



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di MANFREDONIA



Proponente	LUCKY WIND s.p.a. Piazza C. Battisti, 27 71121 Foggia Tel. 0881.630470-630404 Fax 0881.630417 P.IVA 02116900719				
Progettazione Generale, elettrica e Coordinamento	 STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net				
Studio Paesaggistico e Ambientale	 VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com		Studio Geologico e idraulico	Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg) Tel./Fax 0884.965793 Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@tiscali.it	
Studio Archeologico	 ARCHEO LOGICA srl Dott. Vincenzo Ficco Tel. 0881.750334 E-Mail: info@archeologicasrl.com		Studio Naturalistico	Dott. Forestale Luigi Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	
Studio Acustico	Arch. Marianna Denora Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA) Tel. Fax 080 3147468 E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it		Studio Agronomico	Dott.Agr. Ursitti F. Emidio Via Trieste, 7 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	
Opera	Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino, di potenza pari a 49,912 MWp, e sistema di accumulo di energia elettrica di 25MW/50MWh, con potenza complessiva ai fini della connessione pari a 75 MW, su terreni con vincolo ZVN (zone a vulnerabilità da nitrati - d.g.r. n. 1408 del 06/09/2016), come programma di riconversione temporanea e miglioramento bio-strutturale dei suoli oggetto dell'intervento e delle falde sotterranee, finalizzato al recupero del loro valore agronomico, nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto.				
Procedimento	ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE UNICA ai sensi dell'art. 12 del D.lgs. 387/2003 e s.m.i.				
Oggetto	Folder: Relazioni e documenti del progetto definitivo dell'impianto				
	Nome Elaborato: JOQSENO_Relazione_Geologica.pdf				
	Descrizione Elaborato: Relazione geologica del progetto definitivo				
02	Dicembre 2020	Integrazioni procedimento A.U.	Vega	Arch. A.Demaio	LUCKY WIND S.p.a.
01	Gennaio 2020	Progetto definitivo per Istanza di A.U.	Vega	Arch. A.Demaio	LUCKY WIND S.p.a.
00	Luglio 2019	Richiesta di V.I.A.	Vega	Arch. A.Demaio	LUCKY WIND S.p.a.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala: NC	Codice Pratica JOQSENO				
Formato:					



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

INDICE

<i>1- Premessa</i>	<i>Pag. 2</i>
<i>2- Inquadramento geografico dell'area</i>	<i>Pag. 5</i>
<i>3- Inquadramento geologico strutturale</i>	<i>Pag. 6</i>
<i>3.1 – Geologia Generale</i>	<i>Pag. 6</i>
<i>3.2 – Geologia di Dettaglio</i>	<i>Pag. 8</i>
<i>3.3 – Geomorfologia</i>	<i>Pag. 11</i>
<i>4- Sismicità</i>	<i>Pag. 13</i>
<i>5- Indagini Eseguite</i>	<i>Pag. 16</i>
<i>5.1 – Sondaggio Meccanico</i>	<i>Pag. 16</i>
<i>5.2 – Prospezione Sismica a Rifrazione</i>	<i>Pag. 19</i>
<i>5.3 – Indagini di Laboratorio</i>	<i>Pag. 20</i>
<i>6 – Caratteristiche Litotecniche del Terreno</i>	<i>Pag. 21</i>
<i>7 – Considerazioni Conclusive</i>	<i>Pag. 23</i>



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

- 1 - PREMESSA

Su incarico della proponente Società Società LUCKY WIND Spa, con sede in Foggia alla P.zza C. Battisti 27, la scrivente, *Dott.ssa Giovanna Amedei*, geologa, iscritta all'O.R.G. della Puglia al n. 438 e con studio professionale in Rodi Garganico, alla Via Pietro Nenni n. 4, ha eseguito gli studi e redatto la presente relazione a supporto del progetto di ***“Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino, di potenza pari a 49,912 MWp, e sistema di accumulo di energia elettrica di 25MW/50MWh, con potenza complessiva ai fini della connessione pari a 75 MW, su terreni con vincolo ZVN (zone a vulnerabilità da nitrati - d.g.r. n. 1408 del 06/09/2016), come programma di riconversione temporanea e miglioramento bio-strutturale dei suoli oggetto dell'intervento e delle falde sotterranee, finalizzato al recupero del loro valore agronomico, nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto”***.

Nella presente relazione si descrivono le caratteristiche geologico-strutturali, stratigrafiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del territorio interessato dalle o-



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

pere in progetto, con l'obiettivo di ricostruire il modello geologico locale.

Saranno anche forniti gli elementi necessari a definire il grado di pericolosità geomorfologica, idraulica e sismica del territorio, da considerare in fase progettuale al fine di garantire la conformità delle opere ai sensi della vigente normativa tecnica di settore.

A supporto dello studio di dettaglio sono state eseguite attività di rilevamento geologico per la verifica della litologia e dei rapporti stratigrafici tra le formazioni affioranti e volti a compilare gli elaborati grafici (carta e sezioni geologiche) illustrativi del modello geologico locale.

Sono state eseguite anche indagini sismiche per integrare i dati del rilievo geologico di superficie, fornire indicazioni sull'assetto stratigrafico del sottosuolo e classificare il terreno secondo quanto previsto dal par. 3.2.2 delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

In relazione ai vincoli di interesse geologico esistenti, le aree in esame:

 ricade in zona sismicamente attiva e legalmente classificata come Zona 2 così come da Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/03/03.

Infine, dal punto di vista della legislazione di settore applicabile, si sono tenute in debito conto le indicazioni programmatiche e tecniche, oltre che le norme cogenti, contenute nei seguenti provve-



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

dimenti:

<i>Decreto 17 Gennaio 2018</i>	<i>Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni</i>
<i>Ordinanza P.C.M. n. 3274 20/03/03 e s.m. e i.</i>	<i>"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica</i>
<i>Circ. Min. LL. PP. n. 30483 del 24/09/1988</i>	<i>"Norme di attuazione del D.M. 11.03.1988";</i>
<i>DM LL.PP. 11/03/88</i>	<i>"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01/06/88, n.127 Suppl.</i>
<i>R.D. n° 3267/23</i>	<i>Vincolo idrogeologico</i>
<i>NTA del PAI –Puglia del 30/11/05</i>	<i>Norme Tecniche di attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia</i>
<i>L.R. n°11 del 12/4/2001</i>	<i>"Norme sulla valutazione dell'impatto ambientale"</i>



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'area di intervento è sita nell'agro di Manfredonia (Fig. 1) in località "Panetteria del Conte", con coordinate geografiche baricentriche del sito pari a:

Latitudine	Longitudine
41°26'30"N	15°46'41"E

Tale area risulta situata a 18 Km ad Est di Foggia e 23 Km a Sud – Sud Ovest di Manfredonia

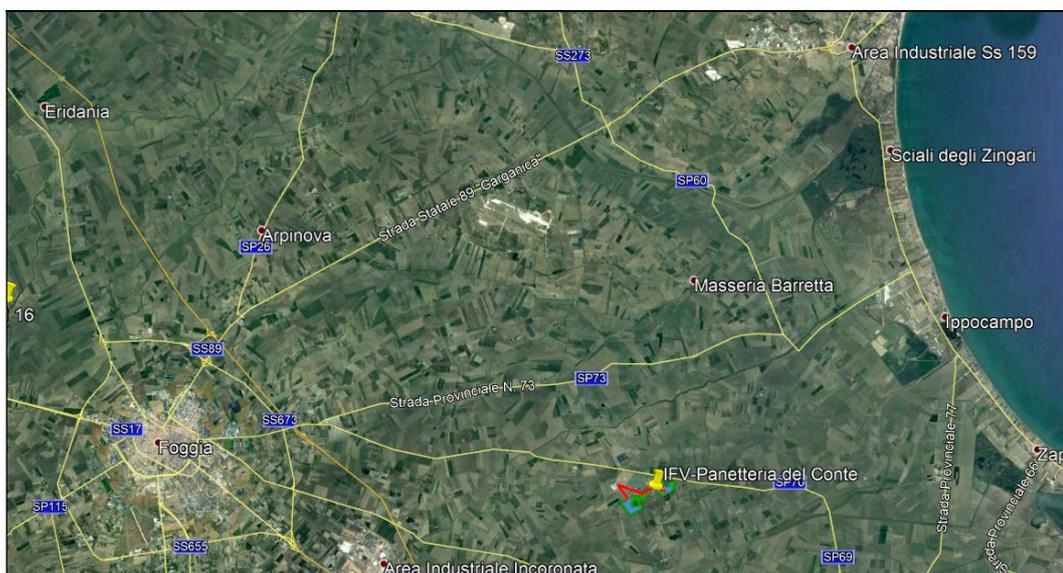


Fig. 1: Ubicazione dell'area d'intervento

Dal punto di vista catastale l'area è individuabile nel seguente modo:

Foglio di Mappa	P.lle
127	113
128	118, 159, 160 e 161



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

3.1 – Geologia Generale

L'area progettuale si colloca nella parte meridionale del Tavoliere foggiano, precisamente in un'area compresa tra l'alveo del Torrente Carapelle (a sud) e quello del Torrente Cervaro (a nord).

Dal punto di vista geologico-strutturale, il Tavoliere si configura come un'estesa depressione di origine tettonica interposta tra i rilievi strutturali delle Murge e del Gargano ed inquadrabile nel sistema di Avanfossa ("Fossa Bradanica") che delimita il margine orientale della catena appenninica (Fig.2).

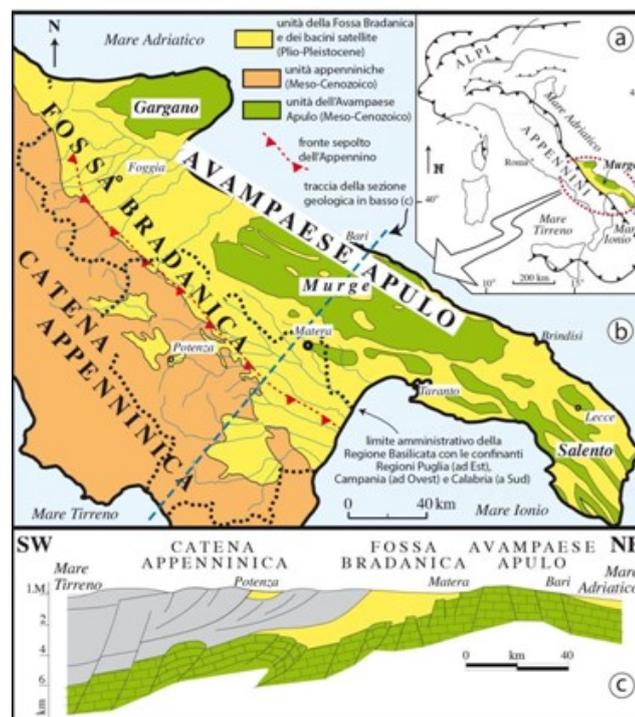


Fig. 2: Schema geologico schematico della Fossa Bradanica e delle aree limitrofe (da Cotecchia V., 2014).



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

Il Tavoliere, inteso come macrostruttura costituente parte del sistema di avanfossa, risulta a sua volta solcato da sistemi di faglie che lo suddividono in vari settori dislocati nel sottosuolo a profondità variabili.

In particolare, il Tavoliere centro-meridionale risulta delimitato da importanti lineazioni tettoniche a direzione anti-appenninica (ENE-WSW) quali la Manfredonia - Sorrento a Nord e la Trinitapoli-Paestum a Sud.

L'altro sistema principale di faglie, ad andamento prevalentemente appenninico (WNW- ESE), determina invece la suddivisione del substrato carbonatico in una serie di blocchi, dislocati nel sottosuolo a profondità crescenti procedendo da est verso ovest.

Per le insite caratteristiche altimetrico - strutturali, quest'area è stata interessata, soprattutto nel Pliocene, da notevoli fenomeni di subsidenza e da un'intensa sedimentazione, seguita da un sollevamento generalizzato su vasta scala innescatosi a partire dal Pleistocene inferiore.

In epoca tardo-pleistocenica ed olocenica ha invece risentito soprattutto delle oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino, che hanno dato origine ad una serie di terrazzamenti che rappresentano uno degli elementi geomorfologici caratterizzanti di tutta l'area del Tavoliere.



3.2 – Geologia di Dettaglio

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento è inquadrabile nel Foglio n. 164 – Foggia - della Carta Geologica d'Italia a Scala 1:100.000 (Fig. 3).

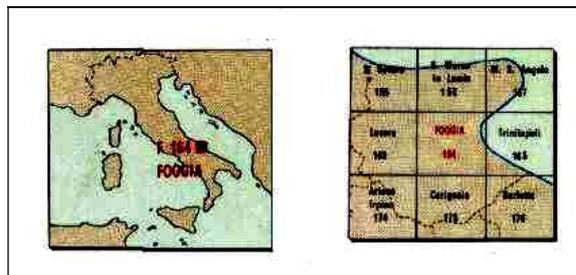


Fig. 3: Inquadramento geologico dell'area

Nello specifico i terreni dell'area in questione, in base alle caratteristiche rinvenute nel corso del rilevamento geologico, sono ascrivibili (Fig. 4) alla **Formazione delle Alluvioni terrazzate (Qt3)** costituite da sedimenti sabbiosi –argillosi, subordinatamente ciottolosi che presentano frequentemente terre nere e incrostazioni calcaree. Tali alluvioni terrazzate assumono una certa importanza lungo i corsi dei tre torrenti principali: Candelaro, Cervaro e Carapelle.



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

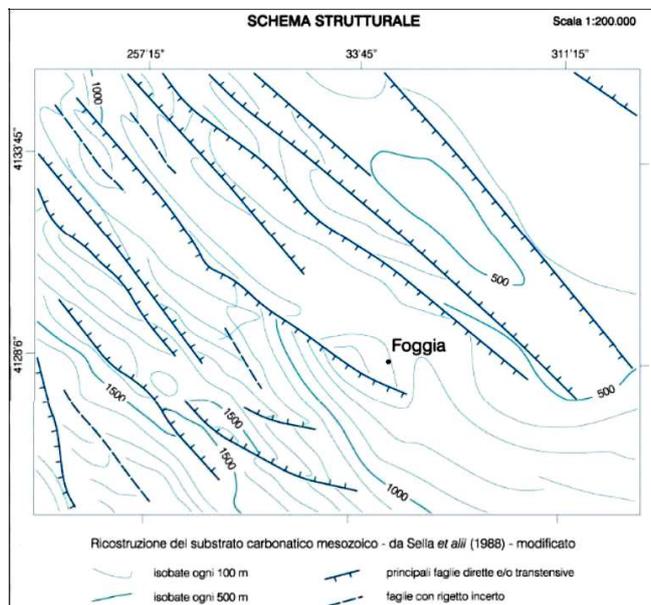


Fig. 5: Schema Strutturale del Tavoliere

Particolare rilevanza riveste la Faglia denominata Foggia – Cerignola Nord, una faglia trascorrente a direzione circa E-O con blocchi ribassati verso Nord di circa 130° , con probabile deformazione degli intervalli stratigrafici ascrivibili a 0,66 Ma. Tale faglia è responsabile anche di diversi sismi registrati in tempi recenti.



3.3 – Geomorfologia

Dal punto di vista morfologico l'area si presenta sostanzialmente pianeggiante e, a tratti, fortemente rimodellata dall'azione antropica che ha ulteriormente addolcito il paesaggio, rendendo l'orografia complessivamente piana.

Le evidenze geomorfologiche, analizzate principalmente attraverso l'esame di foto aeree, hanno consentito di accertare che l'area è caratterizzata dalla presenza di orli di scarpate fluviali che permettono di distinguere i terrazzi fluviali recenti rispetto a quelli antichi.

Tale distinzione risulta importante in quanto i terrazzi antichi non sono comunemente soggetti a esondazioni neanche nel corso di eventi di grande entità al contrario dei terrazzi recenti che, con diversa frequenza, possono essere inondati ed essere interessati dalla dinamica d'alveo (mobilità laterale).

L'area, comunque, allo stato attuale versa in condizioni di sostanziale stabilità idrogeomorfologica come confermato dalla cartografia P.A.I. (Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia dalla quale si evince (Fig. 6) come l'area direttamente interessata dall'impianto fotovoltaico non risulti perimetrata né a pericolosità geomorfologica né idraulica, né a rischio.



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia



Fig. 6: Stralcio aree di intervento in rapporto al PAI



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

4 - SISMICITÀ

La Città di Manfredonia risente della vicinanza a due aree sismogeneticamente attive, il Subappennino Dauno e il Promontorio del Gargano, che sono caratterizzate da un'elevata pericolosità potenziale, sia per il livello di sismicità che per l'intensa attività neotettonica.

Entrambe le aree, infatti, presentano una storia sismica tra le più importanti d'Italia con eventi di **Magnitudo** compresi tra 4 e 5 o superiore a 5 e con allineamenti degli epicentri concentrati tra la Catena Appenninica, l'Avanfossa Bradanica ed il Promontorio (Fig. 7).

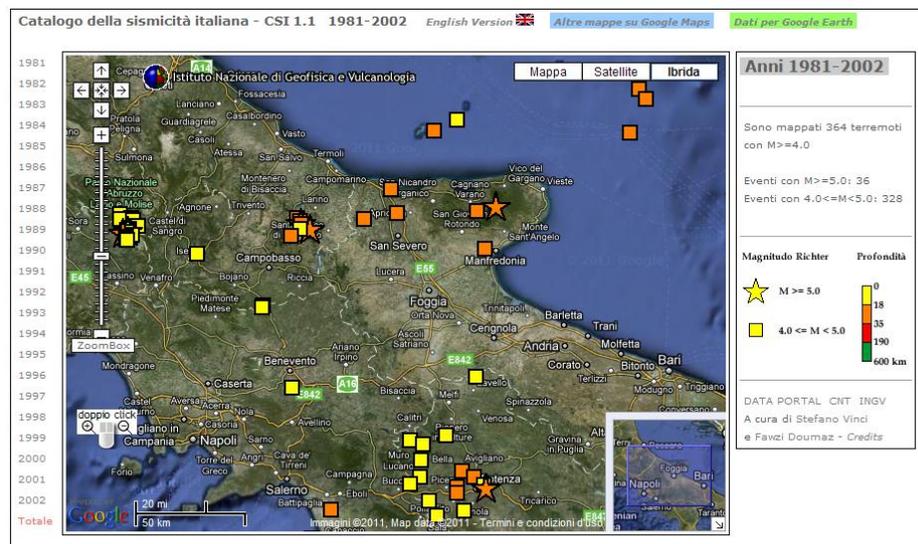


Fig. 7: Distribuzione dei maggiori eventi sismici nell'area di studio

La mappa della zonazione sismogenetica redatta dall'INGV (Fig.8) individua due aree caratterizzate dal mas-



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

simo rilascio di energia legata ai processi distensivi che hanno interessato l'Appennino Meridionale con elevata accelerazione al suolo:

 da **0,200** a **0,275** (colorazione viola - marrone chiaro);

 da **0,125** a **0,150** (colorazione verde)

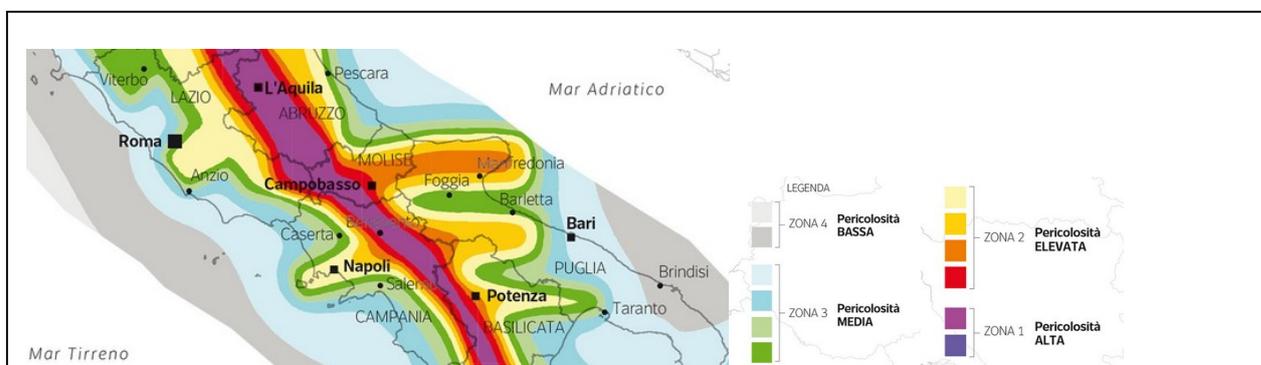


Fig. 8: Pericolosità sismica dell'area di studio

Tali aree coincidono con gli assi della Catena Appenninica e del Promontorio Garganico, lungo i quali è presente un sistema di faglie dirette ad andamento NW – SE.

Oltre al terremoto dell'Irpinia (1980) l'ultimo evento significativo, in ordine temporale, è stato il terremoto del 31/10/2002, con epicentro in Molise; la magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VIII della scala Mercalli.

Gli eventi sismici più forti, verificatisi in epoca storica nelle vicinanze dell'area in studio sono:



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

Data Evento	Zona Evento
<i>dicembre 1456</i>	<i>sequenza appenninica con danni gravi a Casacalenda</i>
<i>5 giugno 1688</i>	<i>Sannio;</i>
<i>8 settembre 1694</i>	<i>Irpinia e Basilicata</i>
<i>14 marzo 1702</i>	<i>Baronia</i>
<i>29 novembre 1732</i>	<i>Irpinia</i>
<i>14 agosto 1851</i>	<i>Basilicata.</i>
<i>16 dicembre 1857</i>	<i>Basilicata.</i>
<i>23 luglio 1930</i>	<i>Irpinia</i>
<i>21 agosto 1962</i>	<i>Irpinia</i>
<i>23 novembre 1980</i>	<i>Irpinia - Basilicata</i>



5 - INDAGINI ESEGUITE

Ai fini della definizione del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione e della determinazione delle caratteristiche geotecniche degli stessi sono state eseguite indagini in sito consistite in:

- n. 1 sondaggio geognostico spinto sino alla profondità di 30 m dal p.c. con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove SPT;
- n. 1 stendimento sismico avente una lunghezza di 36m per la determinazione delle V_{S30} ;

5.1 SONDAGGIO MECCANICO

E' stato realizzato nei pressi dell'area di intervento con requisiti tecnici conformi alle normative vigenti in materia ed adeguate alle caratteristiche dei terreni da attraversare.

Il sondaggio è stato eseguito tramite perforatrice idraulica cingolata tipo EGT MD 710 di fabbricazione Egtechnology Parma. E stato utilizzato un carotiere semplice del diametro di 101 mm. Gli utensili e le attrezzature di perforazione adoperate sono di fabbricazione Boart-Nenzi (Segrate-MI), Geomarc S.r.l. (Monza-MI), Drill Sevice S.n.c. (Mosciano S. Angelo-TE), con aste di perforazione dotate di filettature tronco-coniche 3/8 API regular (ϕ_{est} 76 mm, lun-



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

ghezza 3000 mm), carotiere semplice (ϕ_{est} 101 mm, ϕ_{int} 83 mm, lunghezza 3000 mm).

La percentuale di recupero è stata del 100% per tutti i terreni attraversati e la perforazione si è eseguita in assenza di rivestimento provvisorio del foro vista la presenza di materiali con buone capacità d'autosostenimento.

Nel corso delle operazioni di sondaggio è stata compilata la scheda della stratigrafia riscontrata completa di: descrizione della natura e delle caratteristiche del terreno, data, metodo di perforazione, attrezzatura impiegata, diametro di perforazione, diametro di rivestimento, fluido di circolazione, quota assoluta del punto d'indagine, nominativo del compilatore, quote di prelievo campioni e delle SPT.

Non sono emerse problematiche particolari durate le fasi lavorative. Non si sono verificati rifluimenti di colonna, la velocità d'avanzamento è stata normale.

Nel foro di sondaggio sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.), a punta aperta, i cui risultati sono riportati in tabella, utilizzando attrezzatura standard della NENZI (MI), costituita da campionatore apribile longitudinalmente (lung.utile 630 mm, $\phi_e=50.8$ mm $\phi_i=35$ mm), dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio (massa battente), di peso 63.4 kg (+0.5 kg), con cora a caduta libera di 0.75 m (+0.02 m), aste collegate al cam-



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

pionatore aventi peso per metro lineare 6.50 kg (\pm 0.5 kg/ml). La percussione è stata effettuata secondo le modalità delle norme ASTM n° D 1586/68 “Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil”.

In tabella sono indicati i valori numerici delle prove e le relative definizioni dello stato di consistenza e dell'angolo d'attrito ricavate da opportune correlazioni.

	Profondità (m)	N° colpi SPT	Definizione della consistenza	I_c	c_u Kg/cm²
Sondaggio S1	9,00	7 (8 – 12)	compatto	0,5-0,75	0,5 -1
	20,00	12 (22 – 28)	estrem.compatto	> 1,0	>2

I campioni indisturbati sono stati invece prelevati con campionatore a pareti sottili come da tabella. Su di essi sono state effettuate indagini geotecniche di laboratorio così come da certificati di analisi riportati negli allegati.

	Campioni prelevati	Profondità (m)
Sondaggio S1	C-1	8,00- 8,55
	C-2	18,00 – 18,55



5.2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

La prospezione sismica, ubicata in corrispondenza dell'area oggetto di intervento, ha visto la realizzazione di un profilo sismico a rifrazione, avente uno sviluppo di 36 m. e nella realizzazione in un profilo sismico di tipo MASW che ha consentito la determinazione delle V_{S30} .

E' stato utilizzato un sismometro a rifrazione tipo M.A.E.-A6000S, in configurazione a 24 canali con acquisizione computerizzata dei dati, massa battente di 10 kg quale sorgente generatrice di onde sismiche e sensori (geofoni) con frequenza di 4,5 Hz; questo ha permesso di caratterizzare elastomeccanicamente i terreni in posto. Il profilo ha avuto una lunghezza complessiva di 36 m, con offset di 3 m e interdistanza geofonica pari a 1,5 m.

Con il metodo MASW è stata parametrizzata la velocità delle onde V_s in profondità ricavando un “**modello di velocità del sottosuolo**” correlabile con i diversi litotipi presenti in profondità. La categoria di suolo così determinata ($V_{S30} \approx 345$ m/sec), ai sensi delle NTC 2018, risulta la **categoria C**



5.3 INDAGINI DI LABORATORIO

Sui campioni prelevati sono state effettuate, in ossequio alle normative vigenti (A.S.T.M., U.N.I., A.A.S.H.T.O., C.N.R. e B.S.), le prove e le analisi di laboratorio così come riassunte in Tabella 1 e 2.

Esse sono state effettuate presso il **Geo Test** di Melfi.

<i>Campione</i>	<i>Profondità di prelievo</i>	<i>Peso di volume</i>	<i>Contenuto d'acqua</i>	<i>Peso secco</i>	<i>Indice dei vuoti</i>	<i>porosità</i>	<i>Grado di saturazione</i>	<i>Caratteristiche granulometriche e classificazione AGI</i>	<i>Argilla</i>	<i>Limo</i>	<i>Sabbia</i>	<i>Ghiaia</i>	<i>C'</i>	<i>φ'</i>
<i>nr.</i>	<i>mt.</i>	<i>KN/m³</i>	<i>%</i>	<i>KN/m³</i>	<i>-</i>	<i>%</i>	<i>%</i>		<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>KPa</i>	<i>gradi</i>
<i>C1</i>	<i>8,0–8,55</i>	<i>19,6</i>	<i>25,8</i>	<i>15,6</i>	<i>0,706</i>	<i>41,4</i>	<i>99,3</i>	<i>Argilla con limo</i>	<i>59,5</i>	<i>38</i>	<i>2,5</i>	<i>0</i>	<i>15</i>	<i>11,8</i>
<i>C2</i>	<i>18,00–18,55</i>	<i>19,2</i>	<i>19,8</i>	<i>16</i>	<i>0,645</i>	<i>39,2</i>	<i>82,5</i>	<i>Sabbia con argilla</i>	<i>30</i>	<i>23,9</i>	<i>45,1</i>	<i>0</i>		

Tabella 1

Campioni	S₁/C 1	S₁/ C 2	Limiti di Atterberg
Valori			
LL	65.1 %	36 %	Limite liquido
LP	24.5 %	18.8%	Limite plastico
IP	40.6 %	17.2%	Indice di plasticità
IC	0,97	0,94	Indice di consistenza

Tabella 2



6 - CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI

Dall'esame delle caratteristiche macrostrutturali del carotaggio eseguito, dai risultati delle analisi geotecniche di laboratorio e dai dati dell'indagine sismica è stato possibile raggruppare, nonostante una certa variabilità granulometrica locale, i diversi litotipi costituenti il sottosuolo in unità litotecniche (complessi) per ognuna delle quali si sono definite le principali caratteristiche geomeccaniche (modello geologico-geotecnico). In particolare i terreni che saranno interessati dalle fondazioni, ad esclusione della coltre più superficiale data da terreno vegetale, sono caratterizzati da tre sostanziali complessi geotecnici costituiti rispettivamente da:

1) **Coltre superficiale:** costituita da terreno vegetale e/o materiali di riporto limo argilloso con sostanze carboniose e ciottoli in dispersione, mediamente poco addensato e scarsamente coesivo per uno spessore complessivo di circa 1.20 m

Proprietà Geotecniche:

$$\gamma = 18,96 \text{ KN/m}^3$$

$$c' = 0 \text{ KPa}$$

$$\varphi' = 20^\circ$$



2) Argille limose di colore avano.

Si rinvengono a profondità di circa 1,20 m. dal p.c. sino alla profondità di 17 m dal p.c. fondo foro.

Esse possono ritenersi dotate delle seguenti caratteristiche:

$\gamma =$	<i>19,6 KN/m³</i>
c'	<i>15 KPa</i>
φ'	<i>11,8°</i>
Cu	<i>55 Pa</i>

3) Argille limose di colore grigio.

Si rinvengono a profondità di circa 17 m. dal p.c. sino alla profondità di 20.5 m dal p.c.

Dotate delle seguenti caratteristiche:

$\gamma =$	<i>19,2 KN/m³</i>
c'	<i>19-20 KPa</i>
φ'	<i>20-22°</i>
Cu	<i>74Pa</i>



7 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerate le risultanze dell'indagine e le finalità del presente studio geologico, teso a valutare le problematiche e le implicazioni geologiche connesse con le previsioni realizzative previste, è possibile affermare la piena compatibilità dell'opera con il quadro geomorfologico e geologico locale.

In particolare, alla luce di quanto illustrato nei capitoli precedenti a cui si rimanda per ogni utile approfondimento, è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive:

✚ In relazione agli aspetti geomorfologici relativi a possibili dissesti superficiali e profondi, non si evidenziano situazioni che possano modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi ed è possibile affermare una sostanziale stabilità geomorfologica dei luoghi;

✚ Dal punto di vista idrogeologico non sussistono fenomeni e processi morfoevolutivi di tipo erosivo in atto né potenziali;

✚ Il terreno è costituito da litologie appartenenti alla **Formazione delle Alluvioni terrazzate (Qt3)** costituite da sedimenti sabbiosi –argillosi, subordinatamente ciottolosi che presentano frequentemente terre nere e incrostazioni calcaree.



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

✚ In base alle recenti NCT 2018 il suolo è classificabile come terreno di “Categoria C”, con una pendenza topografica media inferiore ai 15°, pertanto riferibile ad una categoria di tipo T1.

La prevista espansione conoscitiva consentirà, peraltro, di poter parametrizzare puntualmente le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni dell'intera area.

A conclusione dello studio geologico – tecnico eseguito si ritiene che il terreno abbia le caratteristiche geolito-logiche, idrauliche e geomorfologiche per accogliere l'opera di progetto.

Tanto in adempimento all'incarico conferitomi

Rodi Garganico Gennaio 2021





*Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia*

APPENDICE



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

STRATIGRAFIA

PROF. DAL P.C. (m)	POTENZA (m)	STRATIGRAFIA		CAMPIONI			FALDA		% DI CAROTAGGIO	CONSISTENZA	S.P.T. PROF. m ----- n.colpi	POCKET PENETROMETER (Kg/cm ²)	VANE TEST PROF. m C _u (Kg/cm ²)
		SIMBOLOGIA A.G.I.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROF. DI PRELIEVO (m)	CAMPIONATORE	TIPO PRELIEVO	PROF. DI RINV. (m)	PROF. DI STAB. (m)					
0.0	1.20		TERRENO VEGETALE GRIGIO NERASTRO						100				
5.0	15.80		ARGILLE LILOSE DI COLORE AVANO OCRA CON LOCALI LIVELLI ALTERATI E OSSIDAZIONI BRUNASTRE Localmente si rinvengono piccoli clasti, concrezioni calcitiche, livelli e spolverate sabbiose	S1 C1 5.0/ 5.5					100		m 3.0 4(4-7)		
10.0	17.0		ARGILLE LILOSE DI COLORE GRIGIO AZZURROGNOLE	S1 C2 18.0/ 18.5					100		m 13.0 8(10-12)		
15.0	20.50		GHIAIE GRANULOSOSTENUTE IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOLO LIMOSA						80				
20.0	24.00		Limi sabbioso argillosi con piccoli ciottoli in dispersione						100				
25.0	25.00		ARGILLE LILOSE DI COLORE GRIGIO AZZURROGNOLE						100				
30.0	26.00		LIMI SABBIOLO ARGILLOSI CON LIVELLI E SPOLVERATE PIU' SABBIOSE						100				
30.00	30.00												

FINE SONDAGGIO 30.00 m

Rif. Ramatola A24 Puglia Energia



*Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia*

ALLEGATI FOTOGRAFICI





Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia



0,00

5.00



5,00

10.00



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia



10.00

15.00



15,00

20.00



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia



20,00

25.00



25,00

30.00



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

Prova sismica MASW

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), la quale si basa sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

Per ciò che riguarda l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il seguente software:

“SURF SAIS 2.05” del Kansas Geological Survey.

Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro V_{s30} , richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice ed economica ma decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito (velocità delle onde di taglio S) tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh (VR) ed un successivo processo di inversione.



Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- “Automatic Gain Control”
- convertitore A/D a 24 bit
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con interspazio (Gx) di 1.5 metri;
- n. 1 energizzazione ad offset (Sx) -3 m ;
- passo di campionatura pari a 1000 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spaziotemporali: lungo i numeri d'onda k la risoluzione è di 0.261, mentre la risoluzione in frequenza è pari a 0.488 Hz.

Elaborazione dati

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali (fig. 1) nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;

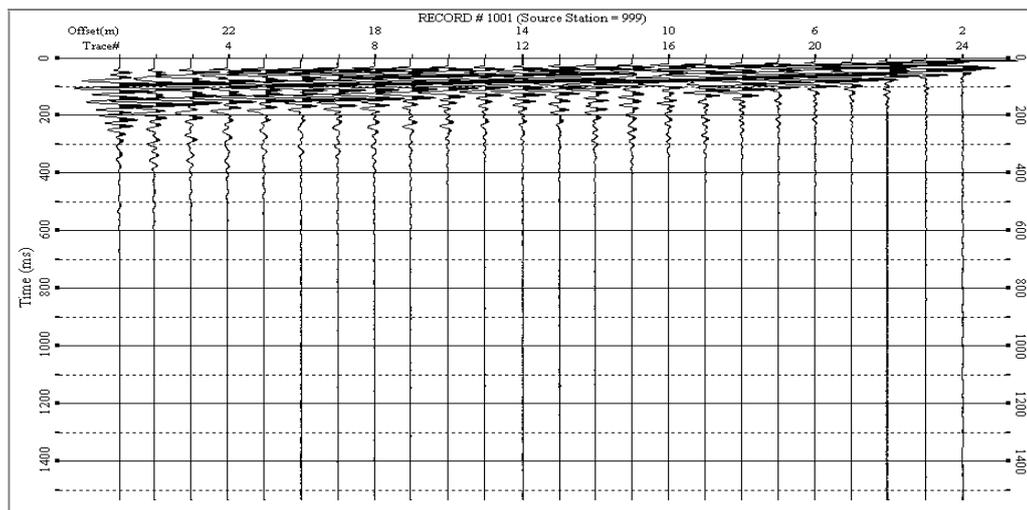


Fig. 1 – Sismogramma ottenuto.

- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (lentezza(s/m) – frequenza (Hz) (fig.2).

- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo (fig. 3);
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.



RISULTATI

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (sec/m)-frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 0 Hz e 30 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 100 m/sec e 500 m/sec (Fig.2).

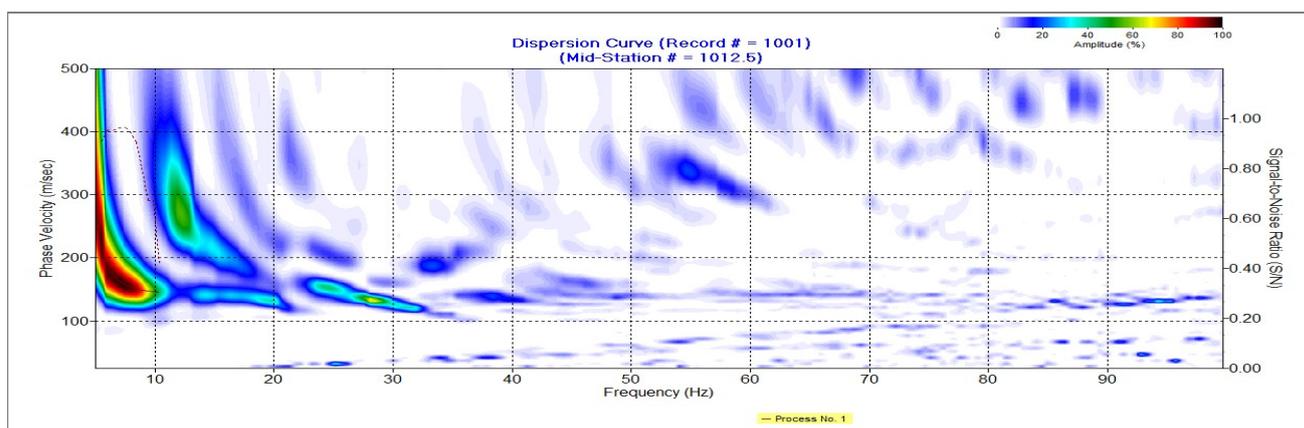


Fig. 2 – Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase

La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'*inversione* del modello di velocità evidenzia un buon accordo con la curva di dispersione sperimentale.



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

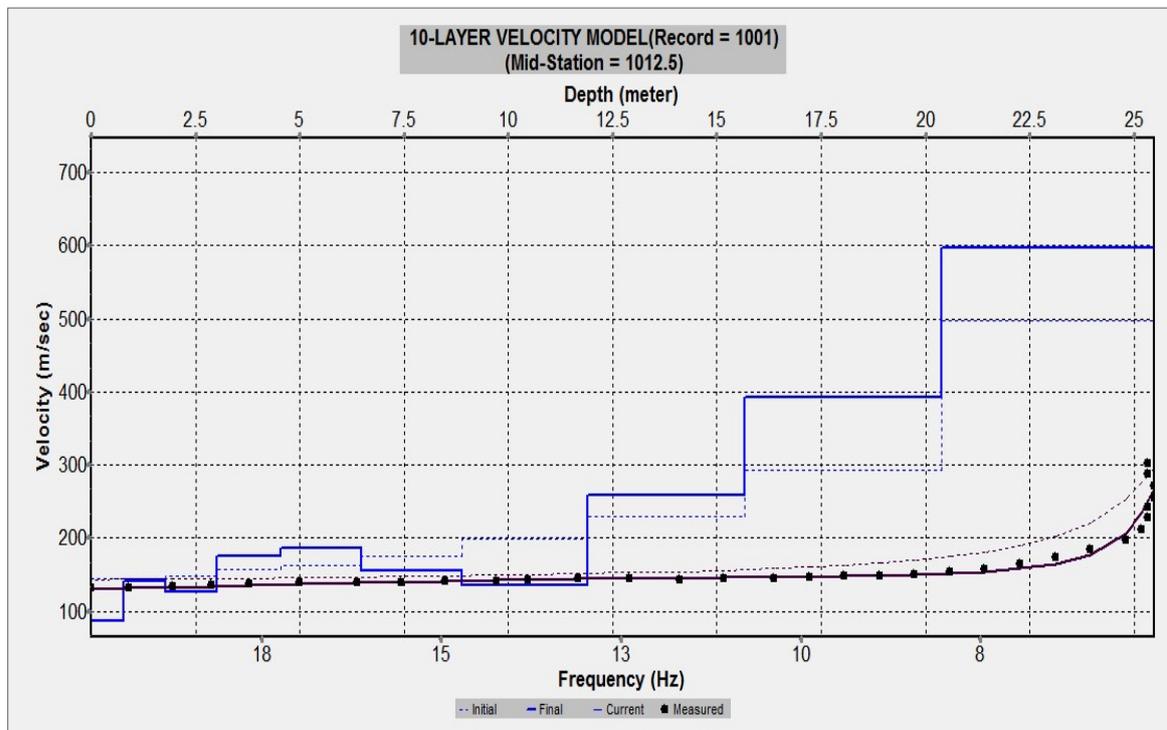


Fig. 3 – Modello di velocità del sottosuolo

DEFINIZIONE SUOLO TIPO

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 1 - “Range” NTC 2018



Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato
con allevamento ovi-caprino – Comune di Manfredonia

In presenza di suoli di tipo B, C, D E, S1, S2 il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

In assenza di una specifica analisi di amplificazione locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D ed E la normativa introduce un fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%. In presenza di suoli speciali di tipo S1 e S2 la normativa impone uno studio specifico per determinare gli effetti di amplificazione sismica locale. La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30m di profondità:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h}{V_i}}$$

dove V_i e h sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i -esimo.

Per il caso in esame risulta che il suolo è di **tipo C**
($V_s 30 = 345 \text{ m/s}$)