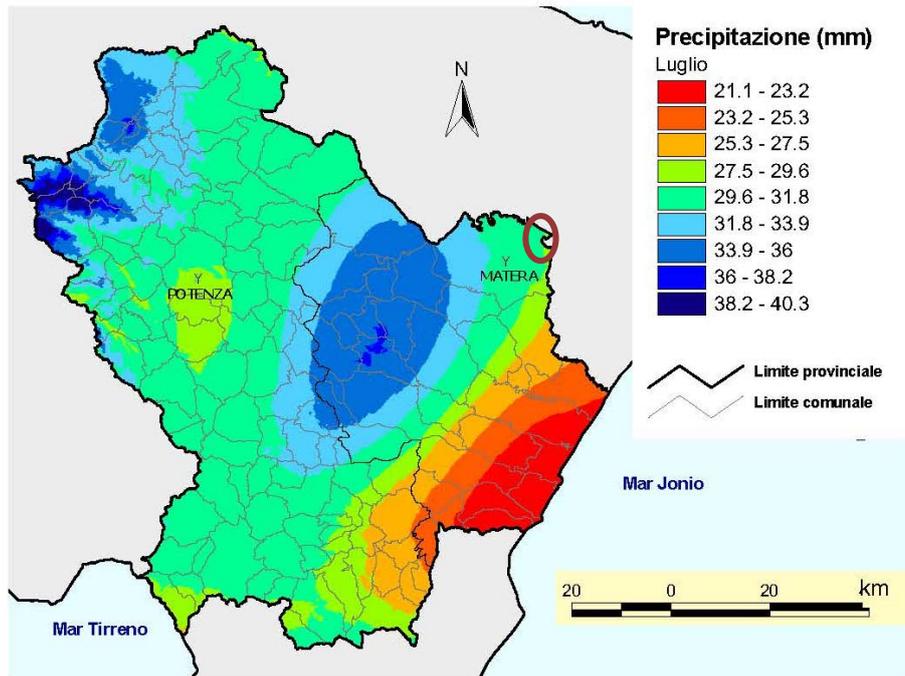


Figura 11: Mappa spaziale delle precipitazioni di luglio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

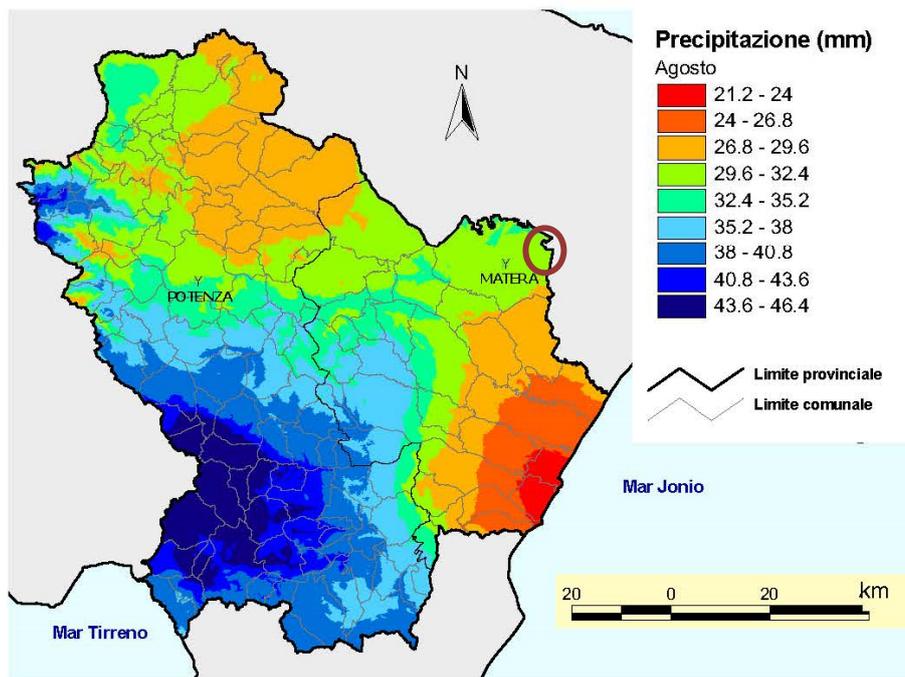


Figura 12: Mappa spaziale delle precipitazioni di agosto ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

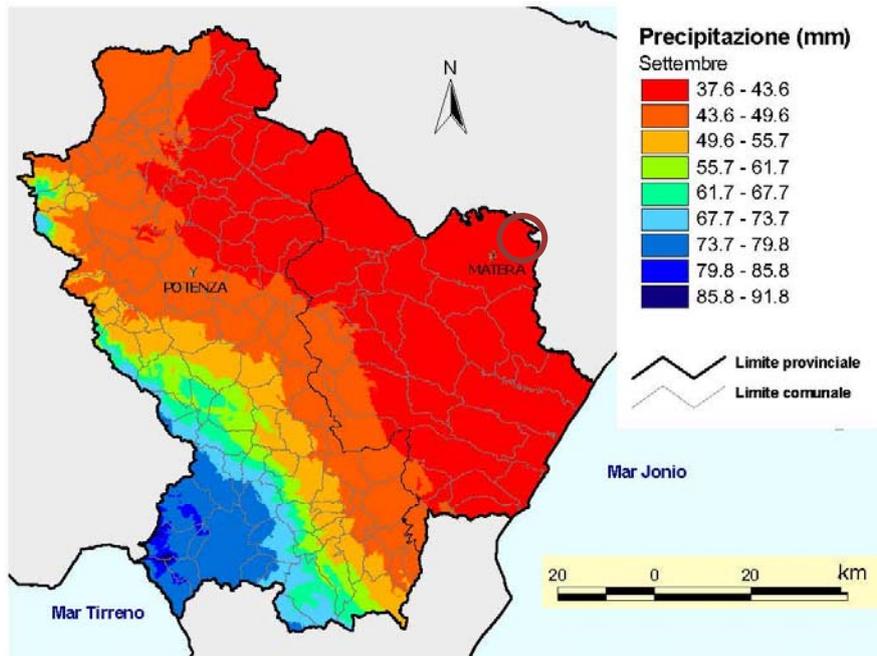


Figura 13: Mappa spaziale delle precipitazioni di settembre ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

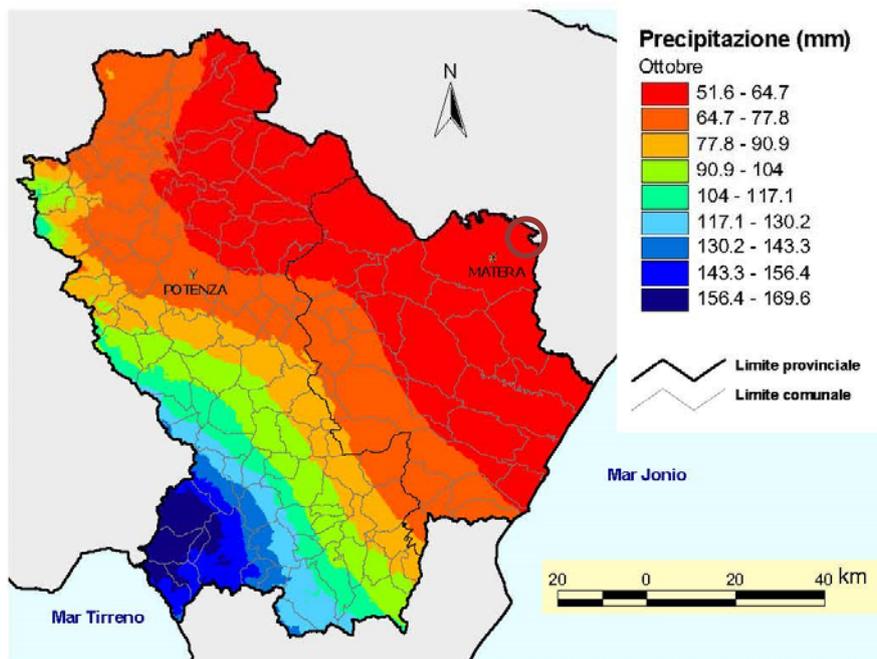


Figura 14: Mappa spaziale delle precipitazioni di ottobre ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

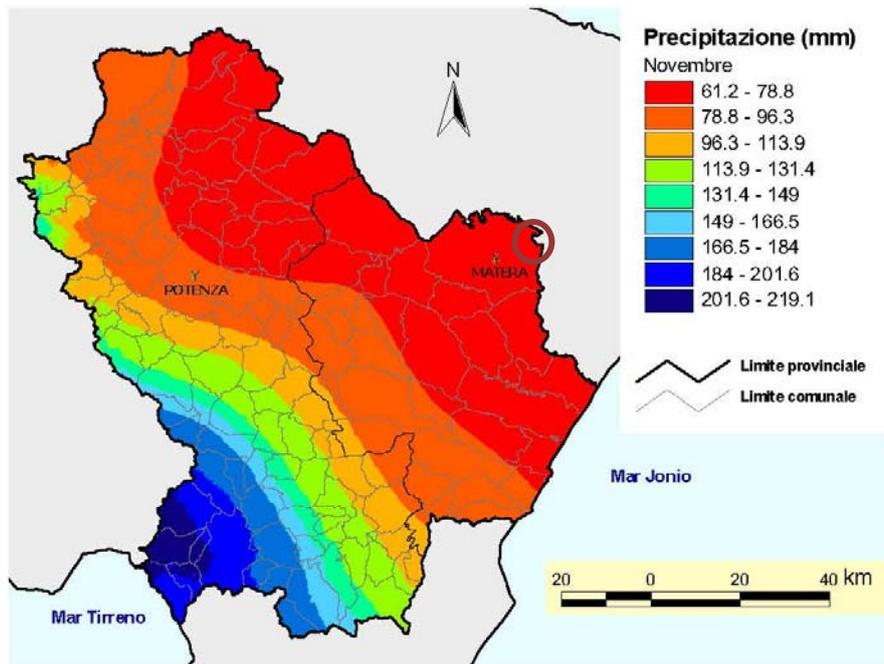


Figura 15: Mappa spaziale delle precipitazioni di novembre ottenuta con la tecnica del cokriging co-localato.

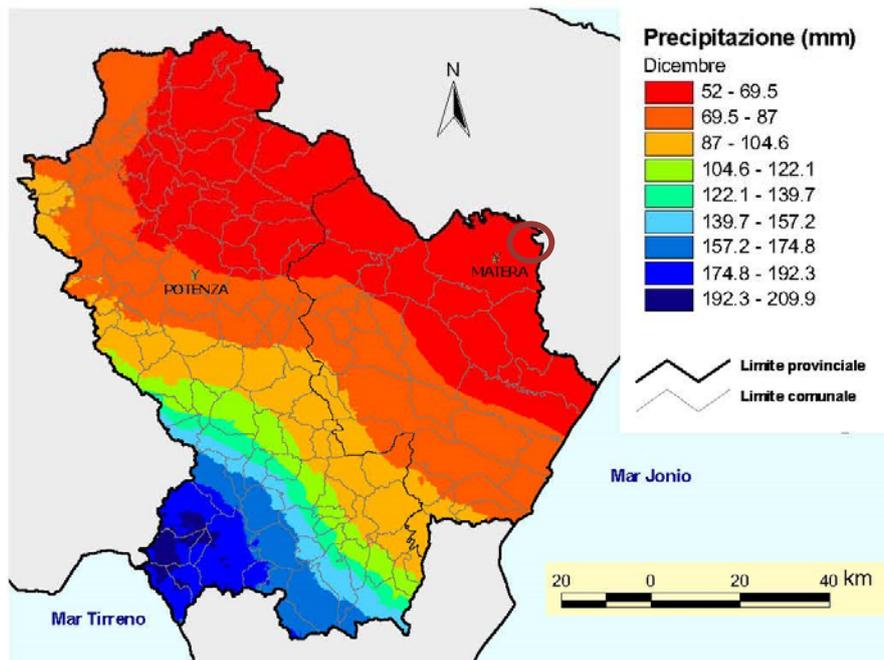


Figura 16: Mappa spaziale delle precipitazioni di dicembre ottenuta con la tecnica del cokriging co-localato.

7 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il presente studio, volto a definire le caratteristiche litologico-stratigrafiche e sismiche del sito, è stato condotto in osservanza della normativa tecnica vigente in materia e in particolare: DM 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 21 Gennaio 2019 n° 7 (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617, nonché tenendo in debito conto "Linee Guida per Indagini Geofisiche" redatte a cura dell'Associazione Società di Geofisica Italiana, OPCM 3274/03 e successive modifiche (DGR 153/04, OPCM 3519/06).

I terreni di sedime interagenti con le possibili opere in progetto, sono stati investigati mediante l'esecuzione di indagini geognostiche in situ, di tipo sia dirette che indirette, realizzando:

- N° 3 Sondaggi Geognostici a rotazione a carotaggio continuo spinti sino ad una profondità massima di -30,00 mt da pc;
- N° 4 Prelievi di Campioni Indisturbati da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni attraversati durante le operazioni di perforazione;
- N° 3 Prospezioni Sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh per la caratterizzazione sismica e la definizione della categoria di sottosuolo come da normativa in materia antisismica vigente;
- N° 1 Prospezione Sismica Down-hole in foro per la definizione della categoria di sottosuolo ai fini antisismici e la determinazione delle principali grandezze elasto-meccaniche dei terreni investigati.

7.1 SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO

La distribuzione delle indagini dirette eseguite con carotaggi meccanici in continuo ha mostrato che la stratigrafia della zona del parco in progetto risulta costante, composta da un substrato argilloso limoso di colore grigio-bluastro, sovrapposto da una strati limoso argilloso di colore beige-giallastro con libelli sabbioso-limosi in cui la granulometria della sabbia risulta fine/finissima.

Lo spessore di tali limi argillosi beige-giallastri superficiali si aggira intorno a 8.00 mt di profondità e in esse non è stata riscontrata la presenza di acqua di falda.

La continuità del substrato argilloso grigio-azzurro, come da bibliografia ufficiale invece, supera i 250 mt di profondità dove passa al substrato calcareo cretacico.

La copertura superficiale invece, è rappresentata dal terreno vegetale areato che presenta una spessore massimo di 1.00 mt.

7.2 Analisi Geotecniche di Laboratorio

Anche le analisi geotecniche di laboratorio, i cui certificati sono riportati nell'allegato A3, risultano costanti evidenziando solo leggere differenze tra lo strato limoso argilloso superficiale e le argille limose grigio azzurre sottostanti.

Di seguito si riporta il quadro sinottico delle analisi eseguite sui n. 4 campioni indisturbati prelevati nei n. 3 sondaggi meccanici eseguiti.

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE																			
REALIZZAZIONE PARCO EOLICO IN LOC. BRIZZOLINA NEL COMUNE DI MATERA																			
Sond.	Camp.	Profondità m	W %	γ_v KN/m ³	γ_d KN/m ³	γ_{sat} KN/m ³	γ_s KN/m ³	e	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG-CD c KN/m ² ϕ°	CNR-UNI 10006
1	1	9.50 - 10.00	27.10	19.30	15.20	19.40	26.60	0.756	43.00	97.30	0.00	17.70	50.50	31.80	39.8	25.0	14.8	9.70 - 23.3°	A6
2	1	4.50 - 5.00	33.90	18.00	13.50	18.30	26.50	0.967	49.20	94.60	0.00	5.90	49.90	44.20	58.2	34.7	23.5	17.80 - 22.1°	A7-5
2	2	11.50 - 12.00	20.40	19.50	16.20	20.10	26.80	0.652	39.50	85.20	0.00	4.90	46.30	48.80	41.6	26.9	14.7	12.20 - 23.8°	A7-6
3	1	6.50 - 7.00	20.40	20.00	16.70	20.30	26.60	0.600	37.50	92.30	0.60	16.70	46.10	36.60	35.7	23.2	12.5	11.60 - 22.5°	A6

Legenda:

W= Umidità naturale - γ_v = Peso di volume naturale - γ_d = Peso di volume secco - γ_s = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo - LL= Limite liquido
 L.P.= Limite plastico - L.R.= Limite di ritiro - IP= Indice plastico - c=Coesione - c_u =Coesione non drenata - ϕ° = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Ed= Modulo edometrico

7.3 SISMICA IN FORO _ DOWN-hole

Con il metodo sismico down-hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde di volume P e S per spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e il ricevitore, posto all'interno di un foro di sondaggio (Figura 20). La sorgente consiste in una piastra di alluminio e/o in una traversina in legno che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,50-2,50 mt dal foro ed orientata in direzione ortogonale ad un raggio

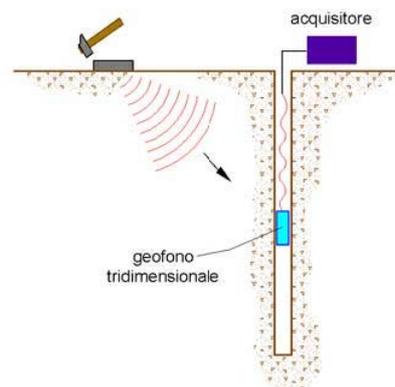


Figura 20-Schema esecutivo della prova sismica down-hole

uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come trigger. Una volta raggiunta la profondità di prova, il geofono viene assicurato alle pareti del tubo di rivestimento tramite un sistema pneumatico ad aria, la sorgente viene colpita in senso verticale, per generare onde di compressione P, e poi lateralmente in due sensi opposti per riconoscere sul sismogramma l'inversione di fase delle onde di taglio SH (picco positivo-picco negativo). Eseguite le registrazioni la profondità del ricevitore viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta. Nel caso in oggetto, l'interpretazione delle acquisizioni down-hole è stata condotta utilizzando il metodo

diretto. Inizialmente, sono stati corretti i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (Figura 51), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = \frac{z}{r} t.$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico $t_{corr}-z$ in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

7.3.1 Acquisizione ed Interpretazione dei Dati

Per il caso in esame, è stato utilizzato un sismografo a 24 canali, della ditta PASI Srl modello

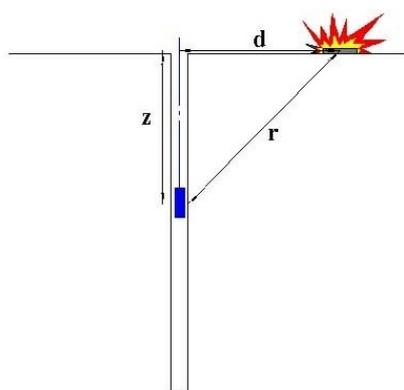


Figura 21-Schema esecutivo della prova sismica down-hole con metodo diretto

GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati (Fotografia 6) e una sorgente ad impatto verticale per la generazione di onde di volume P costituita da un piattello in alluminio solidale con il terreno. La generazione di onde di taglio SH è stata realizzata battendo orizzontalmente, sui lati opposti, una traversina in legno, resa solidale con il terreno tramite il peso di un autoveicolo, con un maglio di 8 kg. Le perturbazioni sismiche

sono state rilevate da un geofono tricomponente avente frequenza propria pari a 10 Hz, mentre le misure sono state eseguite, a partire da fondo foro, con passo pari ad 1,00 mt per un totale di 30,00 mt. Le energizzazioni del terreno (sia verticale che orizzontale) sono state poste ad una distanza dal centro del foro pari a 2,00 mt (Figura 21) con un intervallo di campionamento utilizzato (sample interval) pari a 0,25 ms (millisecondo).

7.3.2 Prospezione in Foro Down-hole S2-DH

La prova sismica è stata eseguita nel foro di sondaggio denominato S2-DH precedentemente attrezzato con tubo PVC e successivamente cementato. I sismogrammi acquisiti e registrati sono stati in seguito analizzati per l'acquisizione dei tempi di arrivo delle onde longitudinali (P) e trasversali (SH) come riportato in Figura 22 e 23.

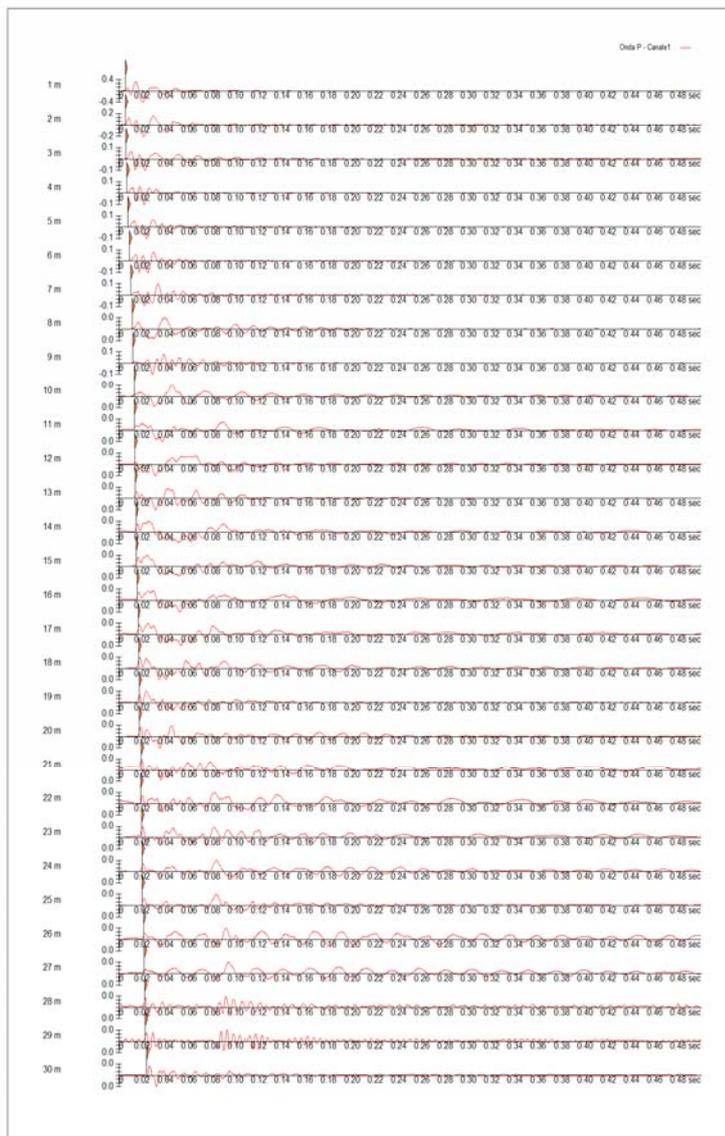


Figura 22-Sismogrammi



Fotografia 6-Postazione down-hole S2-DH in foro S2-DH

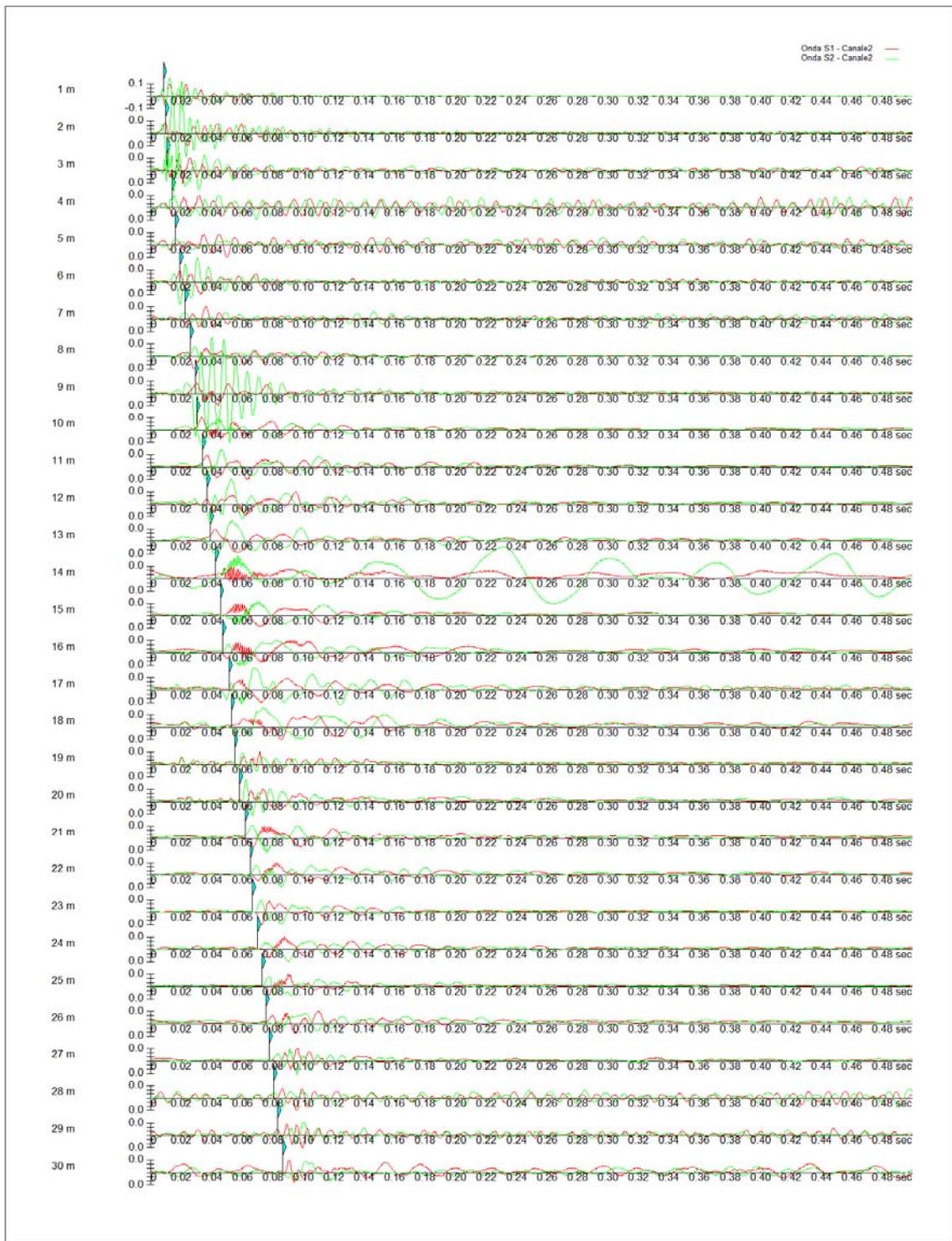


Figura 23-Sismogrammi acquisiti per le onde S_H e

Per il miglioramento del rapporto segnale rumore è stata utilizzata, nella fase di acquisizione, la modalità stacking. Essa consiste nella possibilità di migliorare il rapporto segnale/rumore del sismogramma di una misura con la sommatoria di più energizzazioni. I tempi dell'onda P e SH sono

stati "normalizzati" rispetto alla verticale del foro tramite calcoli trigonometrici come esposto nel precedente paragrafo e riportati nella seguente Tabella 3.

Registrazione	Profondità (mt)	T _p (msec)	T _s (msec)	Source (m)	T _p corr (msec)	T _s corr (msec)
1	1,00	5,2	8,2	2,2361	2,3255	3,6672
2	2,00	5,4	9,7	2,8284	3,8184	6,8589
3	3,00	5,7	10,4	3,6056	4,7427	8,6533
4	4,00	6,7	13,8	4,4721	5,9927	12,3431
5	5,00	7,5	16,1	5,3852	6,9636	14,9485
6	6,00	8,7	18,9	6,3246	8,2535	17,9301
7	7,00	10,2	22,3	7,2801	9,8075	21,4420
8	8,00	11,4	25,9	8,2462	11,0596	25,1267
9	9,00	11,9	29	9,2195	11,6166	28,3094
10	10,00	12,9	30,1	10,1980	12,6495	29,5155
11	11,00	13,2	34	11,1803	12,9871	33,4516
12	12,00	13,5	36,8	12,1655	13,3163	36,2993
13	13,00	13,7	38,9	13,1530	13,5407	38,4477
14	14,00	14,5	42,4	14,1421	14,3543	41,9739
15	15,00	14,5	45,5	15,1328	14,3728	45,1009
16	16,00	15,4	47	16,1245	15,2811	46,6371
17	17,00	16,2	51,2	17,1172	16,0890	50,8493
18	18,00	16,8	52,7	18,1108	16,6972	52,3777
19	19,00	17,2	54,9	19,1050	17,1055	54,5984
20	20,00	17,3	58	20,0998	17,2141	57,7122
21	21,00	18,9	61,8	21,0950	18,8149	61,5216
22	22,00	18,7	65	22,0907	18,6232	64,7331
23	23,00	19,3	66,4	23,0868	19,2274	66,1504
24	24,00	19,7	69,8	24,0832	19,6320	69,5589
25	25,00	20	72,8	25,0799	19,9363	72,5682
26	26,00	20,9	75,4	26,0768	20,8384	75,1779
27	27,00	21,5	77,6	27,0740	21,4413	77,3880
28	28,00	22	80,5	28,0713	21,9441	80,2954
29	29,00	22,3	83	29,0689	22,2472	82,8033
30	30,00	23,5	86,5	30,0666	23,4480	86,3084

Successivamente sono state riconosciute le velocità medie delle onde sismiche in strati omogenei di terreno rappresentate dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali sul grafico tcorr-z (Figura 24).

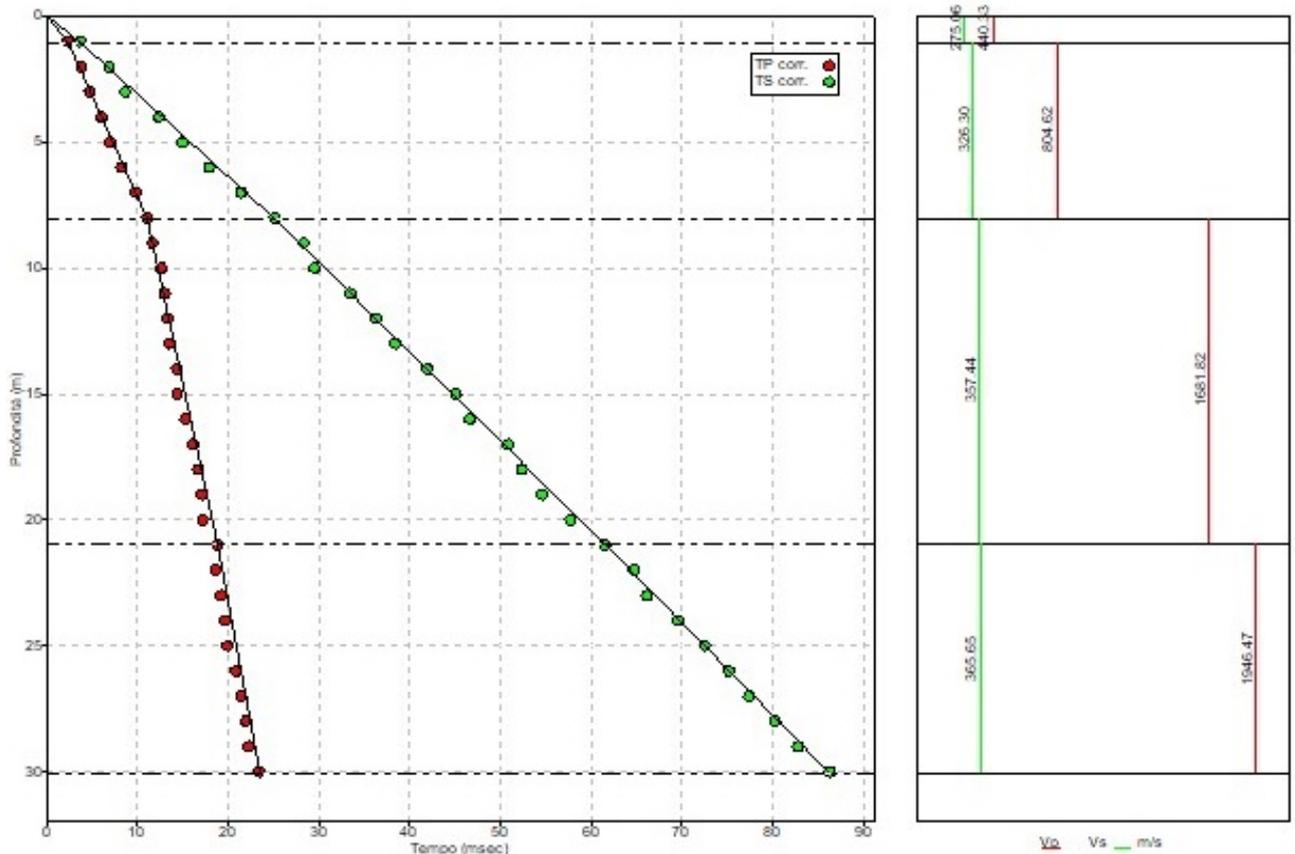


Figura 24-Dromocone relative alle onde P (pallini rossi) e SH (pallini verdi) e velocità medie dei sismostrati identificati

Il modello sismostratigrafico e le principali caratteristiche elasto-dinamiche del terreno modellato sono riassunte come seguente in Tabella 4:

Profondità (mt da pc)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	g (kN/m ³)	v medio	G (MPa)	E _d (MPa)	E (MPa)	E _v (MPa)
0,00÷1,07	440,33	275,06	21,29	0,18	164,26	420,94	387,66	201,93
1,07÷8,03	804,62	326,3	19,99	0,4	217,09	1320,02	608,53	1030,57
8,03÷20,98	1681,82	357,44	19,85	0,48	258,6	5725,13	763,57	5380,33
20,98÷30,00	1946,47	365,65	20,2	0,48	275,38	7803,61	816,06	7436,44

V_{sequ} = 348,36 m/sec

Con: V_p= velocità media onde P; V_s= velocità media onde S; g= densità media; v= coefficiente di Poisson; G= modulo di deformazione a taglio medio; E_d= modulo di compressibilità edometrica medio; E= modulo di Young medio; E_v= modulo di compressibilità volumetrica medio.

7.4 SISMICA A RIFRAZIONE - MASW

7.4.1 - Stendimento Sismico MASW01

Considerando le n 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare il dataset che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del

profilo verticale della velocità media delle onde S si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a -5 mt dal 1° geofono (Figura 2) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 3).

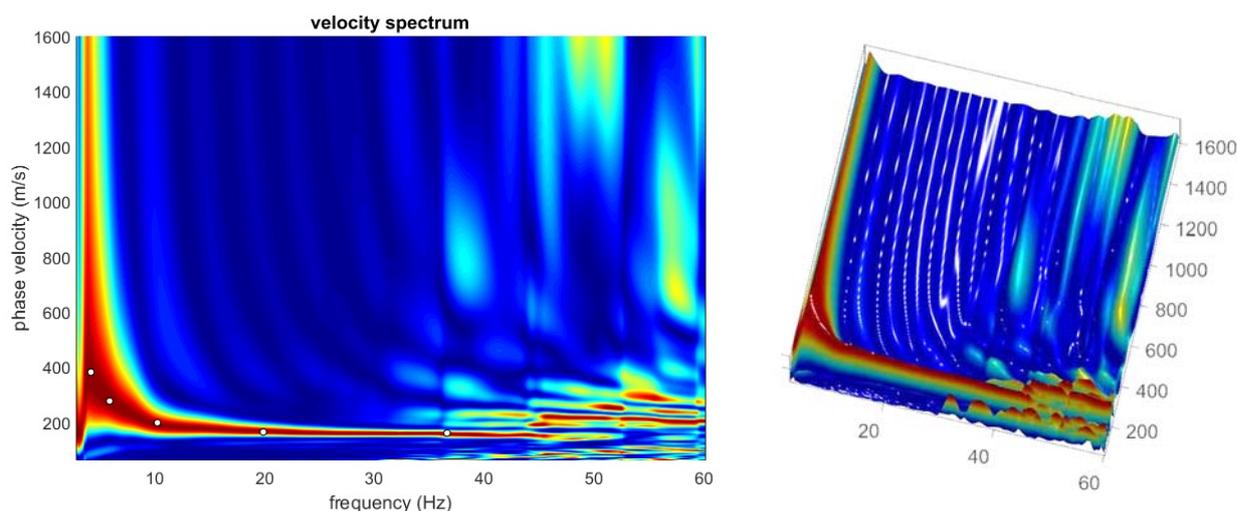


Figura 3-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 4). Si precisa infine che il modello del sottosuolo, e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, è stato ottenuto in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 16,50 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 6, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 5. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente al "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 7.

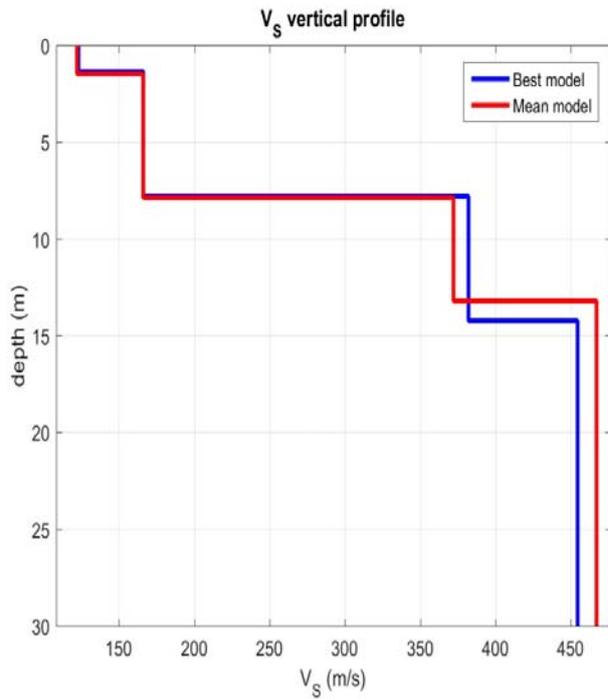


Figura 4-Profilo $V_{S, equ} = 296$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

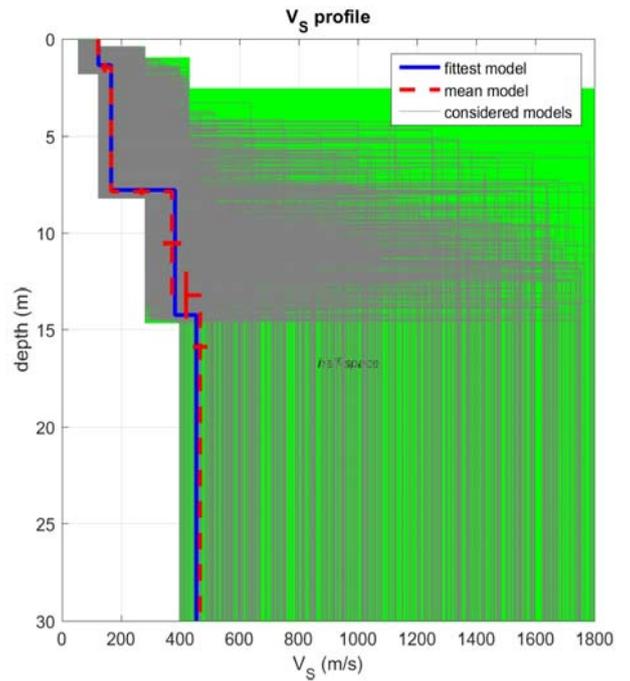


Figura 5-Modelli testati durante il processo di inversione

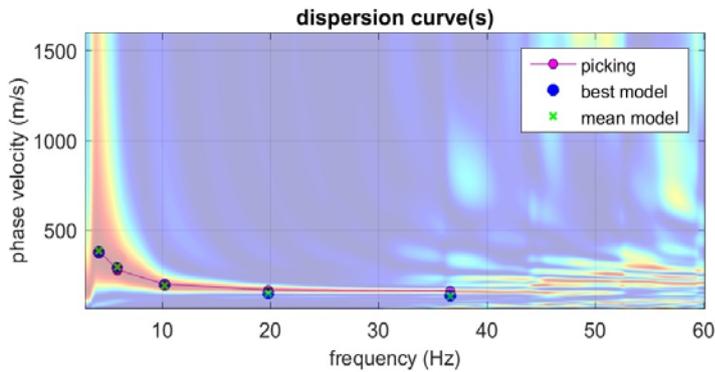


Figura 6-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

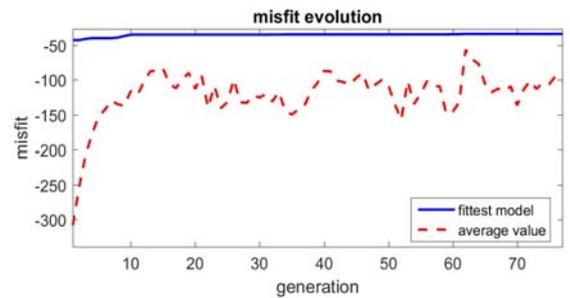


Figura 7-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

7.4.2 Stendimento Sismico MASW02

Considerando le n 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare il dataset che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 8) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 9).

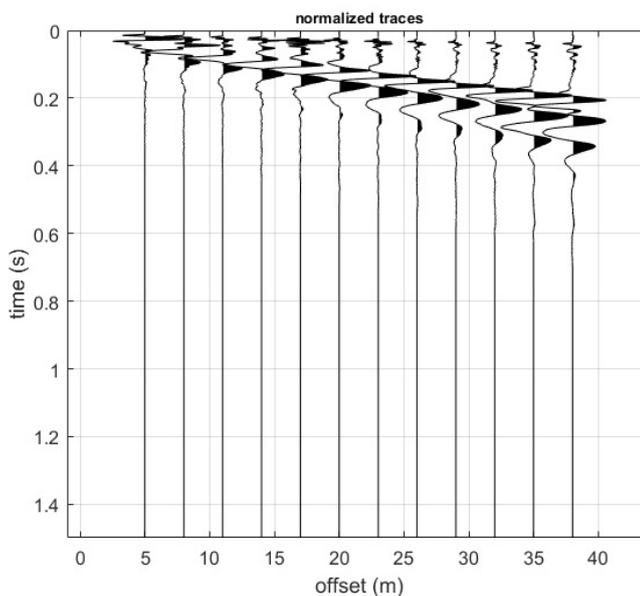


Figura 8-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

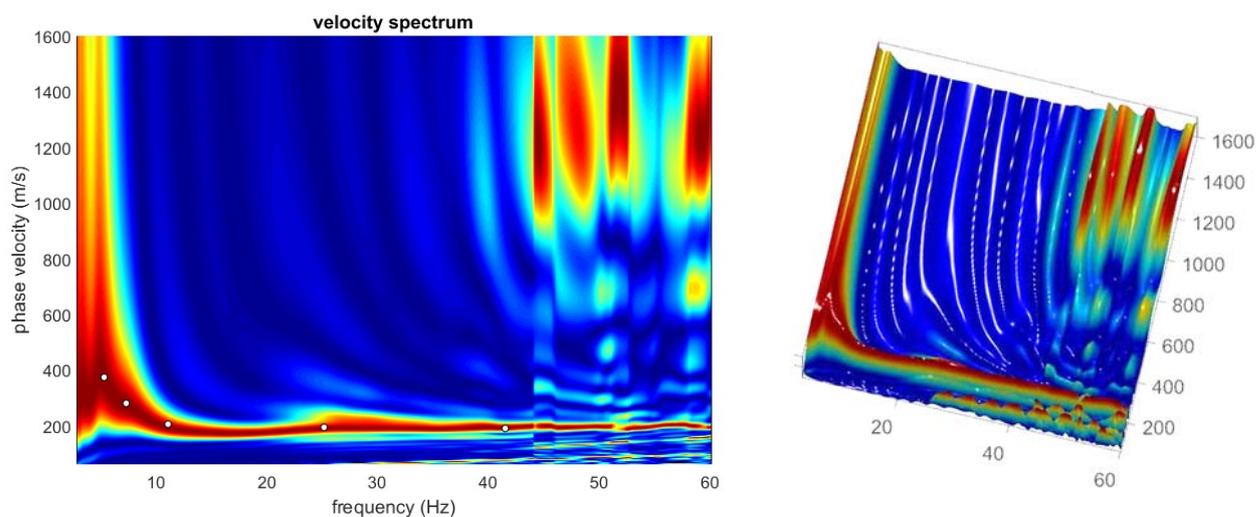


Figura 9-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 10). Si precisa infine che il modello del sottosuolo, e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, è stato ottenuto in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 16,50 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 12, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 11. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente al "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 13.

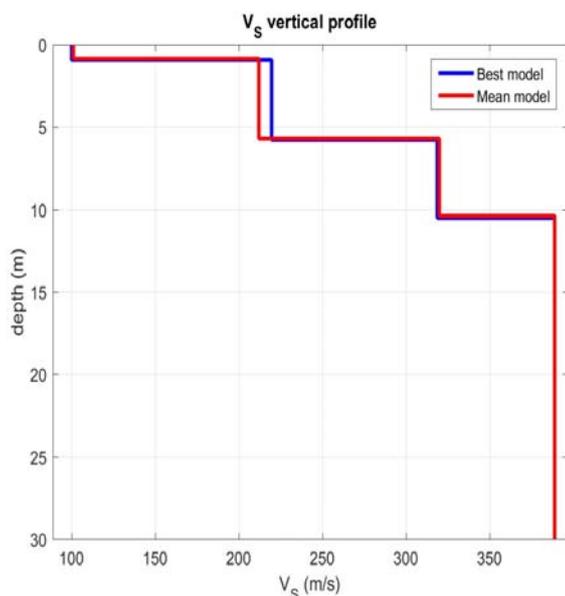


Figura 10-Profilo $V_{S, equ} = 312$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

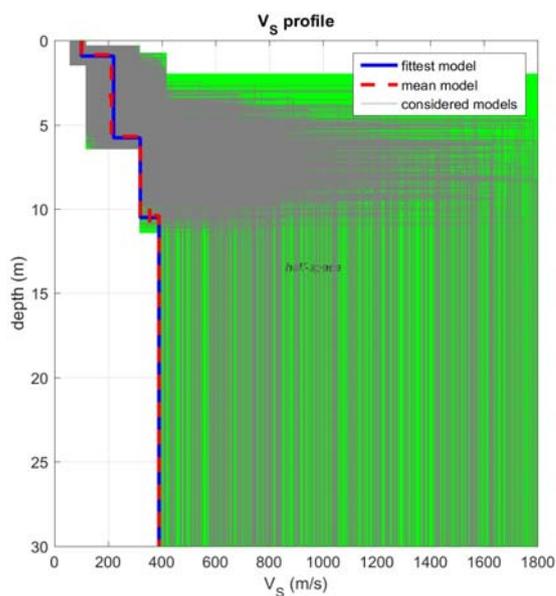


Figura 11-Modelli testati durante il processo di inversione

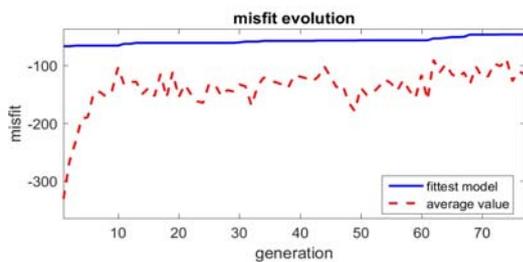


Figura 13-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

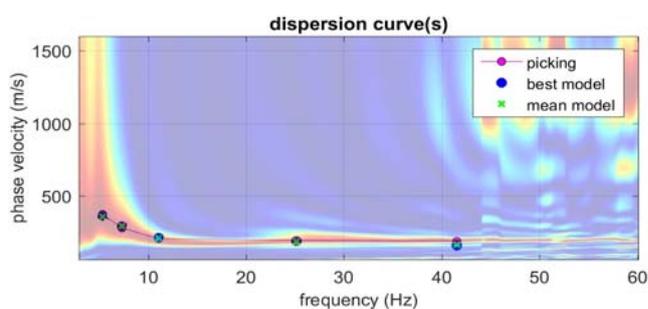


Figura 12-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

7.4.3 Stendimento Sismico MASW03

Considerando le n 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare il dataset che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 14) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 15).

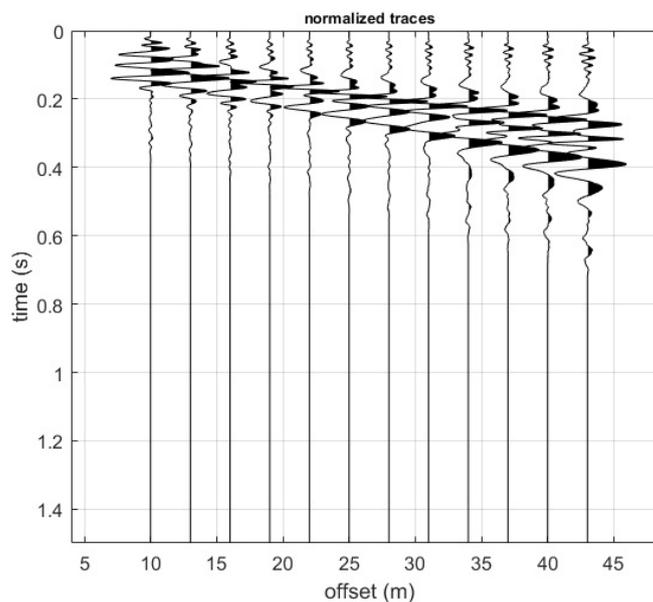


Figura 14-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

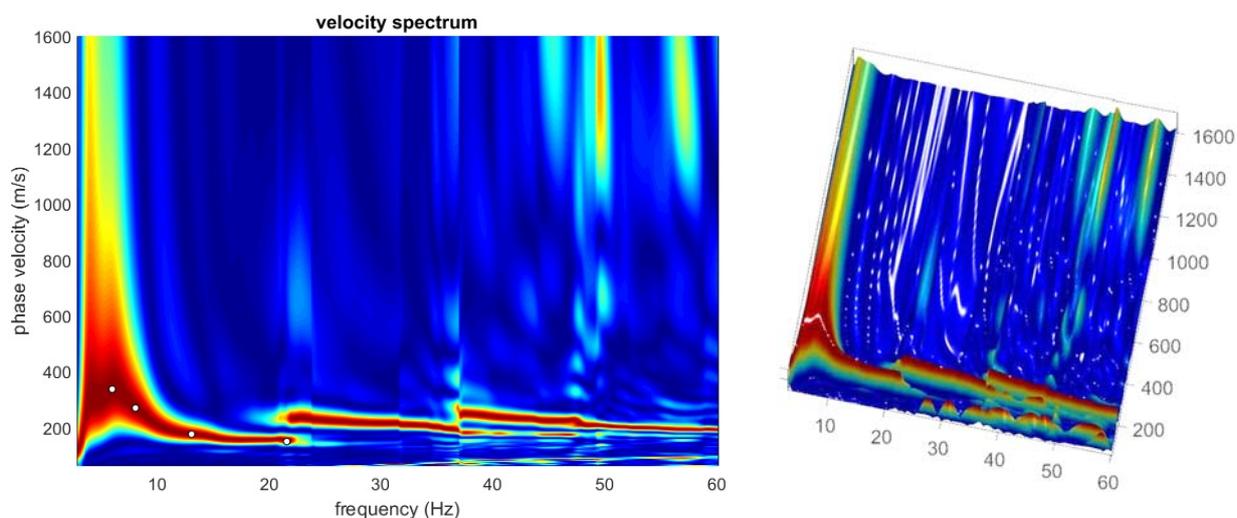


Figura 15-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 16). Si precisa infine che il modello del sottosuolo, e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, è stato ottenuto in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 16,50 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 18, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 17. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente al "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 19.

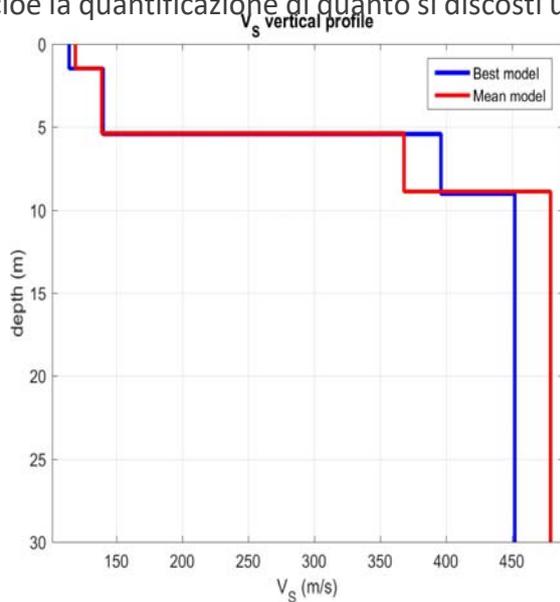


Figura 16-Profilo $V_{s, equ} = 310$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

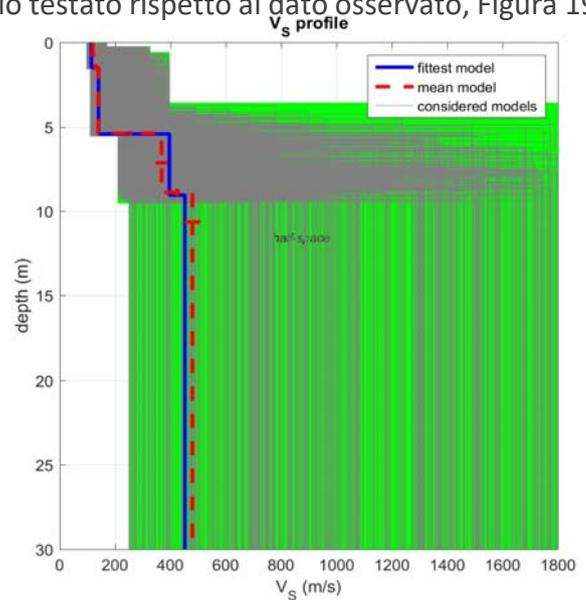


Figura 17-Modelli testati durante il processo di inversione

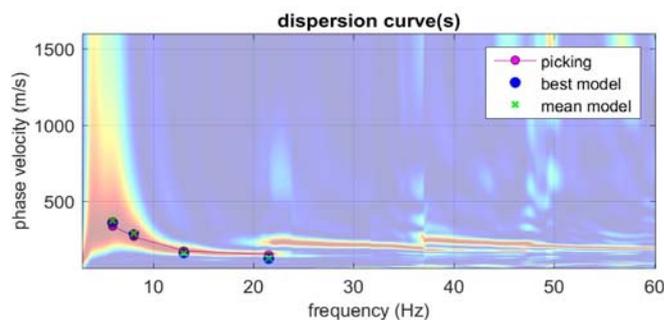


Figura 18-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

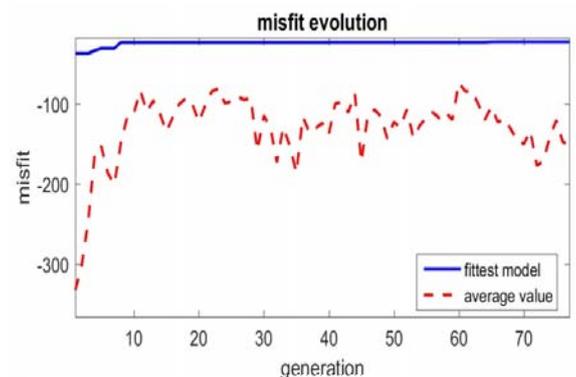


Figura 19-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

7.4.4 Classificazione del Sottosuolo di Fondazione

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nell'area oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Basilicata con DGR n° 2000/2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con Ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" individuano n 5 categorie di sottosuolo (Tabella 3) e precisamente:

Categoria A	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
Categoria B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
Categoria C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
Categoria D	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 m/s e 180 m/s
Categoria E	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

Tabella 3-Categorie di sottosuolo identificate dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"

Le indagini MASW hanno consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della VS equivalente risultante, applicando la seguente formula:

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

Con:

- h_i spessore (in mt) dell'i-esimo strato;
- V_{s,i} velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strato;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiori a 800 m/s.

Per lo stendimento sismico **MASW01** il valore di VS equivalente calcolato pari a 296 m/sec, colloca i litotipi presenti nella Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa

mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per lo stendimento sismico **MASW02** il valore di VS equivalente calcolato pari a 312 m/sec, colloca i litotipi presenti nella Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;

Per lo stendimento sismico **MASW03** il valore di VS equivalente calcolato pari a 310 m/sec, colloca i litotipi presenti nella Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;

Per la sismica in foro **down-hole S2-DH** il valore di VS equivalente calcolato pari a 348 m/sec, colloca i litotipi presenti nella Categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

8 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

8.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE

La pericolosità sismica di base del sito di costruzione è indispensabile per la valutazione delle azioni sismiche di progetto in base alle quali il progettista deve valutare il rispetto degli stati limite considerati per la progettazione delle opere.

Essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria di suolo "A" come definita dalla NTC).

Ai fini della normativa vigente le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido.

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale
- T^*c valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 e T^*c , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli allegati A e B del Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14/01/2008.

Per il sito in esame considerando il punto centrale tra le n. 7 aree di sedime degli aerogeneratori in progetto avente le seguenti coordinate: latitudine:40, 719227 e longitudine:16, 689492 e appartenente al sito di riferimento con maglia quadrata:

<i>Sito 1ID: 33459</i>	<i>Lat: 40,7406</i>	<i>Lon: 16,6576</i>	<i>Distanza: 3589,124</i>
<i>Sito 2ID: 33460</i>	<i>Lat: 40,7387</i>	<i>Lon: 16,7235</i>	<i>Distanza: 3589,706</i>
<i>Sito 3ID: 33682</i>	<i>Lat: 40,6887</i>	<i>Lon: 16,7210</i>	<i>Distanza: 4306,549</i>
<i>Sito 4ID: 33681</i>	<i>Lat: 40,6906</i>	<i>Lon: 16,6551</i>	<i>Distanza: 4302,953</i>

Per tali terreni i parametri sismici con un coefficiente topografico T1, sono:

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: C - Categoria topografica: T1 - Periodo di riferimento: 50 anni - Coeff. cu: 1

Operatività (SLO):Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 81 %	Probabilità di superamento: 63 %
Tr:30 [anni]	Tr: 50 [anni]
ag: 0,035 g	ag: 0,0457 g
Fo: 2,459	Fo: 2,492
Tc*: 0,275 [s]	Tc*: 0,303[s]

Salvaguardia della vita (SLV): Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 10 %	Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 475 [anni]	Tr: 975 [anni]
ag: 0,115 g	g: 0,144 g
Fo: 2,585	Fo: 2,618
Tc*: 0,365 [s]	Tc*: 0,386 [s]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,500	Ss: 1,500	Ss: 1,500	Ss: 1,470
Cc: 1.610	Cc: 1,560	Cc: 1,460	Cc: 1,430
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,011	Kh: 0,017	Kh: 0,041	Kh: 0,053
Kv: 0,005	Kv: 0,007	Kv: 0,021	Kv: 0,026
Amax: 0.519	Amax: 0.692	Amax: 1.689	Amax: 2.159
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,240	Beta: 0,240

La normativa regionale indicata nella L. R. n. 9 del 07/06/2011, dispone che l'abitato di Matera sia classificato Zona Sismica "2d" con un PGA (Peak Ground Acceleration) pari a 0.175 g e una magnitudo attesa a distanza di 5 km pari a 5.2.

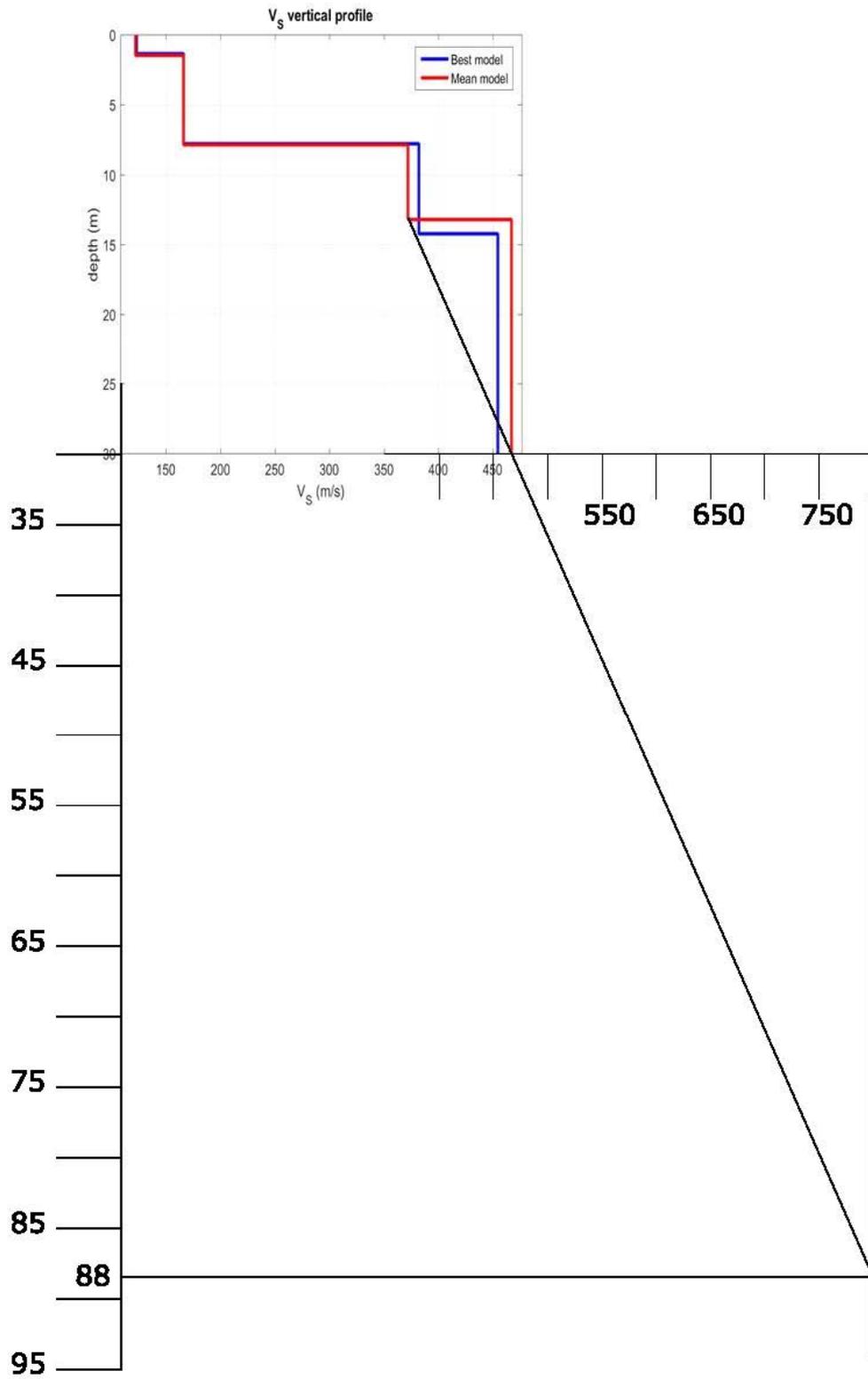
Il suolo di fondazione essere associato, in base ai dati delle indagine sismiche eseguite nella campagna geognostica, alla categoria di suolo "C"

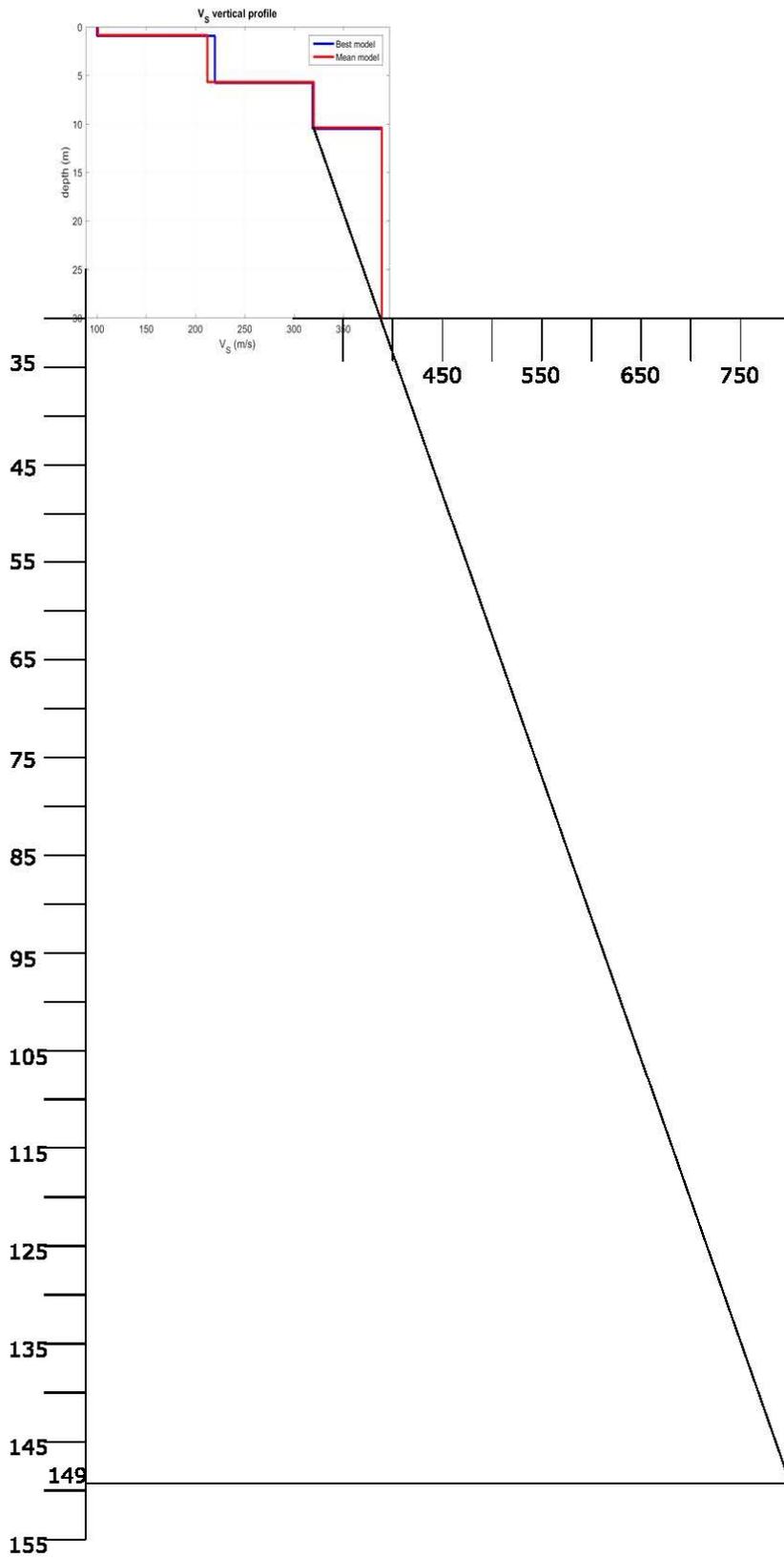
"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

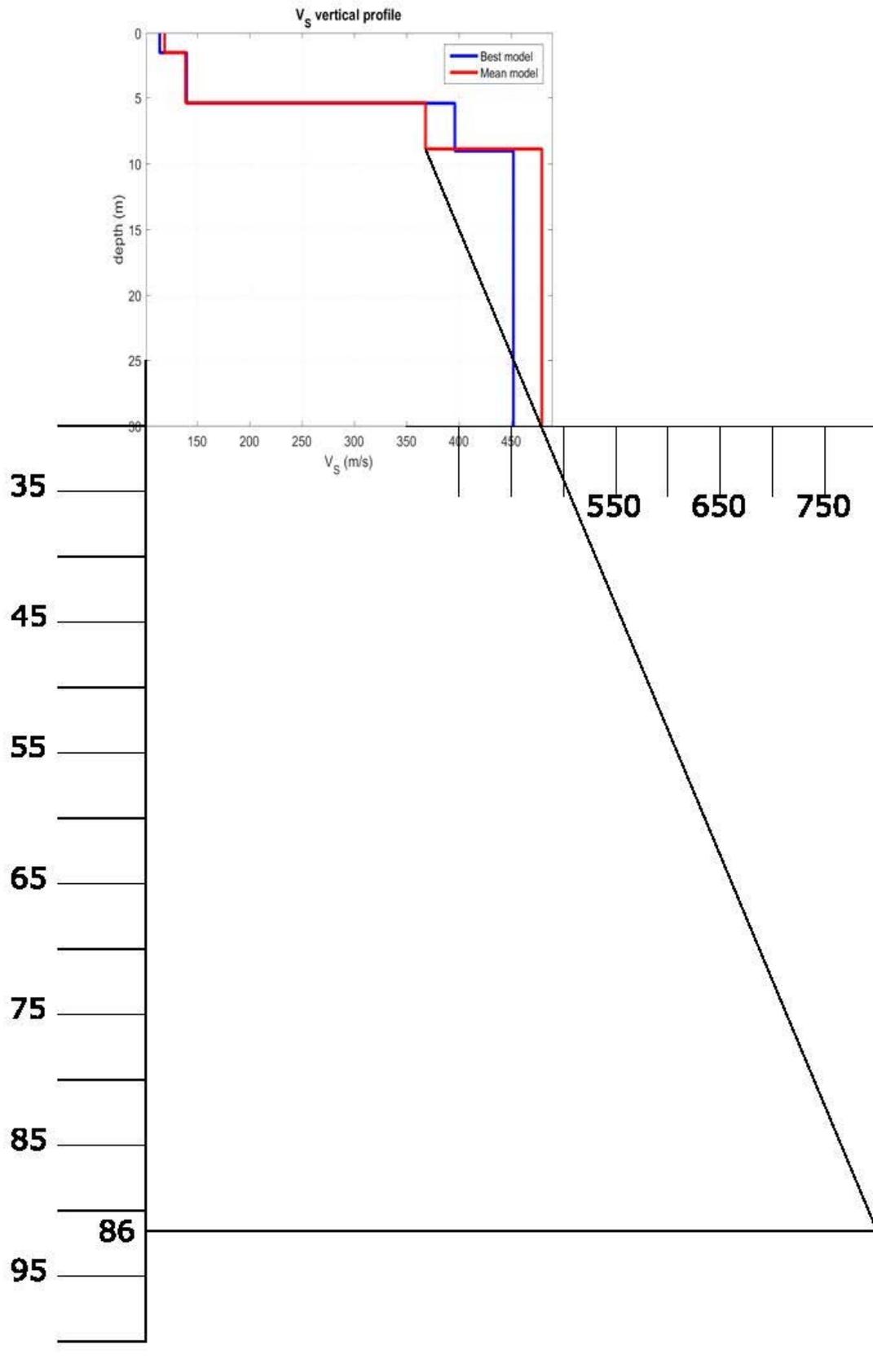
Per la stima del Vs in profondità, non avendo intercettato il bedrock sismico nei primi 30 mt. dal p.c., si utilizza i dati ottenuti dalle prove sismica eseguite con tecnica MASW.

Avendo verificato, da molti lavori di bibliografia, che la stratificazione dell'area è continua fino ad una profondità di circa 250 mt composta dalle argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche le quali non presentano una stratificazione ma si presentano massive leggermente inclinati verso l'attuale linea di costa del Mar Ionio.

Mantenendo il gradiente dell'ultimo tratto delle curva sperimentale allegata di seguito (gradiente lineare) fino al raggiungimento di una velocità delle onde di taglio V_s pari a 800 m/s, si stima il bedrock sismico ad una profondità di circa 88.0 mt nella zona dove è stata eseguita la stesa sismica MASW 1, 147 m nella zona dove è stata eseguita la stesa sismica MASW 2 e 86 m nella zona dove è stata eseguita la stesa sismica MASW 3.







Avendo stimato la profondità del bedrock sismico nelle tre zone esaminate, considerando la costanza stratigrafica del sito che vede la presenza delle argille grigio-azzurre per circa 250 mt di profondità, si procede alla stima dei fattori di amplificazione sismica FA e FV con approfondimento di II Livello, il quale fornisce quantificazioni numeriche dei fattori di amplificazione con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche) sia della modificazione locale del moto sismico sia dei fenomeni di deformazione permanente.

Zona sismica Mz b1 (zona delle torri T05, T06 e T07)

Assumendo alla profondità di 88.0 m la presenza del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), e considerando l'assenza di inversioni sismiche nello strato effettivamente indagato, possiamo utilizzare, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA e FV, gli abachi di riferimento messi a disposizione dalla Protezione Civile negli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica.

Per l'ingresso nell'abaco di riferimento occorrono, oltre alla profondità del badrock sismico, altre indicazioni che comprendono i seguenti parametri:

1. Macrozona di pericolosità sismica (PGA);
 2. Litologia prevalente dei terreni di copertura;
 3. Velocità media delle Onde S nei terreni di copertura V_{HS} ,
 4. Profilo di velocità Onde S.
- 1) La macrozona di pericolosità sismica, in cui ricade la zona di stretto interesse, ha un PGA pari a 0.175 g con una magnitudo attesa a distanza di 5 km pari 5.2.
 - 2) La litologia prevalente nei terreni di copertura è argillosa, la quale risulta continua in profondità.
 - 3) Il "VsH" rappresenta la velocità media delle onde di taglio dal substrato rigido ($V_s=800$ m/s) posto a profondità "H" alla superficie. Visto che con l'indagine sismica Masw e Down-Hole non è stato

raggiunto il substrato rigido, il profilo di V_s con la profondità è stato estrapolato mantenendo il gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale fino al raggiungimento di $V_s = 800$ m/s (metodo consigliato nell'Atto d'indirizzo 112/2007 per le analisi di III livello dalla Regione Emilia Romagna). Nota "H" (88 m) e noto il V_{seq} (296 m/s) dalla tabella che segue – "Tabella 3.2-2" – Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia (ICMS) si determina il V_{sH} alla profondità di 90 m che risulta essere pari a 228.1 m/s corrispondente a V_{seq} uguale a 348 m/s.

Tabella 3.2.2 - Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

	V_{sH} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	143.8	191.0	238.0	285.9	335.2	385.1	435.6	486.3	589.3	693.9
40	139.2	184.1	228.8	275.3	324.1	374.0	424.8	476.1	581.4	689.4
50	131.6	172.7	213.7	257.9	306.0	355.7	407.1	459.5	568.5	682.1
60	126.7	165.4	204.0	246.7	294.3	344.1	395.7	448.9	560.3	677.5
70	122.7	159.4	196.0	237.5	284.8	334.6	386.5	440.3	553.8	673.8
80	120.6	156.4	191.9	232.8	280.0	329.7	381.8	436.0	550.5	671.9
90	118.6	153.3	187.9	228.1	275.1	324.9	377.2	431.6	547.1	670.1
100	116.5	150.2	183.7	223.4	270.2	320.0	372.5	427.3	543.8	668.3
110	115.5	148.7	181.6	220.9	267.7	317.5	370.2	425.0	542.1	667.3
120	114.4	147.1	179.5	218.5	265.2	315.0	367.8	422.8	540.5	666.4
130	113.4	145.5	177.3	216.1	262.6	312.6	365.4	420.6	538.8	665.4
140	112.3	143.9	175.2	213.6	260.1	310.1	363.0	418.4	537.1	664.5
150	111.2	142.3	173.1	211.2	257.5	307.5	360.6	416.2	535.4	663.6

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FA		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$V_{50} (m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.37	1.86	1.72	1.48	1.28	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01
	10	2.62	2.40	2.07	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	1.07	1.02
	15	2.25	2.35	2.21	1.96	1.75	1.55	1.40	1.28	1.13	1.04
	20	1.86	2.12	2.15	1.98	1.80	1.62	1.48	1.36	1.18	1.06
	25	1.86	1.88	1.98	1.94	1.80	1.63	1.51	1.39	1.21	1.08
	30	-	1.86	1.87	1.80	1.75	1.62	1.50	1.39	1.22	1.08
	35	-	1.83	1.83	1.71	1.63	1.58	1.48	1.39	1.21	1.08
	40	-	1.79	1.80	1.71	1.56	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08
	50	-	1.61	1.74	1.67	1.57	1.45	1.36	1.30	1.18	1.06
	60	-	1.53	1.66	1.62	1.54	1.43	1.34	1.27	1.15	1.05
	70	-	1.43	1.56	1.59	1.49	1.41	1.32	1.25	1.13	1.03
	80	-	1.41	1.53	1.49	1.47	1.37	1.31	1.23	1.12	1.02
	90	-	1.33	1.46	1.47	1.42	1.36	1.28	1.22	1.10	1.01
	100	-	1.22	1.40	1.42	1.39	1.33	1.27	1.20	1.09	1.00
	110	-	1.16	1.36	1.38	1.34	1.29	1.24	1.19	1.08	0.99
120	-	1.17	1.27	1.34	1.32	1.27	1.21	1.17	1.07	0.98	
130	-	1.11	1.21	1.31	1.28	1.26	1.19	1.15	1.06	0.98	
140	-	1.04	1.19	1.27	1.25	1.22	1.18	1.13	1.05	0.96	
150	-	1.00	1.17	1.21	1.22	1.19	1.16	1.11	1.03	0.96	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FV		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$V_{50} (m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.18	1.09	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00
	15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.01
	20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01
	25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.02
	30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.03
	35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.03
	40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.04
	50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.05
	60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.06
	70	-	2.20	2.16	2.06	1.93	1.72	1.56	1.43	1.21	1.08
	80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.09
	90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.09
	100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.09
	110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.09
120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.08	
130	-	1.94	1.87	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.06	
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.05	
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.04	

L'ingresso in abaco, utilizzando valori sempre più cautelativi, mostra valori di F_A e F_V indicati di seguito:

FA=1.46

e

FV=1.92

Zona sismica Mz b2 (zona delle torri T03 e T04)

Assumendo alla profondità di 149.0 m la presenza del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), e considerando l'assenza di inversioni sismiche nello strato effettivamente indagato, possiamo utilizzare, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA e FV, gli abachi di riferimento messi a disposizione dalla Protezione Civile negli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica.

Per l'ingresso nell'abaco di riferimento occorrono, oltre alla profondità del badrock sismico, altre indicazioni che comprendono i seguenti parametri:

5. Macrozona di pericolosità sismica (PGA);
 6. Litologia prevalente dei terreni di copertura;
 7. Velocità media delle Onde S nei terreni di copertura V_{HS} ,
 8. Profilo di velocità Onde S.
- 4) La macrozona di pericolosità sismica, in cui ricade la zona di stretto interesse, ha un PGA pari a 0.175 g con una magnitudo attesa a distanza di 5 km pari 5.2.
- 5) La litologia prevalente nei terreni di copertura è argillosa, la quale risulta continua in profondità.
- 6) Il " V_{SH} " rappresenta la velocità media delle onde di taglio dal substrato rigido ($V_s=800$ m/s) posto a profondità "H" alla superficie. Visto che con l'indagine sismica Masw e Down-Hole non è stato raggiunto il substrato rigido, il profilo di V_s con la profondità è stato estrapolato mantenendo il gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale fino al raggiungimento di $V_s = 800$ m/s (metodo consigliato nell'Atto d'indirizzo 112/2007 per le analisi di III livello dalla Regione Emilia Romagna). Nota "H" (149 m) e noto il V_{seq} (312 m/s) dalla tabella che segue – "Tabella 3.2-2" – Valori di V_{S30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{SH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza

intermedia (ICMS) si determina il V_{sH} alla profondità di 147 m che risulta essere pari a 211.2 m/s
 corrispondente a V_{seq} uguale a 312 m/s.

Tabella 3.2.2 - Valori di V_{30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

	V_{sH} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	143.8	191.0	238.0	285.9	335.2	385.1	435.6	486.3	589.3	693.9
40	139.2	184.1	228.8	275.3	324.1	374.0	424.8	476.1	581.4	689.4
50	131.6	172.7	213.7	257.9	306.0	355.7	407.1	459.5	568.5	682.1
60	126.7	165.4	204.0	246.7	294.3	344.1	395.7	448.9	560.3	677.5
70	122.7	159.4	196.0	237.5	284.8	334.6	386.5	440.3	553.8	673.8
80	120.6	156.4	191.9	232.8	280.0	329.7	381.8	436.0	550.5	671.9
90	118.6	153.3	187.9	228.1	275.1	324.9	377.2	431.6	547.1	670.1
100	116.5	150.2	183.7	223.4	270.2	320.0	372.5	427.3	543.8	668.3
110	115.5	148.7	181.6	220.9	267.7	317.5	370.2	425.0	542.1	667.3
120	114.4	147.1	179.5	218.5	265.2	315.0	367.8	422.8	540.5	666.4
130	113.4	145.5	177.3	216.1	262.6	312.6	365.4	420.6	538.8	665.4
140	112.3	143.9	175.2	213.4	260.1	310.1	363.0	418.4	537.1	664.5
150	111.2	142.3	173.1	211.2	257.5	307.5	360.6	416.2	535.4	663.6

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FA		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$V_{ss} (m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.37	1.86	1.72	1.48	1.28	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01
	10	2.62	2.40	2.07	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	1.07	1.02
	15	2.25	2.35	2.21	1.96	1.75	1.55	1.40	1.28	1.13	1.04
	20	1.86	2.12	2.15	1.98	1.80	1.62	1.48	1.36	1.18	1.06
	25	1.86	1.88	1.98	1.94	1.80	1.63	1.51	1.39	1.21	1.08
	30	-	1.86	1.87	1.80	1.75	1.62	1.50	1.39	1.22	1.08
	35	-	1.83	1.83	1.71	1.63	1.58	1.48	1.39	1.21	1.08
	40	-	1.79	1.80	1.71	1.56	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08
	50	-	1.61	1.74	1.67	1.56	1.45	1.36	1.30	1.18	1.06
	60	-	1.53	1.66	1.62	1.54	1.43	1.34	1.27	1.15	1.05
	70	-	1.43	1.56	1.59	1.49	1.41	1.32	1.25	1.13	1.03
	80	-	1.41	1.53	1.49	1.47	1.37	1.31	1.23	1.12	1.02
	90	-	1.33	1.46	1.47	1.42	1.36	1.28	1.22	1.10	1.01
	100	-	1.22	1.40	1.42	1.39	1.33	1.27	1.20	1.09	1.00
	110	-	1.16	1.36	1.38	1.34	1.29	1.24	1.19	1.08	0.99
120	-	1.17	1.27	1.34	1.32	1.27	1.21	1.17	1.07	0.98	
130	-	1.11	1.21	1.31	1.28	1.26	1.19	1.15	1.06	0.98	
140	-	1.04	1.19	1.27	1.25	1.22	1.18	1.13	1.05	0.96	
150	-	1.00	1.17	1.21	1.22	1.19	1.16	1.11	1.03	0.96	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g (g)$		Profilo di velocità					
FV		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$V_{ss} (m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.18	1.09	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00
	15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.01
	20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01
	25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.02
	30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.03
	35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.03
	40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.04
	50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.05
	60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.06
	70	-	2.20	2.16	2.06	1.89	1.72	1.56	1.43	1.21	1.08
	80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.09
	90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.09
	100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.09
	110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.09
120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.08	
130	-	1.94	1.87	1.72	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.06	
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.05	
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.04	

L'ingresso in abaco, utilizzando valori sempre più cautelativi, mostra valori di F_A e F_V indicati di seguito:

FA=1.17

e

FV=1.80

Zona sismica Mz b3 (zona delle torri T01 e T02)

Assumendo alla profondità di 86.0 m la presenza del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), e considerando l'assenza di inversioni sismiche nello strato effettivamente indagato, possiamo utilizzare, per il calcolo dei fattori di amplificazione FA e FV, gli abachi di riferimento messi a disposizione dalla Protezione Civile negli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica.

Per l'ingresso nell'abaco di riferimento occorrono, oltre alla profondità del badrock sismico, altre indicazioni che comprendono i seguenti parametri:

9. Macrozona di pericolosità sismica (PGA);
 10. Litologia prevalente dei terreni di copertura;
 11. Velocità media delle Onde S nei terreni di copertura V_{HS} ,
 12. Profilo di velocità Onde S.
- 7) La macrozona di pericolosità sismica, in cui ricade la zona di stretto interesse, ha un PGA pari a 0.175 g con una magnitudo attesa a distanza di 5 km pari 5.2.
- 8) La litologia prevalente nei terreni di copertura è argillosa, la quale risulta continua in profondità.
- 9) Il " V_sH " rappresenta la velocità media delle onde di taglio dal substrato rigido ($V_s=800$ m/s) posto a profondità " H " alla superficie. Visto che con l'indagine sismica Masw e Down-Hole non è stato raggiunto il substrato rigido, il profilo di V_s con la profondità è stato estrapolato mantenendo il gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale fino al raggiungimento di $V_s = 800$ m/s (metodo consigliato nell'Atto d'indirizzo 112/2007 per le analisi di III livello dalla Regione Emilia Romagna). Nota " H " (86 m) e noto il V_{seq} (3106 m/s) dalla tabella che segue – "Tabella 3.2-2" – Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza

intermedia (ICMS) si determina il V_{sH} alla profondità di 90 m che risulta essere pari a 228.1 m/s
 corrispondente a V_{seq} uguale a 348 m/s.

Tabella 3.2.2 - Valori di V_{30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

	V_{sH} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	143.8	191.0	238.0	285.9	335.2	385.1	435.6	486.3	589.3	693.9
40	139.2	184.1	228.8	275.3	324.1	374.0	424.8	476.1	581.4	689.4
50	131.6	172.7	213.7	257.9	306.0	355.7	407.1	459.5	568.5	682.1
60	126.7	165.4	204.0	246.7	294.3	344.1	395.7	448.9	560.3	677.5
70	122.7	159.4	196.0	237.5	284.8	334.6	386.5	440.3	553.8	673.8
80	120.6	156.4	191.9	232.8	280.0	329.7	381.8	436.0	550.5	671.9
90	118.6	153.3	187.9	228.1	275.1	324.9	377.2	431.6	547.1	670.1
100	116.5	150.2	183.7	223.4	270.2	320.0	372.5	427.3	543.8	668.3
110	115.5	148.7	181.6	220.9	267.7	317.5	370.2	425.0	542.1	667.3
120	114.4	147.1	179.5	218.5	265.2	315.0	367.8	422.8	540.5	666.4
130	113.4	145.5	177.3	216.1	262.6	312.6	365.4	420.6	538.8	665.4
140	112.3	143.9	175.2	213.6	260.1	310.1	363.0	418.4	537.1	664.5
150	111.2	142.3	173.1	211.2	257.5	307.5	360.6	416.2	535.4	663.6

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FA		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{50} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.37	1.86	1.72	1.48	1.28	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01
	10	2.62	2.40	2.07	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	1.07	1.02
	15	2.25	2.35	2.21	1.96	1.75	1.55	1.40	1.28	1.13	1.04
	20	1.86	2.12	2.15	1.98	1.80	1.62	1.48	1.36	1.18	1.06
	25	1.86	1.88	1.98	1.94	1.80	1.63	1.51	1.39	1.21	1.08
	30	-	1.86	1.87	1.80	1.75	1.62	1.50	1.39	1.22	1.08
	35	-	1.83	1.83	1.71	1.63	1.58	1.48	1.39	1.21	1.08
	40	-	1.79	1.80	1.71	1.56	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08
	50	-	1.61	1.74	1.67	1.57	1.45	1.36	1.30	1.18	1.06
	60	-	1.53	1.66	1.62	1.54	1.43	1.34	1.27	1.15	1.05
	70	-	1.43	1.56	1.59	1.49	1.41	1.32	1.25	1.13	1.03
	80	-	1.41	1.53	1.49	1.47	1.37	1.31	1.23	1.12	1.02
	90	-	1.33	1.46	1.47	1.42	1.36	1.28	1.22	1.10	1.01
	100	-	1.22	1.40	1.42	1.39	1.33	1.27	1.20	1.09	1.00
	110	-	1.16	1.36	1.38	1.34	1.29	1.24	1.19	1.08	0.99
120	-	1.17	1.27	1.34	1.32	1.27	1.21	1.17	1.07	0.98	
130	-	1.11	1.21	1.31	1.28	1.26	1.19	1.15	1.06	0.98	
140	-	1.04	1.19	1.27	1.25	1.22	1.18	1.13	1.05	0.96	
150	-	1.00	1.17	1.21	1.22	1.19	1.16	1.11	1.03	0.96	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FV		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{50} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.18	1.09	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00
	15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.01
	20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01
	25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.02
	30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.03
	35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.03
	40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.04
	50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.05
	60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.06
	70	-	2.20	2.16	2.06	1.93	1.72	1.56	1.43	1.21	1.08
	80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.09
	90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.09
	100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.09
	110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.09
120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.08	
130	-	1.94	1.87	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.06	
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.05	
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.04	

L'ingresso in abaco, utilizzando valori sempre più cautelativi, mostra valori di F_A e F_V indicati di seguito:

FA=1.46

e

FV=1.92

8.2 LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Per la classificazione sismica dei terreni di sedime come terreni stabili soggetti ad amplificazione locale e non in zone suscettibili di instabilità, è stata presa in considerazione anche la potenziale suscettibilità alla liquefazione dei terreni.

Nelle NTC del 17-01-2018 vengono elencati tutti i casi di esclusione dalla verifica a Liquefazione dei terreni.

Dalla verifica eseguita emerge che i terreni di sedime del parco in progetto presentano una variabilità granulometrica, la quale in nessun caso può essere classificata sabbia sciolta o terreno prettamente sabbioso.

Infatti, dalle analisi granulometriche eseguite sui n. 4 campioni indisturbati prelevato nei sondaggi meccanici eseguiti, risulta che i terreni sono prettamente argillosi e limosi e rientrano mai nei campi di possibile liquefazione sia nel Caso con $U_c > 3.5$ sia nel caso di $U_c < 3.5$; inoltre l'assenza di falda freatica è ancora motivo di esclusione dalla passibile liquefazione dei terreni.

Di seguito si riporta le motivazione di esclusione alla verifica a liquefazione indicata nella NTC 2018.

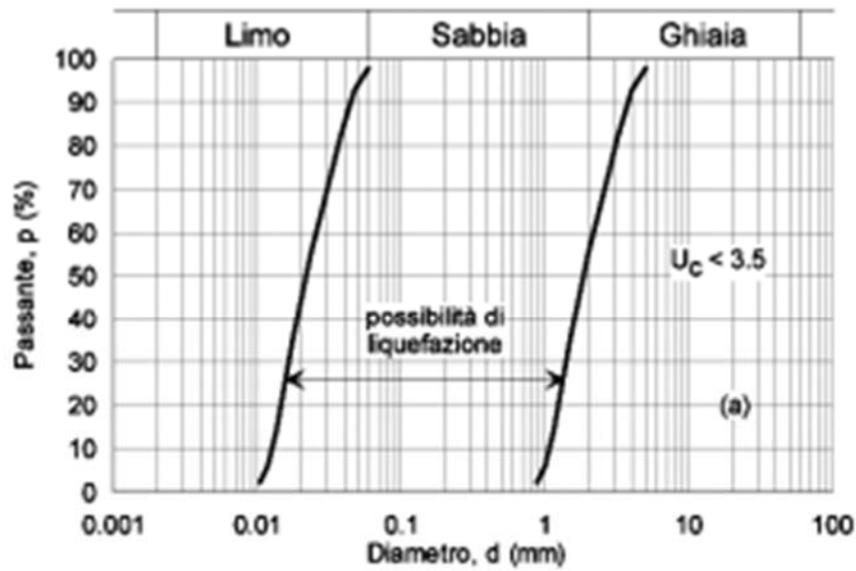
L'assenza di falda freatica è già motivo di esclusione dalla probabilità di liquefazione dei terreni, ma per l'estensione dell'area del parco prendiamo anche in considerazione la granulometria dei terreni; infatti, le n. 4 granulometrie eseguite sui campioni indisturbati evidenziano che i terreni investigati non rientrano nei campi di possibile liquefazione, come indicato del grafico seguente della

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

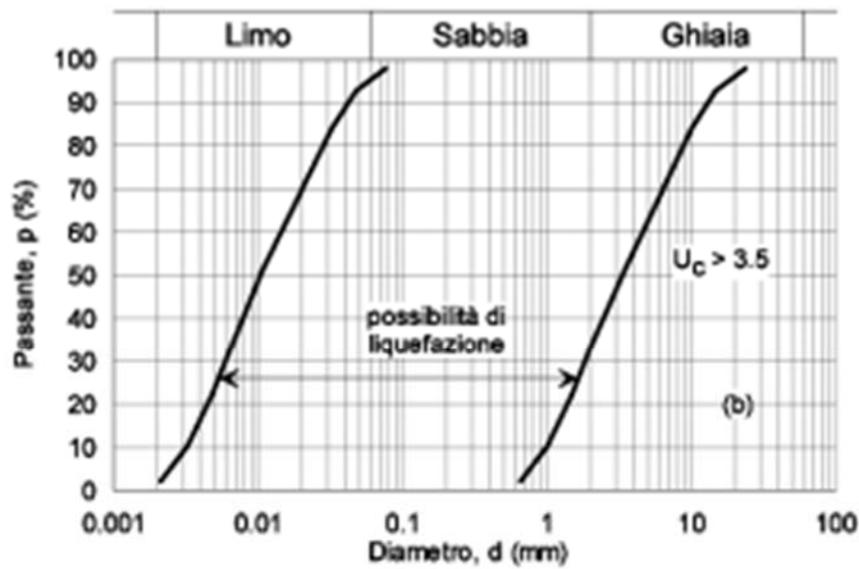
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

figura 7.11.1 delle NTC 2018.



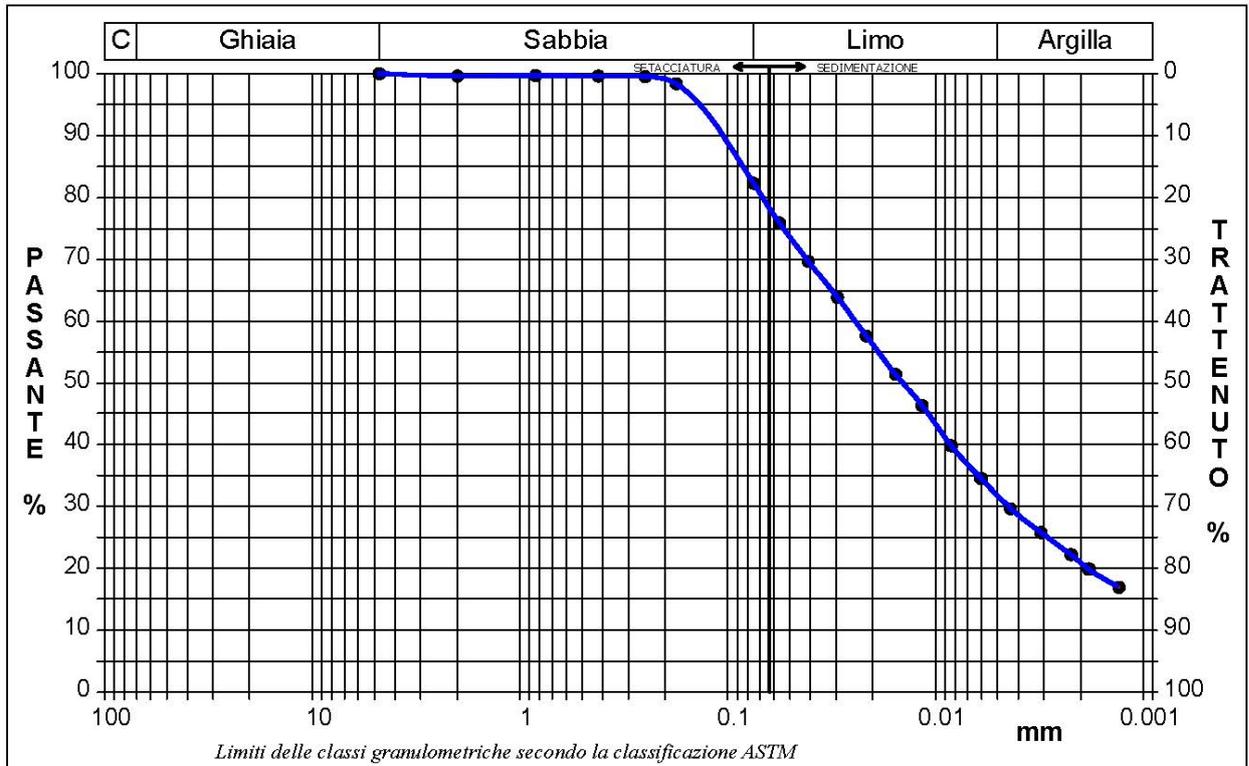
a)



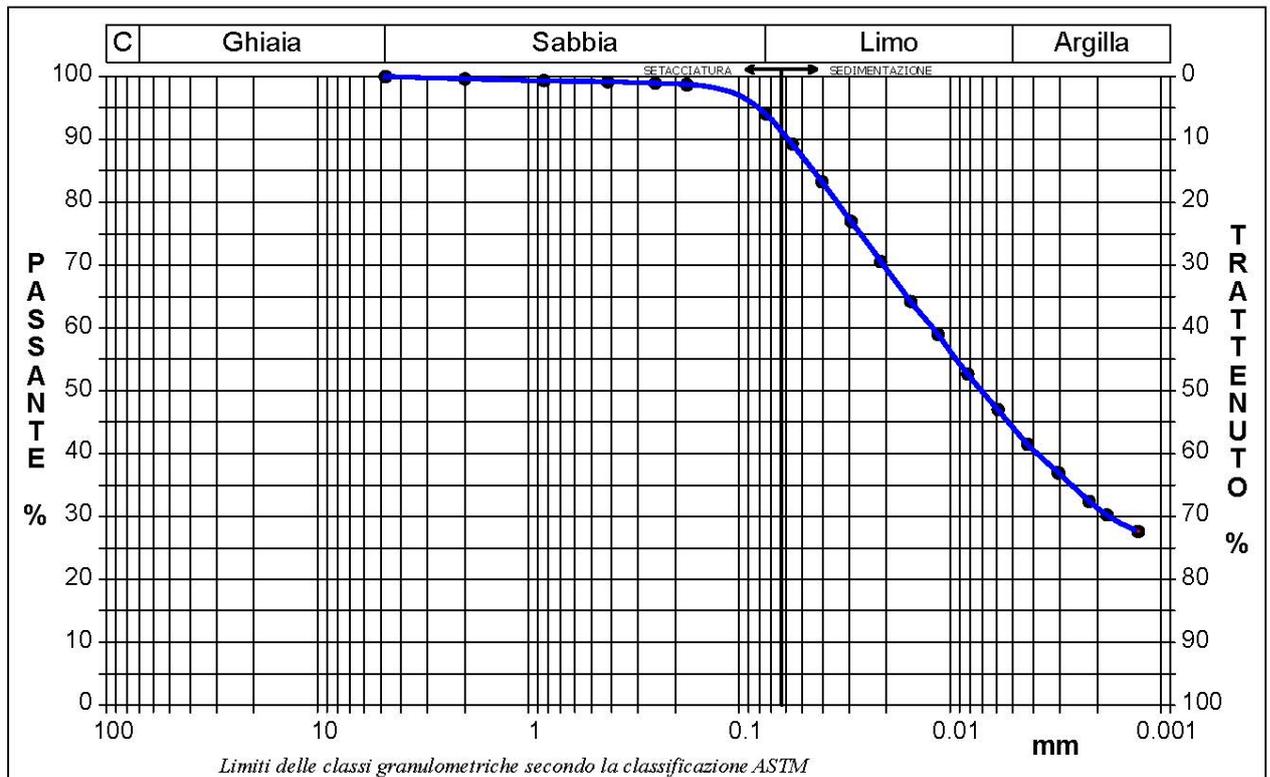
b)

Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

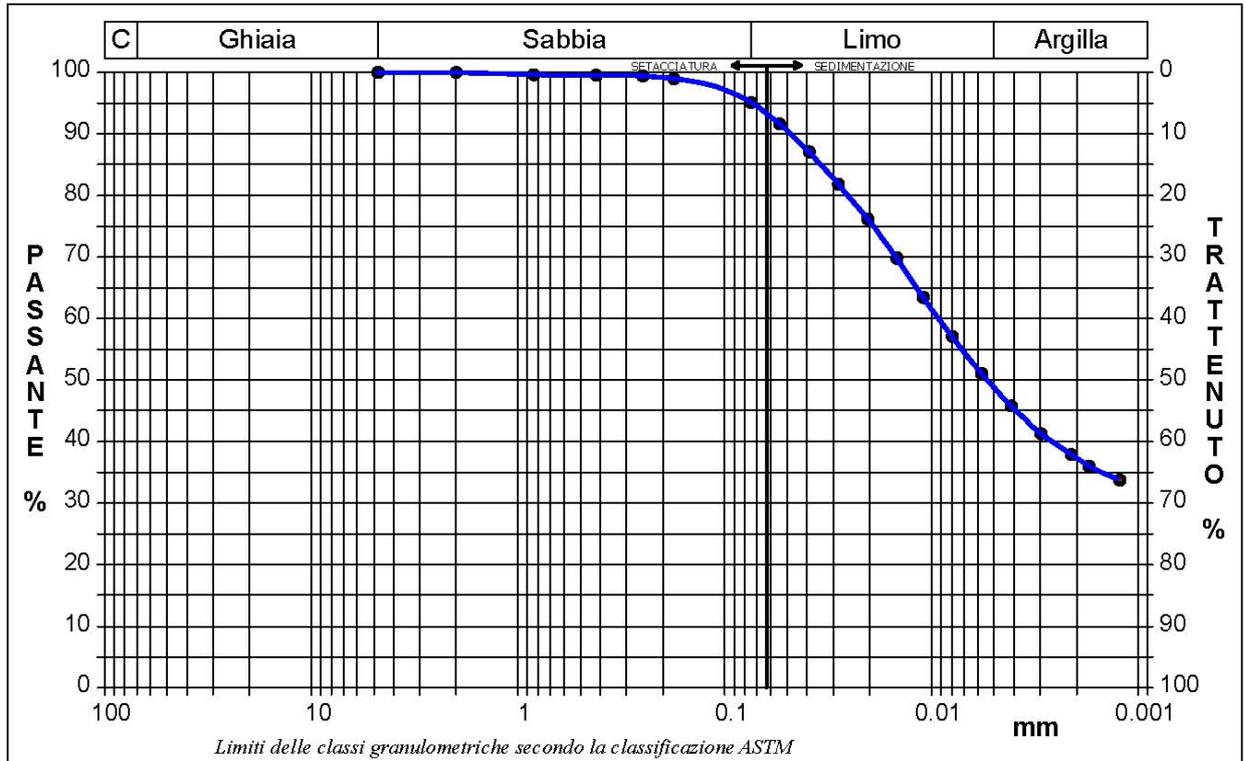
SONDAGGIO 1 CAMPIONE 1



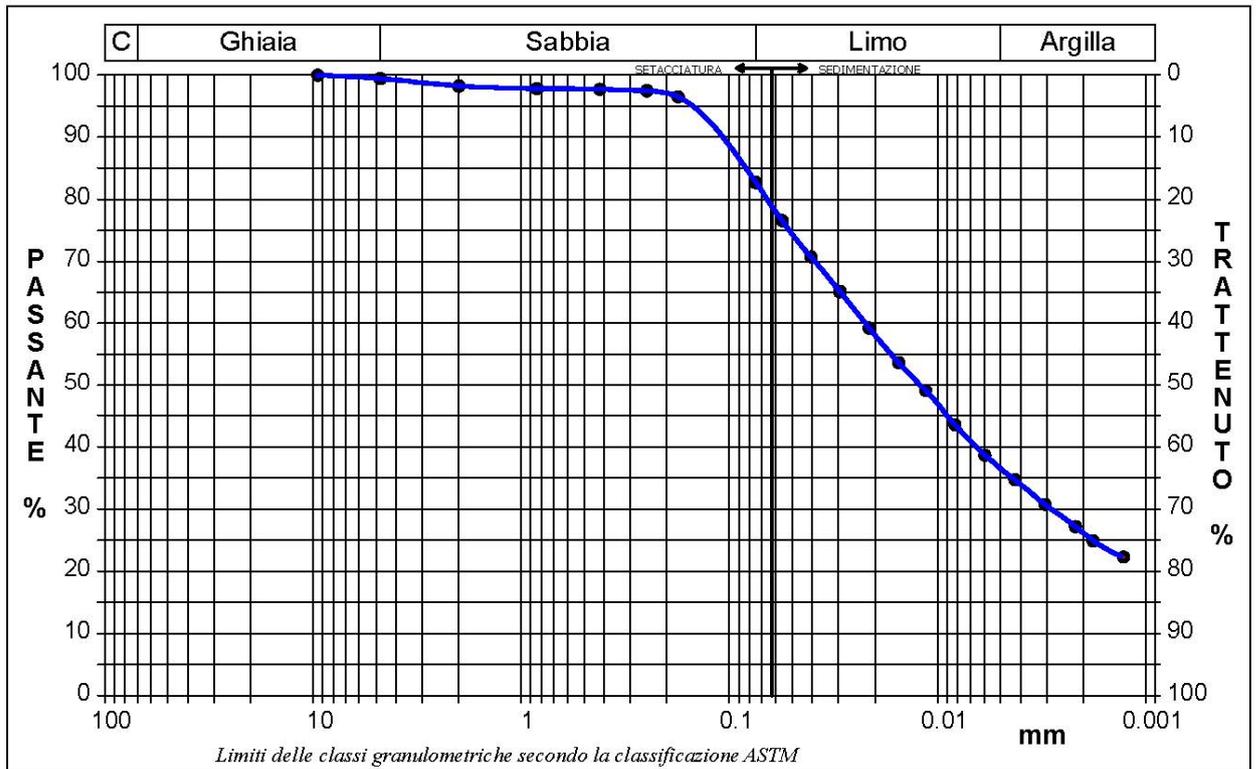
SONDAGGIO 2 CAMPIONE 1



SONDAGGIO 2 CAMPIONE 2



SONDAGGIO 3 CAMPIONE 1



9 CONSIDERAZIONI SUI TERRENI DI FONDAZIONE

Il parco eolico in progetto sarà realizzato su un'area pianeggiante disposta alla sinistra idrografica del torrente "Pantano di Iesce". La piana leggermente ondulata per la presenza di fossi che convogliano le acque nel collettore principale è composta da terreni limoso argillosi appartenenti alle Argille Subappennine, i quali presentano discrete caratteristiche geotecniche e sono privi di instabilità sia profonda che superficiale o areale.

In generale sono terreni argilloso-limosi, in cui non vi è presenza di acqua di falda.

9.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

- Valori medi (Vm) dei terreni di sedimentazione marina composti dalle argille beige-giallastre superficiali

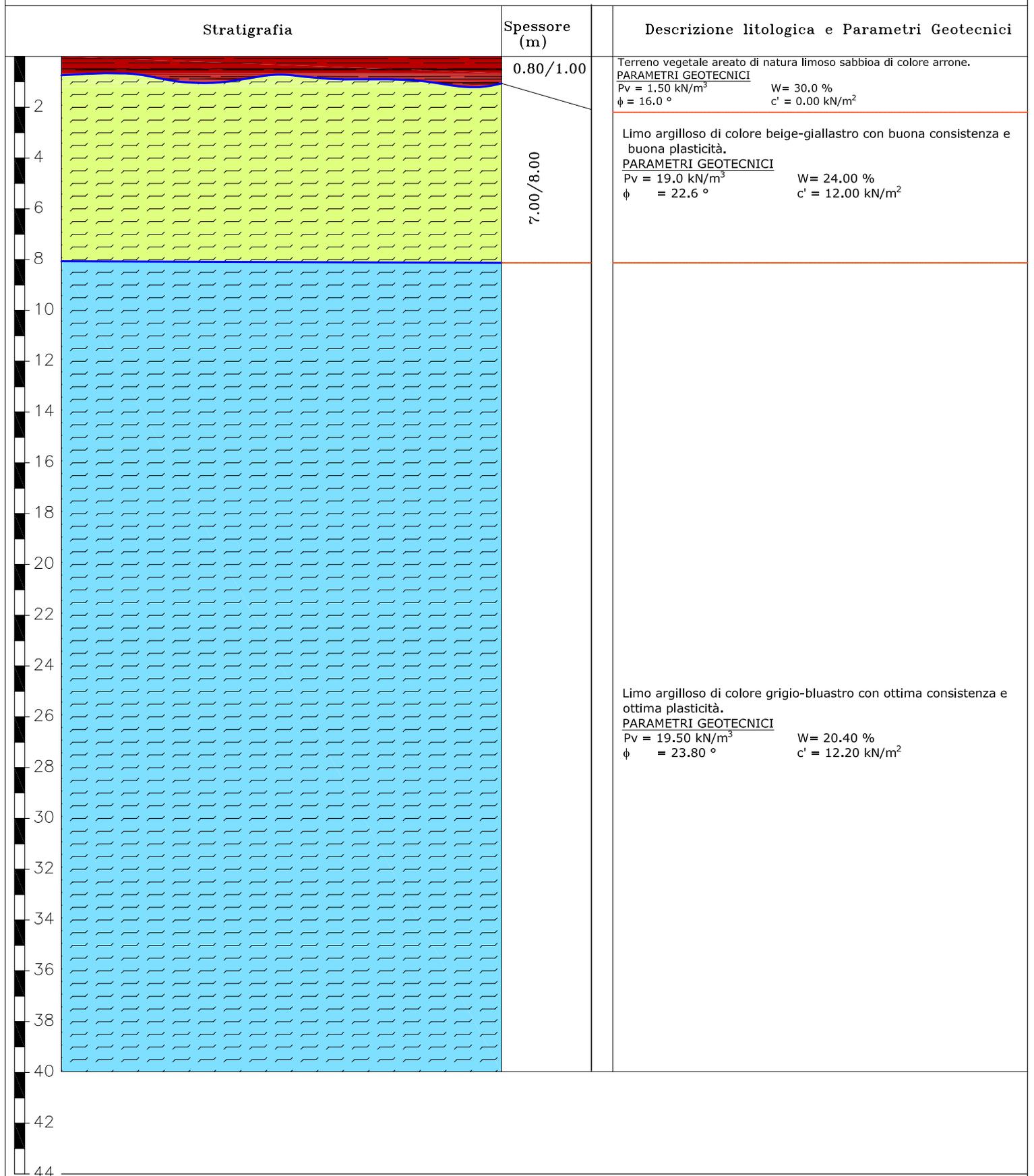
<input type="checkbox"/> Peso di volume naturale	$P_v = 19.0 \text{ kN/m}^3$
<input type="checkbox"/> Contenuto Naturale di acqua	$W = 24.0 \%$
<input type="checkbox"/> Coesione	$c = 12.00 \text{ kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno	$\phi = 22.60^\circ$

- Valori medi (Vm) dei terreni di sedimentazione marina composti dalle argille grigio-azzurre profonde

<input type="checkbox"/> Peso di volume naturale	$P_v = 19.50 \text{ kN/m}^3$
<input type="checkbox"/> Contenuto Naturale di acqua	$W = 20.40 \%$
<input type="checkbox"/> Coesione	$c = 12.20 \text{ kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno	$\phi = 23.80^\circ$

Di seguito si riporta uno schema geotecnico dei terreni di fondazione in cui saranno ancorate le fondazioni dei pannelli solari per i primi metri di profondità.

MODELLO GEOLOGICO TECNOCO DI RIFERIMENTO DEI TERRENI DI SEDIME Scala 1:200



10 ANALISI DI STABILITA' DI VERSANTE

L'intero parco eolico in progetto è ubicato in zone completamente pianeggianti in cui non vi sono versanti la cui pendenza necessita di essere investigata tramite l'esecuzione di verifiche di stabilità di versante.

Pertanto, per le caratteristiche morfologiche delle aree interessate dell'ubicazione del parco e delle strade di progetto non è necessario eseguire delle verifiche specifiche.

11 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I lavori in progetto prevedono la costruzione di un parco eolico composto da n. 7 aerogeneratori con annesse piste e piazzole di stoccaggio, disposto su un'area pianeggiante argilloso-limosa che si trova nella parte di sinistra idrografica del torrente "Pantano di Iesce".

La verifica delle fondazione deve necessariamente tenere conto dei fattori inerenti la stabilità dell'opera; composizione geotecnica dell'area di sedime; portanza del terreno; geologia della zona direttamente interessata e quella delle zone circostanti; stato di addensamento; compressibilità del terreno; permeabilità; falda acquifera; distribuzione nel terreno delle tensioni indotte; spessore dello strato reagente; zonazione sismica; consolidazione; condizioni orografiche e geomorfologiche; stabilità del versante; assetto intra-fissurale del terreno di sedime.

L'ubicazione del parco eolico in progetto, evidenzia la buona disposizione dello stesso in relazione alla litologia dei terreni affioranti e alla geomorfologia delle zone interessate, infatti, esse ricadono tutte su terreni con discrete caratteristiche geotecniche, ed esenti da problematiche di stabilità.

Dal punto di vista sismico, i terreni del sito indagato appartengono alla categoria "C" e dalle verifiche effettuate non vi è la presenza del bedrock sismico nei primi 30.0 mt di profondità, pertanto per il sito è stata eseguita una verifica di risposta sismica locale di secondo livello .

Tutte le caratteristiche geologiche individuate nel presente lavoro hanno evidenziato che, come indicato nell'elaborato T07 "Carta di Sintesi Finale della Criticità e Pericolosità Geologica e Geomorfologica" l'area di sedime del parco fotovoltaico in progetto compreso la pista perimetrale esterna ricade in un'area con criticità puntuale e moderata.

In conclusione, dalle risultanze ottenute riportate nella presente relazione, sulla base degli elementi a disposizione derivanti dai dati fisici e meccanici ottenuti nella campagna di indagine eseguita, dai rilievi geologici e geomorfologici di superficie, considerando altresì le discrete qualità portanti del terreno, si evince che l'area in esame, da un punto di vista geologico-tecnico è idonea come terreno di fondazione e, pertanto, si formula parere positivo per la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto.

Matera 16 giugno 2023

Il Geologo
Dott. Maurizio Giacomino