








REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA

COMUNE di Cerignola

Proponente	 Hergo Renewables S.p.A. Partita IVA 10416260965, R.E.A. n. 2529663 Via Privata Maria Teresa, 8 20123 Milano (MI)				
Coordinamento	 VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING <small>Via delli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324 mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org</small>		Agr. Rocco Iacullo Via Padre Antonio da Olivadi 59 - 71122 Foggia Email: studioiacullo@gmail.com		
Studio Ambientali e Paesaggistici	Arch. Antonio Demaio Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG) Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com			Progettazione Civile-Elettrica	 Via Pippo Fava, 1 - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1813283 Web: antexgroup.it email: info@antexgroup.it
Studio Flora fauna ed ecosistema	Dott. Forestale Luigi Lupo Corso Roma, 110 - 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it		Studio Geologico-Geotecnico Idrologico	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	 Dott. Vincenzo Ficco Tel. 0881.750334 E-Mail: info@archeologicasrl.com		Studio Idraulico	Studio di ingegneria Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia (Fg) Tel./Fax 0881.070126 Cell. 346.6330966 E-Mail: lauragiordano@gmail.com	
Studio Acustico	Arch. Marianna Denora Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA) Tel. Fax 080 3147468 E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it		Studio Agronomico	Dott. Agr. Emidio Fiorenzo Ursitti Via Trieste, 7 - 71121 Foggia E-Mail: emidioursitti@libero.it	
Opera	<p align="center">PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) - (Loc. "Tavoletta")</p> <p align="center">Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 D.Lgs.152/2006</p>				
Oggetto	Folder: VIA_16				
	Nome Elaborato: W32BUA4_Relazione geologica del progetto definitivo				
	Descrizione Elaborato: Relazione geologica del progetto definitivo				
03	Maggio 2023	Trasm. integr. documentale MASE - ID_VIP 8055	VEGA	Arch. A. Demaio	HR SPA
02	Dicembre 2022	Trasm. integr. documentale del MITE Prot. 0008357 - 02/11/2022 - ID_VIP 8055	VEGA	Arch. A. Demaio	HR SPA
01	Settembre 2022	Integrazioni AU	VEGA	Arch. A. Demaio	HR SPA
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	NC	Codice Pratica W32BUA4			
Formato:					



INDICE

<i>1- Premessa</i>	<i>Pag. 2</i>
<i>2- Inquadramento geografico dell'area</i>	<i>Pag. 4</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. 9</i>
<i>3.3 – Geomorfologia</i>	<i>Pag. 15</i>
<i>3.4 – Aspetti Idrologici e Idrogeologici</i>	<i>Pag. 18</i>
<i>4- Sismicità</i>	<i>Pag. 20</i>
<i>5- Indagini Eseguite</i>	<i>Pag. 25</i>
<i>5.1 – Prove Penetrometriche Dinamiche DPM</i>	<i>Pag. 27</i>
<i>5.2 - Prove Sismiche e MASW</i>	<i>Pag. 27</i>
<i>6 – Caratteristiche Litotecniche del Terreno</i>	<i>Pag. 29</i>
<i>7 – Considerazioni Conclusive</i>	<i>Pag. 30</i>

APPENDICE

<i>Allegato 1</i>	<i>Risultati Prove Penetrometriche Dinamiche</i>
<i>Allegato 1</i>	<i>Risultati sismiche a Rifrazione e MASW</i>



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

- 1 - PREMESSA

La Società Hergo Renewables S.p.A. con sede in Milano – 20123 – alla Via Privata Maria Teresa n. 8 – ha commissionato alla 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, incarico per eseguire gli studi e redigere la presente relazione a supporto del **“Progetto di un impianto agrofotovoltaico avente potenza pari a 40,0752 MWp e relative opere di connessione, integrato con la coltivazione di foraggio, da realizzarsi nel Comune di Cerignola (FG) località Tavoletta”**.

Scopo dello studio è stabilire la natura litologica dei terreni affioranti per definire la loro compatibilità geologica e geotecnica con le opere da realizzarsi.

Saranno anche forniti gli elementi necessari per 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 delle vigenti normative tecniche di settore.

Per l'espletamento dell'incarico ricevuto nel complesso sono state eseguite le seguenti operazioni:

- Rilevamento Geologico di tutte le aree interessate dal progetto ed in ampie zone ad esse circostanti integrati dallo studio della Carta Geologica d'Italia, delle Cartografie Tecniche e Topografiche disponibili e di diverse carte tematiche presenti nella letteratura tecni-



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

co – scientifica al fine di acquisire gli elementi di base riguardanti la geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia dell'intera porzione di territorio coinvolto dal progetto;

- Studio bibliografico di lavori geognostici eseguiti in aree appartenenti allo stesso “territorio geologico” di quello in esame nonché indagini geologiche, geologiche-tecniche e sismiche a carattere generale eseguite in passato sempre nell'ambito del territorio di progetto.

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



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

Il territorio interessato dalle strutture principali dell'impianto fotovoltaico in progetto ricade nel Comune di Cerignola e più precisamente a Sud del Centro abitato – Fig. 1

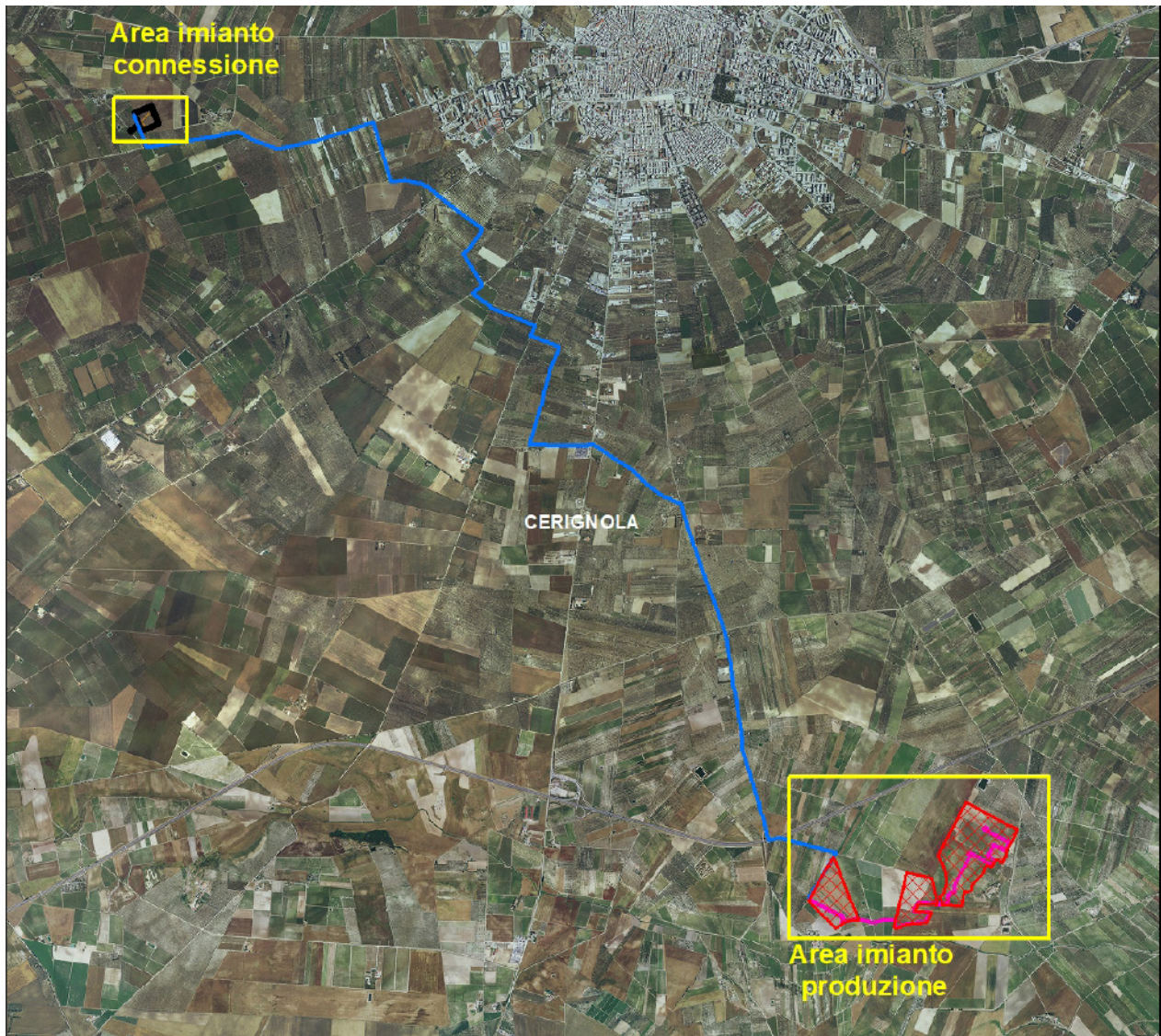


Fig. 1: Ubicazione dell'area d'intervento



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

–Località Tavoletta –

Dal punto di vista catastale le aree sono individuabili secondo il prospetto allegato:

Particelle interessate da impianto fotovoltaico						
Riferimenti catastali			Superfici			Qualità
Comune	FG	P.Ila	ha	a	ca	
C e r i g n o l i a	392	22	12	59	85	SEMINATIVO
	392	75	0	20	60	SEMINATIVO/ULIVETO
	392	117	3	64	88	SEMINATIVO/ULIVETO
	392	120	0	44	7	ULIVETO
	392	123	0	99	27	ULIVETO
	392	116	2	1	10	SEMIN IRRIG
	392	119	0	42	96	SEMIN IRRIG/ULIVETO
	392	115	3	0	0	SEMINATIVO
	392	23	0	69	52	SEMINATIVO
	392	24	10	16	50	SEMINATIVO/ULIVETO
	392	44	2	88	90	SEMINATIVO/ULIVETO
	392	186	1	92	86	SEMINATIVO/ULIVETO
	392	185	1	91	37	SEMINATIVO/ULIVETO
	392	184	1	36	91	SEMINATIVO
	392	54	1	44	83	SEMINATIVO
	392	206	9	98	1	SEMINATIVO
	394	800	10	10	85	SEMIN IRRIG
394	792	18	28	16	SEMINATIVO/ORTO IRRIG	
394	656	4	74	81	SEMIN IRRIG	



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

3.1 – Geologia Generale

L'area su cui verrà realizzato l'impianto occupa una piccola parte dell'altopiano pugliese compreso tra i rilievi delle Murge e la costa Adriatica. Il contesto geologico regionale è quello di un bacino di sedimentazione (Avanfossa Bradanica) di età pliocenico-pleistocenica, compreso tra l'Appennino meridionale ad Ovest e l'Avampaese Apulo (Murge settentrionali) ad Est. Quest'area è parte dell'avanfossa appenninica sviluppatasi alla fine del Miocene a causa dei movimenti compressivi, tutt'ora in atto, generati dalla subduzione dell'avampaese apulo al di sotto del margine europeo. Il moto di subduzione ha avuto come conseguenza diverse fasi formative - con vergenza orientale - che durante il Pliocene e parte del Pleistocene hanno determinato da una parte l'inarcamento della crosta, dall'altro la formazione di un basso strutturale noto in bibliografia come Fossa Bradanica. Muovendosi dalle Murge verso la zona assiale della catena Appenninica sia le sezioni sismiche che i pozzi profondi mostrano una graduale immersione della piattaforma Apula e della sua copertura sedimentaria pliocenica al di sotto del fronte esterno dei thrusts alloctoni appenninici (Fig. 2)

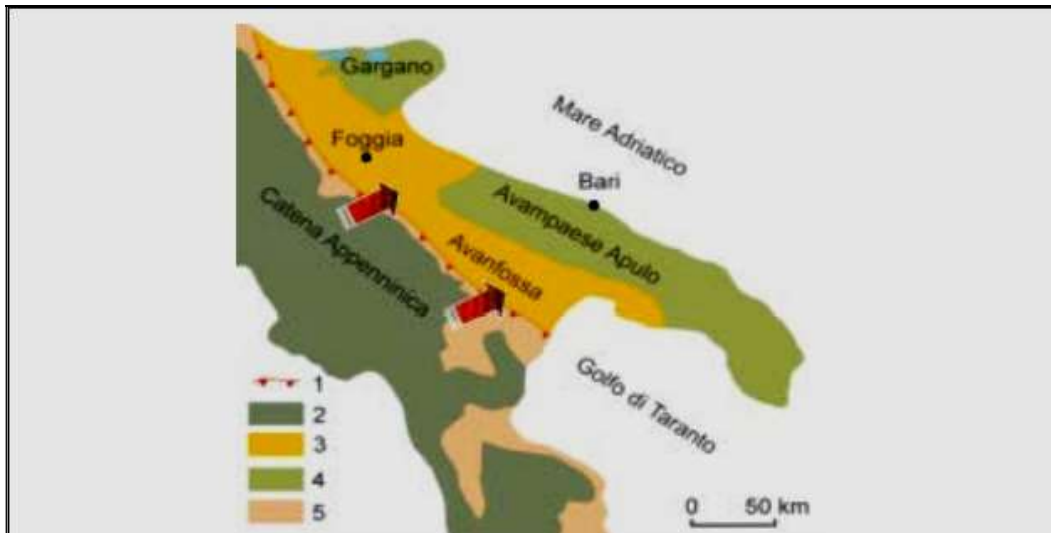


Fig. 2: Rappresentazione semplificata dei domini strutturali dell'Italia Meridionale

- 1) Fronte dell'alloctono affiorante; 2) Dominio di Catena; 3) Depositi di Avanfossa; 4) Dominio d'Avanpaese Calcareo; 5) Fronte esterno della Catena e Bacini di Piggy Back*

Ne risulta un assetto strutturale piuttosto complesso. Il termine Fossa bradanica per indicare l'Avanfossa Adriatica o Appenninica costituita da un bacino asimmetrico a sedimentazione terrigena, localizzato lungo il margine esterno est della catena appenninica e conseguente all'azione gli sforzi prodotti dai processi di subduzione litosferica. L'evoluzione tettonico sedimentaria del segmento centro-settentrionale d'avanfossa appenninica preso in esame, che comprende parte dei bacini pugliese e lucano (in sensu stricto, 1971), ha inizio nel Pliocene inferiore, quando, a causa del progressivo avanzamento del fronte appenninico, il bacino è interessato da una generale migrazione verso Est degli assi di subsidenza e delle relative depressioni. Il bacino, si presenta con un settore interno instabile, con tendenza ad un forte sollevamento, ed un settore esterno in via approfondimento che coinvolge aree d'avampaese già



dislocate verso la catena. Nell'area considerata vengono distinte due successioni, una per il margine appenninico e l'altra per il margine murciano. La prima caratterizzata dalla presenza di una coltre alloctona, interpostasi alla successione argilloso-sabbiosa pliocenica e pleistocenica in seguito alla fase tettonica mediopliocenica, e da sedimenti trasgressivi sul substrato carbonatico; la seconda è rappresentata solo da depositi trasgressivi sui calcari delle Murge. Attualmente la geologia generale dell'area è caratterizzata dalla presenza di unità tipiche della Piana del Tavoliere che costituisce la porzione settentrionale dell'unità della "Fossa Bradanica" estesa dall'arco ionico pugliese-lucano sino alla costa adriatica del Golfo di Manfredonia. Il riempimento del bacino dell'Avanfossa localmente è dato da una classica successione regressiva costituita in basso da argille marnose grigio azzurre di origine neritica e verso l'alto, da sedimenti marini prevalentemente sabbiosi per terminare con termini terrigeni come i conglomerati di origine continentale e/o di transizione. Nel dettaglio, sull'unità argillosa di base poggiano in continuità terreni sabbiosi che presentano frequenti intercalazioni conglomeratiche di spessore variabile. La fase regressiva è chiusa da un'unità conglomeratica di origine continentale, con spessore oscillante, che costituisce parte delle superfici ad assetto tabulare dei rilievi presenti in zona. In alcuni casi il substrato conglomeratico è ricoperto da depositi alluvionali terrazzati di origine fluvio-lacustre costituiti essi stessi da conglomerati poligenici oppure da terreni più fini quali limi e/o sabbie. Negli alvei dei principali corsi d'acqua presenti in zona si rinvencono depositi alluvionali attuali costituiti da sabbie limose e ghiaie di varia granulometria.



3.2 – Geologia di Dettaglio

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento è inquadrabile nel Foglio n. 422 – Cerignola - della Carta Geologica d'Italia a Scala 1:50.000, redatta dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) - (Fig. 3)

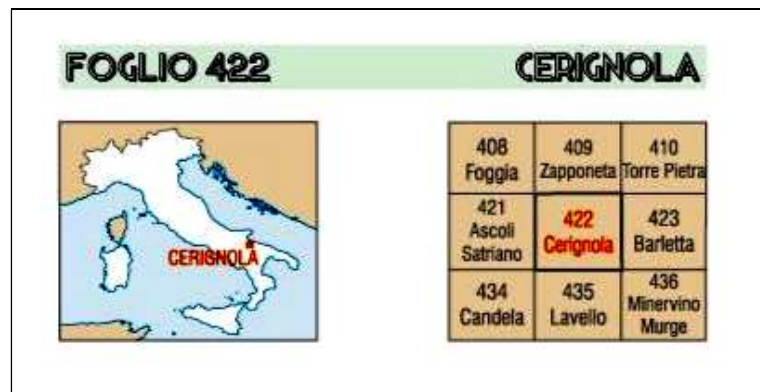


Fig. 3: Inquadramento geologico dell'area dell'impianto

I terreni direttamente coinvolti dall'impianto fotovoltaico, i cavi-dotti e l'impianto di connessione sono riferibili (Fig. 4) in parte all'Unità dell'Avanfossa Bradanica, in parte al Sintema di Posta Ofanto.

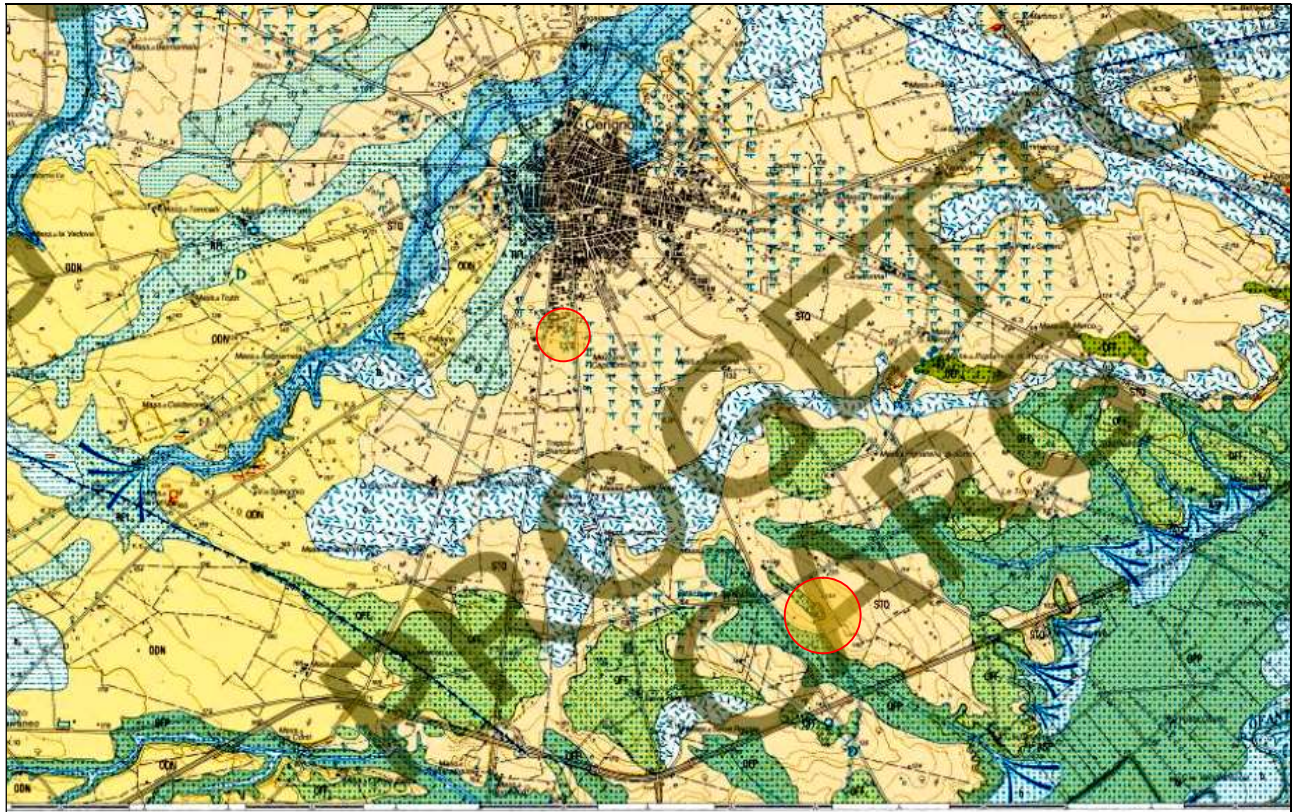


Fig. 4: Stralcio Carta Geologica dell'Are d'intervento con Legenda

Legenda

SUPERSINTEMA DEL FIUME OFANTO (OF)

E' costituito da depositi continentali appartenenti ai cicli alluvionali del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti. La base è rappresentata da una superficie di tipo erosivo sulle argille subappennine (ASP) e sul sistema di Cerignola (RGL), il tetto è rappresentato dalla superficie topografica.

SINTEMA DI POSTA OFANTO

OFF

Depositi ghiaioso-sabbiosi a stratificazione incrociata concava e obliqua, con lenti ghiaiose costituite da ciottoli eterometrici ben arrotondati, passanti verso l'alto a sabbie fini limose fittamente laminate e con strutture da corrente. Sono sopraelevati di pochi metri rispetto all'alveo attuale e posti parzialmente in aree inondabili; lo spessore varia da pochi metri a 10 metri circa.

OLOCENE

OFF₂

Subsistema di Salve Regina

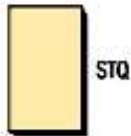
Depositi giallosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 5-6 metri.

PLEISTOCENE SUPERIORE



UNITA' DELL'AVANFOSSA BRADANICA

Sabbie di Torre Quarto



STQ

Sabbie medie e fini di colore giallo ocre generalmente poco cementate in strati di spessore variabile da pochi centimetri a 50 centimetri con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di arenarie, argille e silt di colore giallastro a luoghi marnose; lo spessore massimo è di circa 55 metri. Presenti laminazione piano parallela e incrociata e, nella parte superiore, paleosuoli. Le macrofaune forniscono indicazioni di ambienti molto variabili che vanno dall'infralitorale, *Spisula subtruncatula* (DA COSTA), *Pitar rudis* (POLI), *Chamelea gallina* (LINNEO), alle aree di transizione comprensive di ambienti di spiaggia, lagunari, *Cerastoderma glaucum* (BRUGUIERE), Hydrobiidae spp, *Abra segmentum* (RECLUZ) e retrodunari. Le associazioni a foraminiferi (*Rotalia* e *Elphidium*) e a nannofossili calcarei non forniscono indicazioni cronologiche.

PLEISTOCENE MEDIO

Le formazioni appartenenti all'Unità Bradanica sono:

- Le **Sabbie di Torre Quarto (STQ)**: Si tratta prevalentemente di sabbie di colore giallastro, in genere poco cementate, con strati di spessore variabile da pochi centimetri fino a 50 centimetri, con intercalazioni arenitiche, marnose e argilloso-siltose; raramente sono presenti orizzonti costituiti da ciottoli di piccole dimensioni in abbondante matrice sabbiosa. Gli spessori, desumibili dai dati di perforazione in zona, sono di norma compresi fra 25 e 30 metri. Le sabbie sono laminate con intervalli a laminazione piano parallela ed intervalli con set di lamine a stratificazione incrociata con ripple asimmetrici da correnti trattive; frequenti anche i fenomeni di bioturbazione.

Le formazioni **del Sintema di Posta Ofanto** sono formate da colmamenti della valle dell'Ofanto e degli affluenti laterali, costituiti principalmente da depositi alluvionali di fondovalle che si raccordano in continuità di sedimentazione con i depositi che ricoprono i versanti.



Il supersistema del Fiume Ofanto è stato suddiviso in due sistemi che presentano i rapporti stratigrafici evidenziati in Fig. 5:

- 1) Il sistema di Fontana Figura (OFF);
- 2) Il sistema di Posta Ofanto (OFP).

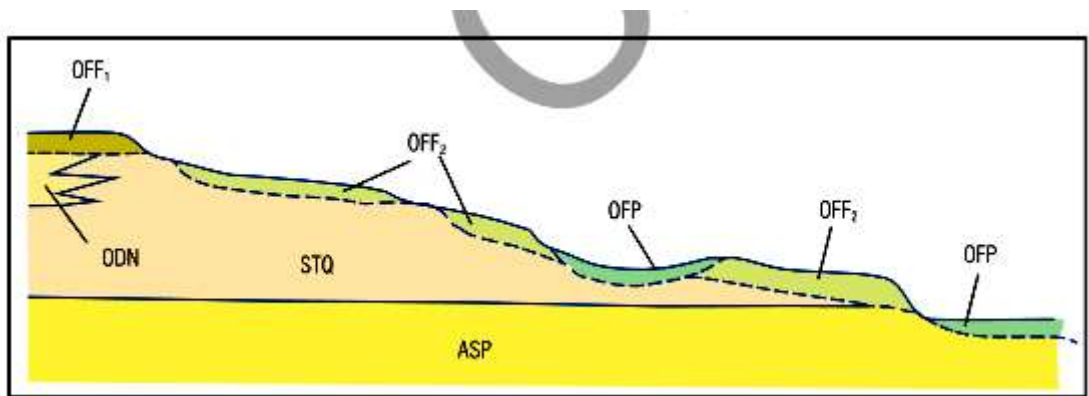


Fig. 5: Schema dei Rapporti Stratigrafici tra i componenti del Supersistema del Fiume Ofanto

1- Il Sistema di Fontana Figura (OFF) è costituito da depositi alluvionali ghiaioso-sabbioso-limosi, terrazzati e sopraelevati rispetto all'alveo attuale del Fiume Ofanto. Il limite inferiore del sistema è costituito da una superficie in conforme di tipo erosivo e di significato regionale localmente affiorante sul sistema di Cerignola (RGL) e sulle argille subappennine (ASP). Il limite superiore è rappresentato con una superficie di erosione coincidente con la base del sistema di Posta Ofanto (OFP). Lo spessore massimo è di 10-15 metri. L'età presumibilmente è Pleistocene superiore.

Il sistema è stato suddiviso in due subsistemi: subsistema di Masseria Pignatella (OFF1) e il subsistema di Salve Regina (OFF2). Nell'area progettuale troviamo localmente il **Subsistema di Salve Regina**



(OFF2) costituito da Depositi ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Questi depositi rispetto a quelli del subsistema di Masseria Pignatella (OFF1) sono più bassi di circa 20 metri, mentre rispetto ai depositi del fondovalle dell'Ofanto (sintema di Posta Ofanto) sono sopraelevati di poco più di 20 metri. In base alla posizione stratigrafica si ritiene che la deposizione del subsistema deve essere precedente alla fase würmiana di approfondimento delle valli e collocata in corrispondenza di un alto livello del mare, presumibilmente nel Pleistocene superiore.

2 – **Il Sintema di Posta Ofanto (OFP)** è costituito da Depositi ghiaioso-sabbiosi a stratificazione incrociata concava e obliqua, con lenti ghiaiose costituite da ciottoli eterometrici ben arrotondati, passanti verso l'alto a sabbie fini limose fittamente laminate e con strutture da corrente. Questi depositi di trascinamento sono poi sormontati da un paleosuolo limoso-sabbioso che chiude la deposizione del deposito terrazzato. La superficie è sopraelevata di circa 5 metri rispetto all'alveo attuale.

Lo spessore di questa unità varia da pochi metri, verso il centro della valle, ad un massimo di circa 10 metri, in corrispondenza del bordo interno del terrazzo fluviale, spessore desunto dai dati di perforazione. Il limite inferiore dell'unità coincide con una superficie inconforme di tipo erosivo sulle sabbie di Torre Quarto (STQ).

Il sintema di Posta Ofanto (OFP) è collocabile cronologicamente nell'Olocene.



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

Dal punto di vista tettonico l'area ricade interamente in un settore di Avanfossa poco deformato compreso fra l'Appennino Dauno e l'Avampaese Apulo- Garganico. Questo settore di Avanfossa presenta uno stile strutturale caratterizzato da scarsa deformazione tettonica, strati e contatti stratigrafici sub-orizzontali ovvero disposti secondo l'originaria clinostratificazione



3.3 – Geomorfologia

Da un punto di vista morfologico il territorio su cui si svilupperà l'impianto si ubica in una vasta area di pianura che occupa gran parte della "Capitanata", estendendosi a partire dal margine murgiano, sino alle pendici dei rilievi del Sub-Appennino; l'assetto morfologico è quello tipico delle aree del Tavoliere delle Puglie, con vaste zone ad andamento tabulare e con modeste pendenze verso Est.

A tratti questo monotono contesto morfologico è movimentato dalla presenza di canali di deflusso delle acque superficiali che mostrano un regime estremamente irregolare. Alcune di queste deboli ondulazioni evidenziano la presenza di fenomeni di colamento del substrato molto superficiali che si verificano in occasione di piogge intense.

Dette situazioni particolari hanno sviluppo parallelo alla geometria del rilievo e sono coincidenti per posizione e geometria ai canali di deflusso. L'andamento sub pianeggiante del piano campagna è conseguente alla geometria del substrato e alla sua natura litologica mentre la generale e modesta inclinazione della superficie topografica si deve al processo di regressione del mare pleistocenico.

La pendenza è molto bassa (0,4 %) e non si notano particolari forme di dissesto estesi e nemmeno particolari aree ristrette importanti prossime ai siti dell'impianto fotovoltaico.

Tale status è confermato dalla consultazione della cartografia PAI dell'Autorità Distrettuale di Bacino dell'Appennino Meridionale –Regione Puglia – dalla quale si evince (Fig. 6a e 6b) come l'intera



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

area progettuale sia esente da qualsiasi perimetrazione a pericolosità geomorfologica e/o idraulica.

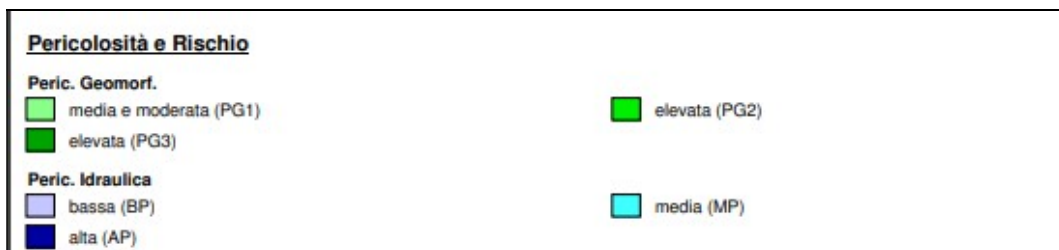
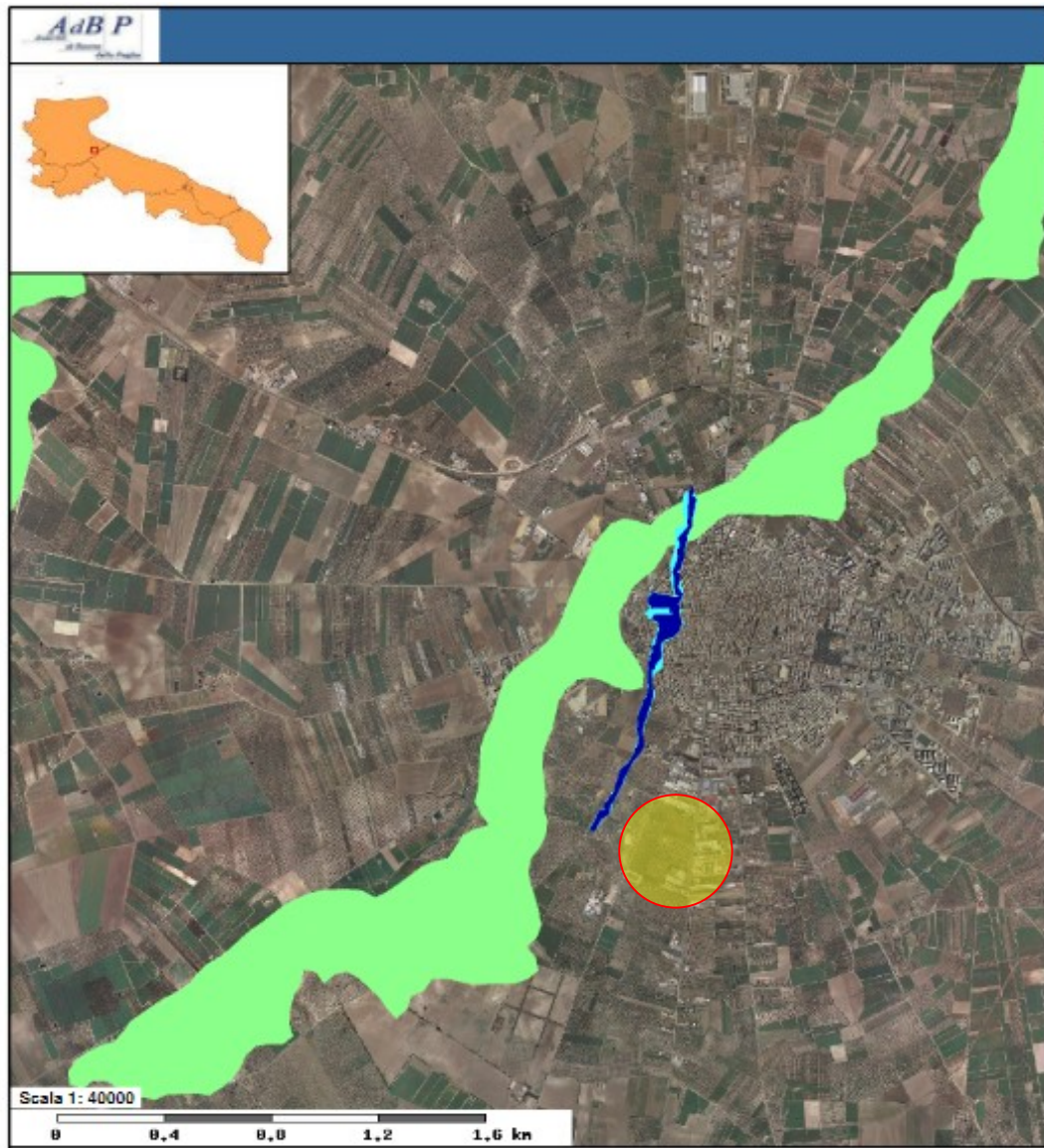


Fig. 5a : Stralcio Cartografia PAI – Area di connessione



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

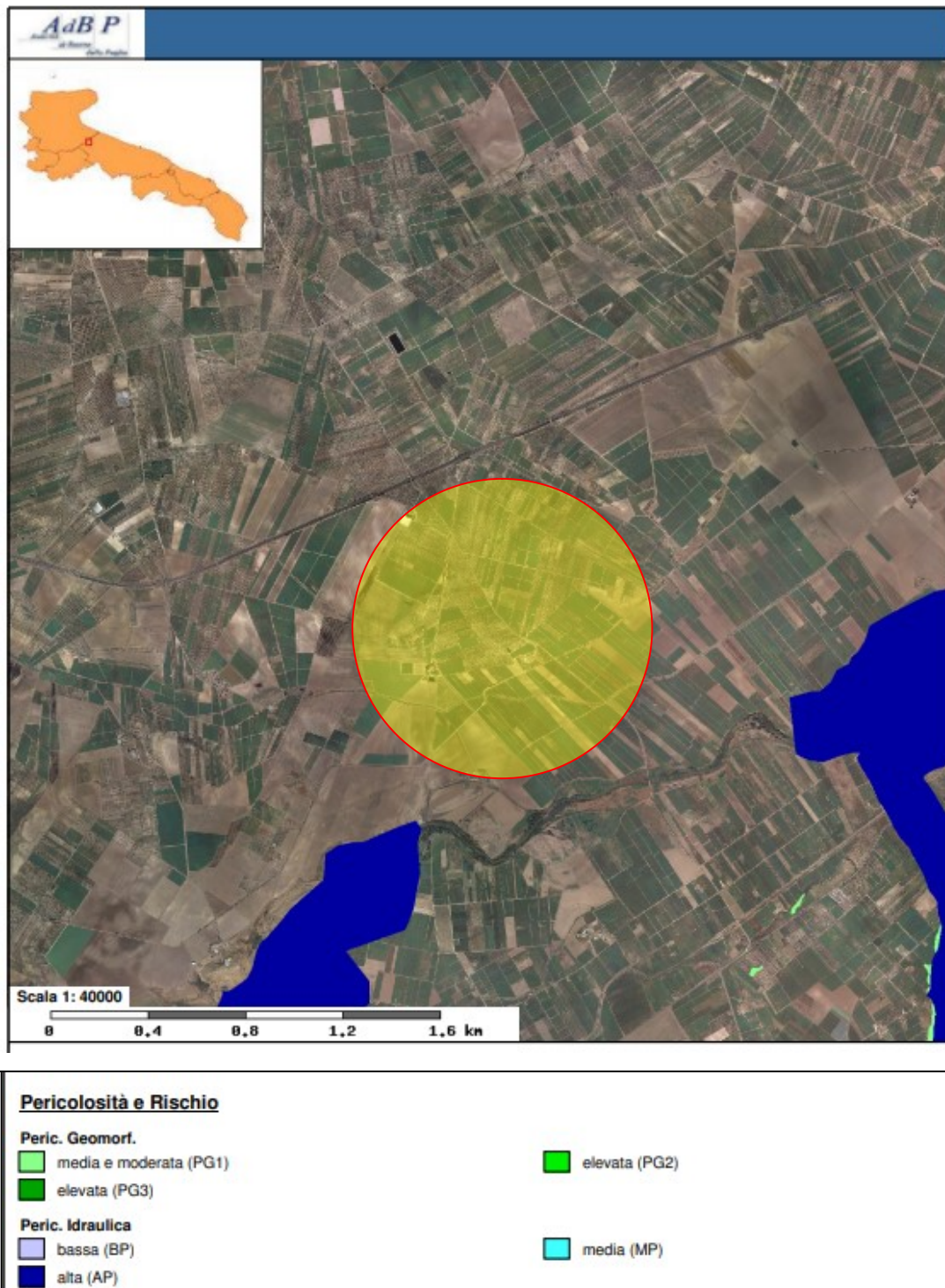


Fig. 5b : Stralcio Cartografia PAI – Area Impianto



3.4 – Aspetti Idrologici e Idrogeologici

L'area sulla quale sarà realizzato l'impianto a grande scala è posta nel contesto dell'area pianeggiante a sud della città di Cerignola.

Il bacino principale è caratterizzato dal Fiume Ofanto, un corso d'acqua lungo 134 Km che si suddivide in Alto Ofanto (parte irpina del fiume), Medio Ofanto (parte lucana e prima parte pugliese) e Basso Ofanto (seconda parte pugliese del fiume). Esso sfocia nel mare Adriatico, tra Barletta e Margherita di Savoia. La pendenza media del fiume è dello 0,533%. L'Ofanto ha un regime marcatamente torrentizio con piene notevoli in autunno e inverno per le precipitazioni e magre notevolissime in estate. A dispetto poi della notevole lunghezza ed estensione di bacino la sua portata media alla foce è abbastanza scarsa (circa 15 metri cubi al secondo)

Viste le blande pendenze il deflusso superficiale è in media lento e le linee di deflusso sono concentrate nelle direzioni di massima pendenza locale.

Dal punto di vista idrogeologico i parametri che condizionano e regolano la circolazione delle acque nel sottosuolo sono: la permeabilità, la porosità, il grado di fratturazione, le discontinuità strutturali e l'alterazione. Il parametro più rappresentativo è senza dubbio la permeabilità; le rocce permeabili vanno divise in due grandi categorie: rocce permeabili per porosità e rocce permeabili per fessurazione. La permeabilità per porosità è anche detta per-



meabilità "primaria" ed è singenetica originandosi per la presenza di pori o di spazi vuoti di dimensioni idonei, che formano una rete continua, per cui l'acqua può filtrare da un meato all'altro. Viceversa la permeabilità per fessurazione detta anche "secondaria" e post-genetica, si realizza dopo la formazione delle rocce poiché è dovuta alla fratturazione dei litotipi a causa di stress tettonici prevalentemente compressivi ed interessa sia le rocce di origine sedimentaria che quelle di origine diversa. La circolazione delle acque, così come la costituzione di falde acquifere è condizionata dalla distribuzione areale dei sedimenti e dalla sovrapposizione stratigrafica dei terreni a diversa permeabilità.

In base alle caratteristiche litologiche dei sedimenti affioranti nell'area d'intervento (Sabbie della formazione di Torre Quarto), la permeabilità primaria per porosità risulta medio alta ($10^4 < K < 10^{-6}$ m/sec) e con buone caratteristiche di trasmissività.

L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica per falde profonde con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità.

L'acquifero produttivo si individua ad una profondità di 25 – 30 m con uno spessore permeabile di almeno 20 m. La base impermeabile (acquicludo) si individua nelle argille grigio azzurro poste ad una profondità di circa 40-45 m.



4 - SISMICITÀ

Il territorio del comune di Cerignola, così come la maggior parte dei comuni della parte centro orientale della provincia di Foggia, sono considerati a medio rischio sismico Zona 2, corrispondente ad un grado di sismicità pari a 9. Ciò risulta dall'allegato (classificazione sismica dei comuni italiani) all'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" (Fig. 6).

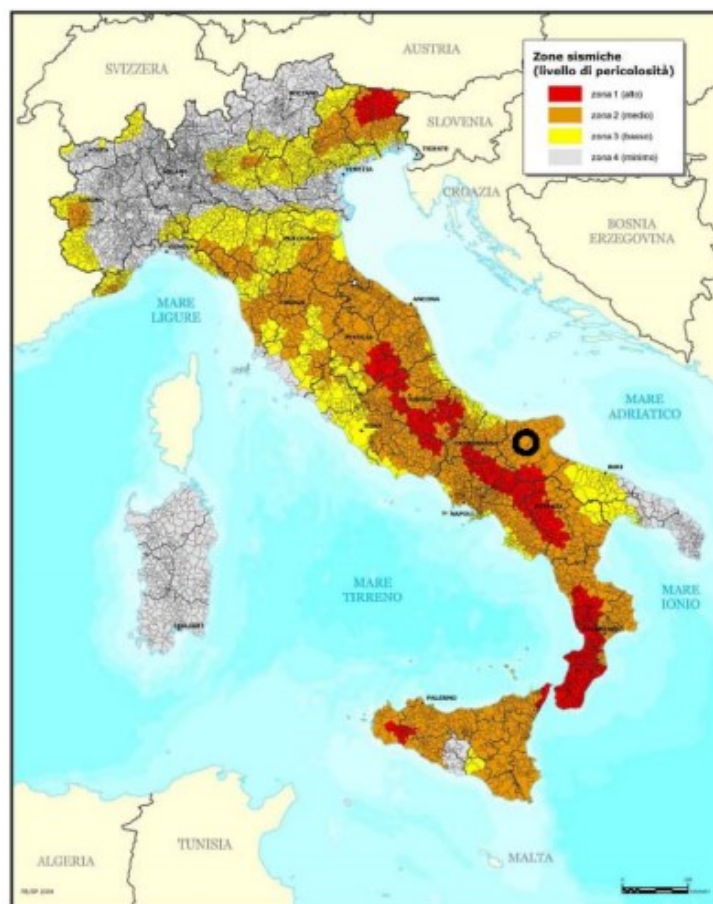


Fig. 6: Zone Sismiche del Territorio Nazionale



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

Ai sensi delle nuove normative in tema di classificazione sismica e di applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni, si dovrà fare riferimento al D.M. 14.05.2005 ed all’Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006), ovvero al D.M. 17/01/2018.

<i>Codice ISTAT 2001</i>	<i>Classificazione 2003</i>	<i>PGA (g)</i>
<i>1607 1020</i>	<i>Zona 2</i>	<i>0,15 g<PGA<0,25 g</i>

Fra i principali sismi registrati nell’area troviamo:

Storia sismica di Cerignola
[41.264, 15.898]



Numero di eventi: 29

Effetti	In occasione del terremoto del:					Area epicentrale	Mp	Ix	Mb
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi				
7-8	1627	07	20	10	50	Gargano	65	10	6.73
9	1731	03	20	03		Foggiano	30	9	6.34
7	1851	08	14	13	20	Basilicata	102	10	6.23
6-7	1857	12	16	21	13	Basilicata	337	11	6.96
5	1875	12	06			S.MARCO IN LAMIS	97	8	6.07
2-3	1882	06	06	05	40	Monti del Matese	32	8	5.28
4	1889	12	08			APRICENA	122	7	5.55
MF	1892	06	06			TREMITI	72	7	5.07
3	1905	09	08	01	43	Calabria	827	10-11	7.06
2	1905	11	26			IRPINIA	136	7-8	5.32
4	1908	12	28	04	20	Calabria meridionale	786	11	7.24
5	1910	06	07	02	04	Irpinia-Basilicata	376	9	5.87
4	1913	10	04	18	26	MATESE	205	8	5.40
6	1925	07	28	03	33	CERIGNOLA	6	6	4.83
3	1925	08	25	05	10	GARGANO	14	6	5.09
7	1930	07	23	00	08	Irpinia	509	10	6.72
7	1931	12	03	09	32	CERIGNOLA	12	7	4.62
7	1948	08	18	21	12	Puglia settent.	59	7-8	5.58
4	1951	01	16	01	11	GARGANO	73	7	5.27
MF	1955	02	09	10	06	MONTE S. ANGELO	31	7-8	5.17
2	1956	01	09	00	44	GRASSANO	45	7	5.03
6-7	1962	08	21	18	19	Irpinia	214	9	6.19
6	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
MF	1984	04	29	05	02	GUBBIO/VALPABBRICA	709	7	5.68
4	1988	04	26	00	53	ADRIATICO CENTRALE	78	5-6	5.43
5	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84
4	1991	08	26	12	28	POTENTINO	397	7	5.22
5	1995	09	30	10	14	GARGANO	145	6	5.22
3-4	1996	04	02	13	04	IRPINIA	357	6	4.92





Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni (Fig. 7).

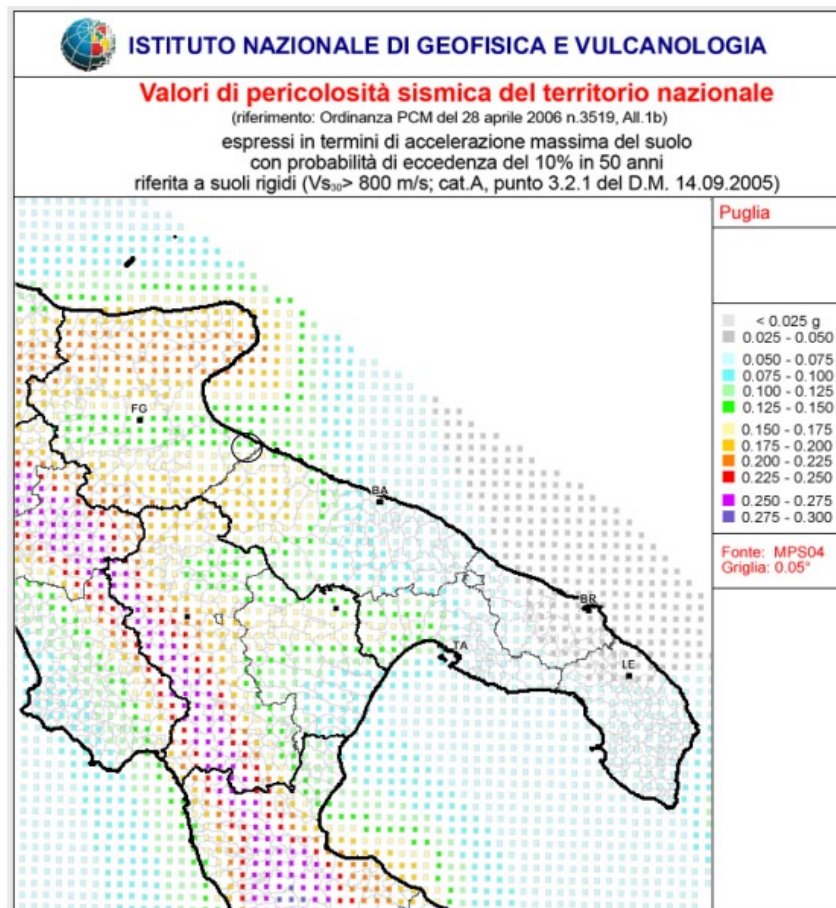


Fig. 7: Nuova Classificazione Sismica del territorio

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di interesse è fornita dai dati pubblicati sul sito



dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l’intero territorio italiano e per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, forniscono tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in $g/10$);

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall’unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, dalla Vita Nominale e dalla Classe d’Uso dell’opera.

Per l’area interessata dall’intervento, si dovranno tenere in considerazione, in fase di progettazione e di calcolo, valori dell’accelerazione sismica di riferimento compresi tra 0,15 e 0,25 g

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]
2	$0,15 < A_g < 0,25$



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

Nel dettaglio l'area d'intervento presenta la seguente caratterizzazione sismica:

Dati Generali

Località
Indirizzo: Cerignola
Lat. Long: 41.265615 15.893642

Dati opera
Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
V. Nominale: 50 V. Rif.: 50

Parametri sismici su sito di riferimento

SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec.]
SLO	30.00	0.422	2.534	0.279
SLD	50.00	0.549	2.544	0.298
SLV	475.00	1.638	2.498	0.400
SLC	975.00	2.285	2.429	0.417

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Muri di sostegno (NTC 2018)

SL	amax [m/s ²]	Beta	khk [-]	kvk [-]	Khi [-]
SLO	0.633	1.0	0.0646	0.0323	0.0
SLD	0.8235	0.47	0.0395	0.0197	0.0
SLV	2.3745	0.38	0.092	0.046	0.0
SLC	3.1085	1.0	0.317	0.1585	0.0



5 - INDAGINI ESEGUITE

Ai fini di una preliminare 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. 3 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 prove sismiche attive del tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), che si basano sulla misurazione e analisi delle onde di Rayleigh.

Le indagini sono state eseguite secondo l'ubicazione riportata nelle Fig. 8a e 8b



Fig. 8a: Ubicazione indagini Impianto fotovoltaico



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –



Fig. 8b: Ubicazione indagini Impianto di connessione

I risultati sono riportati in Appendice (Allegato A1 e A2).



5.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM

Sull'area di interesse sono state eseguite tre prove penetrometriche dinamiche continue del tipo DPM30.

Le prove sono state ubicate 2 in corrispondenza delle principali aree interne all'area dell'impianto fotovoltaico (P1 e P2) e una nell'area di sedime dell'impianto di connessione (P3).

In tutte si è rinvenuta la formazione delle Sabbie di Torre Quarto.

Le prove penetrometriche hanno fornito i vari valori di resistenza dinamica del terreno all'attraversamento delle aste.

Tali valori di resistenza sono utilizzabili in alcune relazioni analitiche che, attraverso una prima correlazione con lo standard delle prova SPT, ci permette di risalire a diversi valori significativi del terreno di fondazione quali: modulo di Poisson, Angolo di attrito, Coesione e Peso di Volume, moduli di Young, Edometrico e deformazione di taglio.

5.2 PROSPEZIONI SISMICHE E MASW

Le prove MASW sono state eseguite per ricavare il parametro Vs30, richiesto dalla nuova normativa sismica (NTC-18). Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze; tale dispersione è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola
- Località Tavoletta -

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.



6 - CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

DEI TERRENI

Dalle risultanze delle indagini eseguite, opportunamente integrate con i risultati di indagini di aree contermini è stato possibile definire la litologia dell'area di imposta dell'impianto fotovoltaico e di parte dei cavidotti rappresentata da una formazione a prevalenza sabbiosa per tutti gli spessori indagati: circa 4,10 m (P1) e 3,80 m (P2), profondità oltre le quali si è registrato rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza le formazioni sono state suddivise in 2 livelli (sia P1 che P2) a resistenza crescente con la profondità ma tutti litologicamente simili. Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza nei due livelli fino al rifiuto alla penetrazione delle aste alle profondità media di circa 4.0 m.

Vista la tipologia della struttura da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta già dopo il primo spessore di terreno (inferiore ad 1 metro) possa consentire una buona infissione delle chiodature.

La falda non è stata individuata.



7- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerate le risultanze dell'indagine e le finalità del presente studio, teso a valutare le problematiche e le implicazioni geologiche, geotecniche ed idrologiche connesse con le previsioni realizzative della progettazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto con le relative opere annessi, si può affermare la piena compatibilità dell'opera con il quadro geomorfologico, geotecnico, idrologico e geologico locale.

In particolare:

1- Morfologia e Rischio Idrogeologico

L'area di studio ricade in zona geomorfologicamente stabile, priva di movimenti franosi in atto e/o potenziali e con conformazione tale da non modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi. La consultazione della Cartografia PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) evidenzia, infatti, piena stabilità geomorfologica dei luoghi.

Dal punto di vista idraulico l'area è prossima al Fiume Ofanto un corso d'acqua lungo 134 Km che si suddivide in Alto Ofanto (parte irpina del fiume), Medio Ofanto (parte lucana e prima parte pugliese) e Basso Ofanto (seconda parte pugliese del fiume). Esso sfocia nel mare Adriatico e presenta un regime marcatamente torrentizio con piene notevoli in autunno e inverno per le precipitazioni e magre notevolissime in estate

Ad ogni modo si evidenzia che la progettazione dell'impianto fotovoltaico non interferire in alcun modo con il torrente.

2 - Litologia



I pannelli fotovoltaici, parte dei cavidotti e l'impianto di connessione interessano un terreno costituito da litologie appartenenti alle **Sabbie di Torre Quarto (STQ)**: Si tratta prevalentemente di sabbie di colore giallastro, in genere poco cementate, con strati di spessore variabili da pochi centimetri fino a 50 centimetri, con intercalazioni arenitiche, marnose e argilloso-siltose; raramente sono presenti orizzonti costituiti da ciottoli di piccole dimensioni in abbondante matrice sabbiosa. Le sabbie sono laminate con intervalli a laminazione piano parallela ed intervalli con set di lamine a stratificazione incrociata con ripple asimmetrici da correnti trattive; frequenti anche i fenomeni di bioturbazione.

Sotto il profilo litologico la zona non appare interessata da anomalie che possono modificare la stabilità globale dell'area.

3 – Classificazione Sismica

In base ai risultati delle MASW eseguite e alle recenti NCT 2018 il suolo è classificabile:

- come terreno di “Categoria C” nella zona di imposta dell'impianto fotovoltaico e parte dei cavidotti;

Il terreno si presenta con una pendenza topografica media inferiore ai 15° e pertanto riferibile ad una categoria di tipo T1.

Per quanto riguarda le prescrizioni relative ai terreni di fondazione si rimanda a quanto espresso nelle “Norme Tecniche per il Progetto Sismico di opere di fondazione e di sostegno” e dalle disposizioni vigenti, in particolare dal D.M. 11.3.1988 e SMI e D.M. 17/01/2018



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola
- Località Tavoletta -

In base a quanto espresso si ritiene che l'area possieda le caratteristiche di ordine geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico per la realizzazione dell'Impianto Solare Fotovoltaico.

In fase di progettazione esecutiva, comunque, sarà necessario eseguire, sotto la direzione del tecnico scrivente, dettagliate indagini geologiche, con l'esecuzione di sondaggi meccanici e prelievo di campioni indisturbati con prove di laboratorio per meglio definire e consigliare tipologia fondale nonché metodo di posa dei cavidotti attesa la eterogeneità del deposito di base.

Tanto in adempimento all'incarico conferitomi
Rodi Garganico Luglio 2021





Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola
– Località Tavoletta –

APPENDICE



ALLEGATO A1

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura)
- avanzamento (penetrazione)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)



- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	<i>M < 10</i>	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M > 60	25

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \Phi_t N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

Φ = passo di avanzamento.



Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (Φ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

(N₁)₆₀ = C_N × N₆₀ con C_N = $\Phi(Pa/\square \cdot v_0)$ C_N < 1.7 Pa = 101.32 kPa (*Liao e Whitman 1986*)

N₆₀ = N_{SPT} × (ER/60) × C_S × C_R × C_d

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_R: Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati



sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$



dove s_{Nspt} è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito



- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) >5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per **sabbie** con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per **ghiaie** Dr viene sovrastimato, per **limi** sottostimato.



- Skempton (1986) elaborazione valida per **limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane** NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per **sabbie fini e ghiaiose** NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per **sabbia pulita e sabbia con ghiaia** senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.



Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio σ_d e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu- N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per **suoli poco coerenti e plastici**, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm^2)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15

- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

Elaborazione Prova Penetrometrica P1

Strumento utilizzato... DPM (DP030 10 MEDIUM)
 Prova eseguita in data 23/06/2021
 Profondità prova 4,10 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	3	0	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	4	0	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	5	0	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	6	0	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	20	0	0.799	53.36	66.79	2.67	3.34
0.60	23	0	0.747	57.38	76.81	2.87	3.84
0.70	21	0	0.745	52.26	70.13	2.61	3.51
0.80	23	0	0.743	57.09	76.81	2.85	3.84
0.90	23	0	0.742	54.05	72.89	2.70	3.64
1.00	23	0	0.740	53.92	72.89	2.70	3.64
1.10	24	0	0.738	56.13	76.06	2.81	3.80
1.20	24	0	0.736	56.00	76.06	2.80	3.80
1.30	23	0	0.735	53.54	72.89	2.68	3.64
1.40	25	0	0.733	58.06	79.23	2.90	3.96
1.50	25	0	0.731	57.93	79.23	2.90	3.96
1.60	24	0	0.730	55.49	76.06	2.77	3.80
1.70	23	0	0.728	53.06	72.89	2.65	3.64
1.80	26	0	0.726	59.85	82.39	2.99	4.12
1.90	26	0	0.725	56.81	78.39	2.84	3.92
2.00	24	0	0.723	52.33	72.36	2.62	3.62
2.10	25	0	0.722	54.40	75.38	2.72	3.77
2.20	25	0	0.720	54.28	75.38	2.71	3.77
2.30	24	0	0.719	52.00	72.36	2.60	3.62
2.40	26	0	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	25	0	0.716	53.95	75.38	2.70	3.77
2.60	26	0	0.714	55.99	78.39	2.80	3.92
2.70	26	0	0.713	55.88	78.39	2.79	3.92
2.80	28	0	0.711	60.06	84.42	3.00	4.22
2.90	28	0	0.710	57.17	80.51	2.86	4.03
3.00	29	0	0.709	59.09	83.39	2.95	4.17
3.10	27	0	0.707	54.91	77.64	2.75	3.88
3.20	29	0	0.706	58.87	83.39	2.94	4.17
3.30	27	0	0.705	54.71	77.64	2.74	3.88
3.40	26	0	0.703	52.59	74.76	2.63	3.74
3.50	28	0	0.702	56.53	80.51	2.83	4.03
3.60	28	0	0.701	56.43	80.51	2.82	4.03
3.70	28	0	0.700	56.33	80.51	2.82	4.03
3.80	30	0	0.698	60.25	86.26	3.01	4.31
3.90	32	0	0.647	56.91	87.94	2.85	4.40
4.00	35	0	0.646	62.14	96.18	3.11	4.81
4.10	59	0	0.595	96.45	162.14	4.82	8.11



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.4	4.5	15.03	Incoerente - coesivo	0	1.66	1.86	0.03	0.76	3.42	STRATO 1
4.1	25.81	78.03	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.31	0.43	0.76	19.64	STRATO 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi - Peck	Sanglerat	Terzaghi - Peck (1948)	U.S.D.M S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	0.21	0.43	0.15	0.14	0.33	0.45	0.31	0.69	0.17	0.56	0.43
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	1.33	2.46	1.00	0.76	1.94	2.34	1.67	2.05	0.98	2.89	2.46

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	Meyerhof ed altri	1.66
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	Meyerhof ed altri	2.10

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	Meyerhof ed altri	2.31

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione/NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schulze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	19.33	45.35	75.18	16.5
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	46.94	86.6	87.33	50.69

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thorburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukui 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japan National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	27.98	20.98	28.96	34.39	31	0	<30	22.16	28.03	29.61	23.27
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	32.61	25.61	33.5	31.53	36.96	40.12	30-32	32.16	32.89	43.27	34.82

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schulze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	—	27.36	—	—	
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	316.33	157.12	232.43	327.30	



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisson-Sangierst (sabbie)	Begemann 1974 (Ghisa con sabbia)	Farrest 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	—	34.49	24.28	53.25
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	117.84	67.81	139.44	125.59

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	(A.G.I.)	0.32

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	Navfac 1971-1982	0.61
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	Navfac 1971-1982	3.99

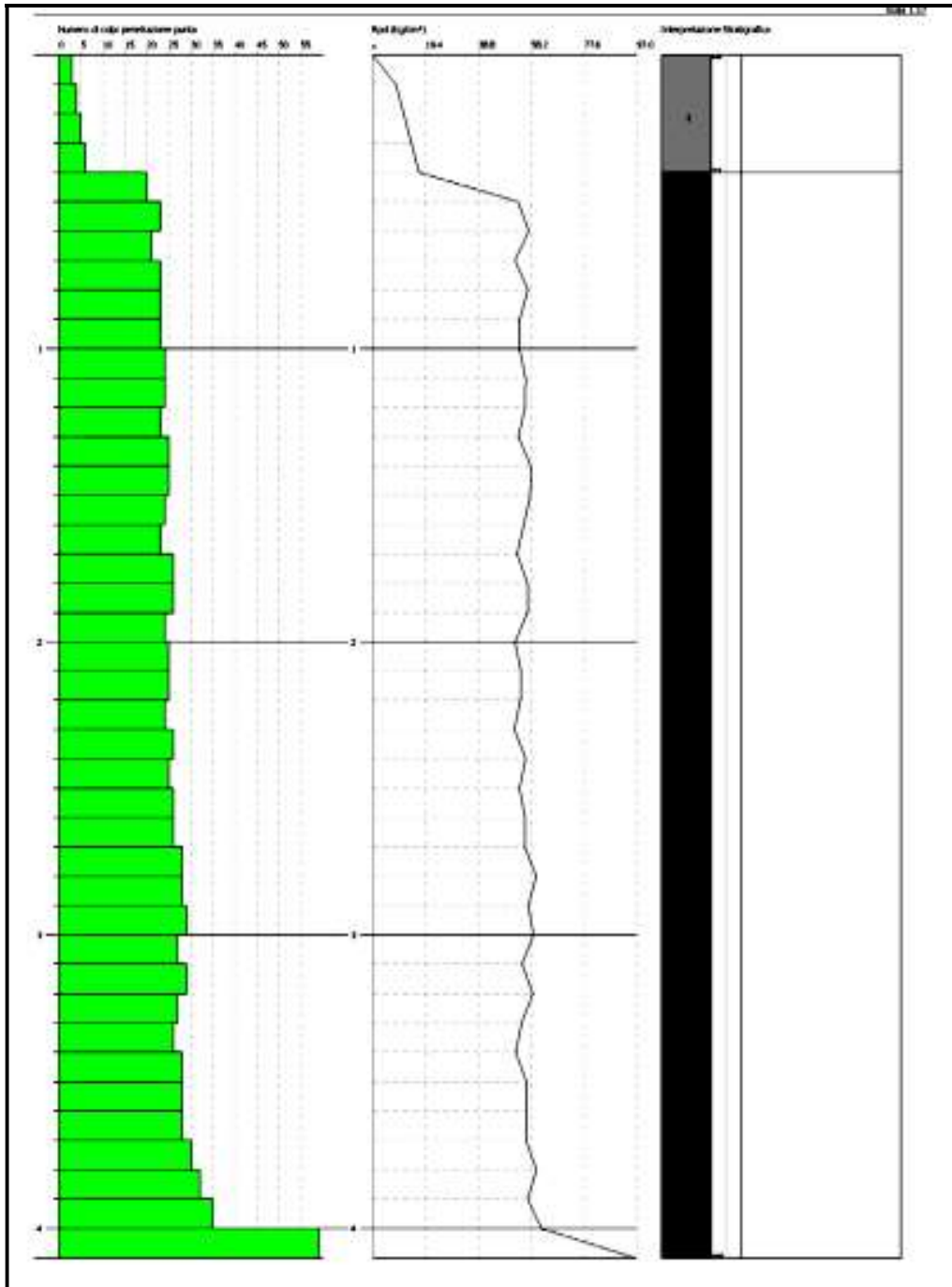
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	Robertson 1983	6.84
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	Robertson 1983	39.28



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –





Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

Elaborazione Prova Penetrometrica P2

Strumento utilizzato... DPM (DP030 10 MEDIUM)
 Prova eseguita in data 23/06/2021
 Profondità prova 3,80 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff riduzione sonda Cla	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandese (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandese (Kg/cm ²)
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	4	0	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	5	0	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	25	0	0.751	62.68	83.49	3.13	4.17
0.50	24	0	0.749	60.02	80.15	3.00	4.01
0.60	25	0	0.747	62.37	83.49	3.12	4.17
0.70	26	0	0.745	64.70	86.83	3.24	4.34
0.80	26	0	0.743	64.54	86.83	3.23	4.34
0.90	27	0	0.742	63.45	85.56	3.17	4.28
1.00	25	0	0.740	58.61	79.23	2.93	3.96
1.10	23	0	0.738	53.79	72.89	2.69	3.64
1.20	24	0	0.736	56.00	76.06	2.80	3.80
1.30	24	0	0.735	55.87	76.06	2.79	3.80
1.40	25	0	0.733	58.06	79.23	2.90	3.96
1.50	26	0	0.731	60.25	82.39	3.01	4.12
1.60	26	0	0.730	60.11	82.39	3.01	4.12
1.70	27	0	0.728	62.28	85.56	3.11	4.28
1.80	27	0	0.726	62.15	85.56	3.11	4.28
1.90	28	0	0.725	61.18	84.42	3.06	4.22
2.00	28	0	0.723	61.05	84.42	3.05	4.22
2.10	28	0	0.722	60.92	84.42	3.05	4.22
2.20	29	0	0.720	62.97	87.44	3.15	4.37
2.30	24	0	0.719	52.00	72.36	2.60	3.62
2.40	26	0	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	27	0	0.716	58.26	81.41	2.91	4.07
2.60	28	0	0.714	60.30	84.42	3.01	4.22
2.70	28	0	0.713	60.18	84.42	3.01	4.22
2.80	27	0	0.711	57.91	81.41	2.90	4.07
2.90	28	0	0.710	57.17	80.51	2.86	4.03
3.00	26	0	0.709	52.98	74.76	2.65	3.74
3.10	28	0	0.707	56.95	80.51	2.85	4.03
3.20	28	0	0.706	56.84	80.51	2.84	4.03
3.30	28	0	0.705	56.74	80.51	2.84	4.03
3.40	29	0	0.703	58.65	83.39	2.93	4.17
3.50	30	0	0.702	60.57	86.26	3.03	4.31
3.60	31	0	0.651	58.02	89.14	2.90	4.46
3.70	33	0	0.650	61.64	94.89	3.08	4.74
3.80	53	0	0.598	91.20	152.40	4.56	7.62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Npdt	Npdt	Descrizione
0.3	3.33	11.13	Incoerente - coesivo	0	1.6	1.86	0.02	0.76	2.53	STRATO 1
3.8	26.88	82.33	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.1	0.42	0.76	20.46	STRATO 2



- Località Tavoletta -

TERRENI COESIVI

Cordeole non drenata (Kg/cm²)

	Nipt	Prof. Strato (m)	Terzaghi - Peck	Bangiera	Terzaghi - Peck (1948)	U.S.D.M. S.M.	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benusa e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shaoi - Foksa 1982	Begemann	De Beer
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	0.16	0.32	0.15	0.10	0.24	0.33	0.23	0.62	0.13	0.42	0.32
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	1.38	2.56	1.00	0.79	2.03	2.47	1.73	2.13	1.02	3.08	2.56

Peso unità di volume

	Nipt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	Meyerhof ed altri	1.60
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	Meyerhof ed altri	2.10

Peso unità di volume saturo

	Nipt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	Meyerhof ed altri	2.10

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione NSPT3	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schütze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	14.37	39.26	70.87	13.94
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	48.68	89.94	91.19	51.91

Angolo di resistenza al taglio

	Nipt	Prof. Strato (m)	Nipt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thomson - Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcov (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shaoi-Foksa 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owami & Iwasaki
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	27.72	20.72	28.71	34.6	30.61	0	<30	21.16	27.76	27.01	22.11
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	32.85	25.85	33.73	31.8	37.21	40.59	30-32	32.52	33.14	43.77	35.23

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nipt	Prof. Strato (m)	Nipt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schütze-Menzenbach (Sabbie ghiaiose)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbie)	Bowles (1982) Sabbie Medie
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	—	20.24	—	—	—
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	322.87	163.68	242.13	333.45	177.30

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nipt	Prof. Strato (m)	Nipt corretto per presenza falda	Buisson-Boussinesq (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaie con sabbie)	Furcut 1963	Menzenbach e Malcov (Sabbie medie)
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	—	—	37.66	49.28
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	122.76	69.49	145.27	129.25



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

Classificazione AGI

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	(A.G.I.)	0.31

Modulo di reazione Ko

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	Navine 1971-1982	0.40
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	Navine 1971-1982	4.13

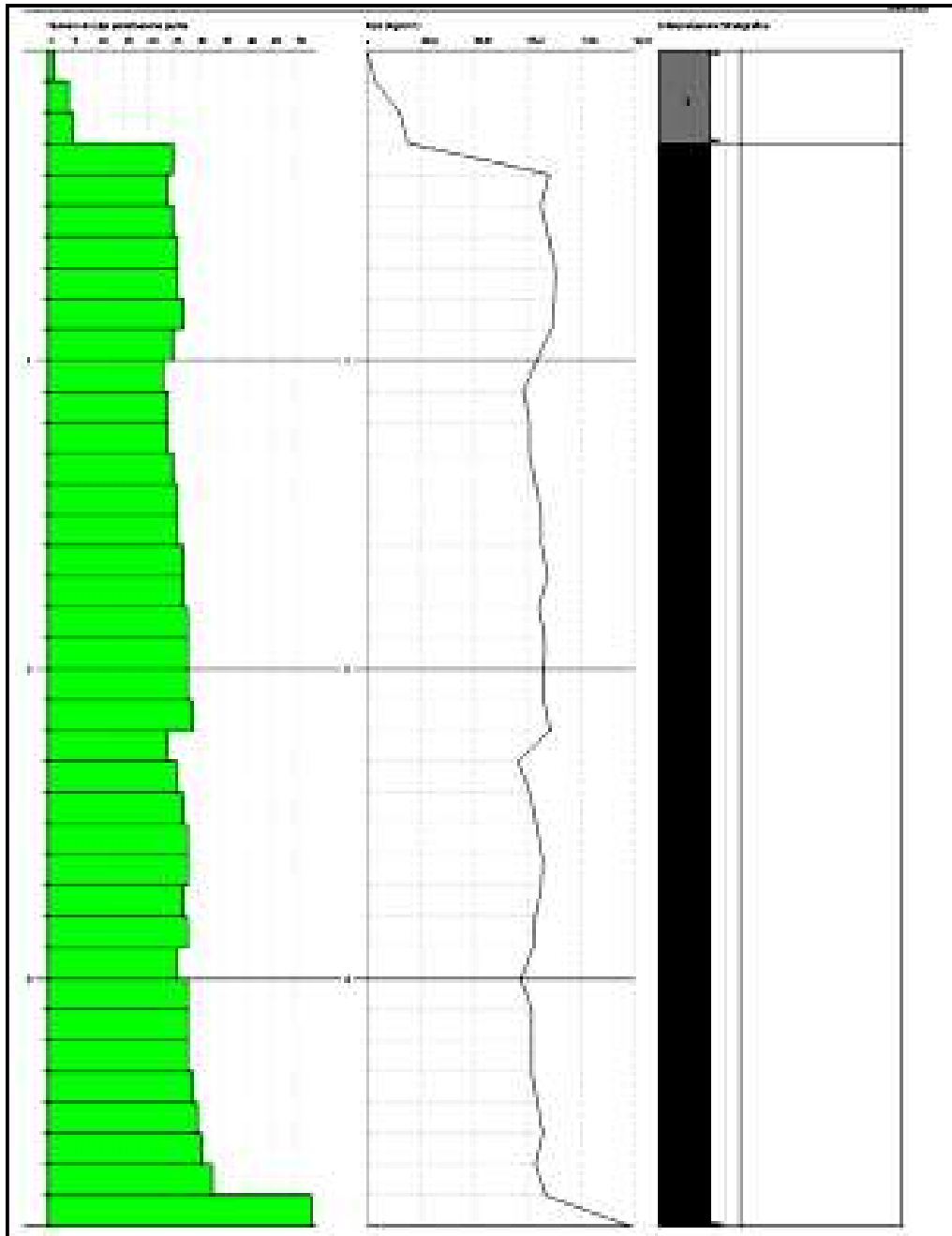
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	Robertson 1983	5.06
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	Robertson 1983	40.92



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –





Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

Elaborazione Prova Penetrometrica P3

Strumento utilizzato... DPM (DP030 10 MEDIUM)
 Prova eseguita in data 23/06/2021
 Profondità prova 4,00 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rvestimento	Calcolo coeff riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	2	0	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	4	0	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	28	0	0.753	70.38	93.51	3.52	4.68
0.40	27	0	0.751	67.69	90.17	3.38	4.51
0.50	25	0	0.749	62.52	83.49	3.13	4.17
0.60	26	0	0.747	64.86	86.83	3.24	4.34
0.70	25	0	0.745	62.21	83.49	3.11	4.17
0.80	26	0	0.743	64.54	86.83	3.23	4.34
0.90	26	0	0.742	61.10	82.39	3.05	4.12
1.00	27	0	0.740	63.30	85.56	3.16	4.28
1.10	28	0	0.738	65.48	88.73	3.27	4.44
1.20	27	0	0.736	63.00	85.56	3.15	4.28
1.30	27	0	0.735	62.85	85.56	3.14	4.28
1.40	27	0	0.733	62.71	85.56	3.14	4.28
1.50	28	0	0.731	64.88	88.73	3.24	4.44
1.60	29	0	0.730	67.05	91.90	3.35	4.60
1.70	29	0	0.728	66.90	91.90	3.34	4.60
1.80	29	0	0.726	66.75	91.90	3.34	4.60
1.90	29	0	0.725	63.37	87.44	3.17	4.37
2.00	28	0	0.723	61.05	84.42	3.05	4.22
2.10	27	0	0.722	58.75	81.41	2.94	4.07
2.20	26	0	0.720	56.45	78.39	2.82	3.92
2.30	26	0	0.719	56.33	78.39	2.82	3.92
2.40	26	0	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	28	0	0.716	60.42	84.42	3.02	4.22
2.60	29	0	0.714	62.45	87.44	3.12	4.37
2.70	28	0	0.713	60.18	84.42	3.01	4.22
2.80	28	0	0.711	60.06	84.42	3.00	4.22
2.90	29	0	0.710	59.21	83.39	2.96	4.17
3.00	31	0	0.659	58.71	89.14	2.94	4.46
3.10	30	0	0.707	61.02	86.26	3.05	4.31
3.20	31	0	0.656	58.47	89.14	2.92	4.46
3.30	32	0	0.655	60.24	92.01	3.01	4.60
3.40	30	0	0.703	60.68	86.26	3.03	4.31
3.50	32	0	0.652	60.60	92.01	3.00	4.60
3.60	29	0	0.701	58.44	83.39	2.92	4.17
3.70	29	0	0.700	58.34	83.39	2.92	4.17
3.80	31	0	0.648	57.80	89.14	2.89	4.46
3.90	31	0	0.647	55.14	85.19	2.76	4.26
4.00	32	0	0.646	56.81	87.94	2.84	4.40
4.10	55	0	0.395	89.91	151.15	4.50	7.56

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nipt	Nipt	Descrizione
0.2	3	10.02	Incoerente - coesivo	0	1.58	1.85	0.02	0.76	2.28	STRATO 1
4.1	28.32	86.28	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.13	0.44	0.70	21.55	STRATO 2



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nipt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benzoni e Vanzelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shimi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	0.14	0.29	0.15	0.09	0.22	0.30	0.21	0.61	0.11	0.39	0.29
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	1.46	2.69	1.00	0.83	2.13	2.59	1.82	2.23	1.08	3.23	2.69

Peso unità di volume

	Nipt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	Meyerhof ed altri	1.58
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	Meyerhof ed altri	2.10

Peso unità di volume saturo

	Nipt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	Meyerhof ed altri	1.85
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	Meyerhof ed altri	2.13

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione SPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schnitke & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	12.83	37.48	75.24	13.21
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	40.43	91.26	92.03	53.46

Angolo di resistenza al taglio

	Nipt	Prof. Strato (m)	Nipt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thomson-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Sino-Fukui 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owenski & Hussaki
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	27.63	20.65	28.64	35.34	30.5	0	<30	20.85	27.68	26.14	21.75
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	33.16	26.16	34.03	31.75	37.53	40.78	30-32	32.98	33.47	44.13	35.76

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nipt	Prof. Strato (m)	Nipt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schnitke-Menzenbach (Sabbie siltose)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbie Medie
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	---	18.24	---	---	
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	331.36	172.40	254.99	341.62	

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nipt	Prof. Strato (m)	Nipt corretto per presenza falda	Buisson-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Cilindri con sabbia)	Farrist 1963	Menzenbach & Malcev (Sabbie medie)
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	---	32.15	16.19	48.17
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	129.30	71.73	153.00	134.11



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –

Classificazione AGI

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	(A.G.I.)	0.31

Modulo di reazione Ko

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	Navfac 1971-1982	0.34
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	Navfac 1971-1982	4.32

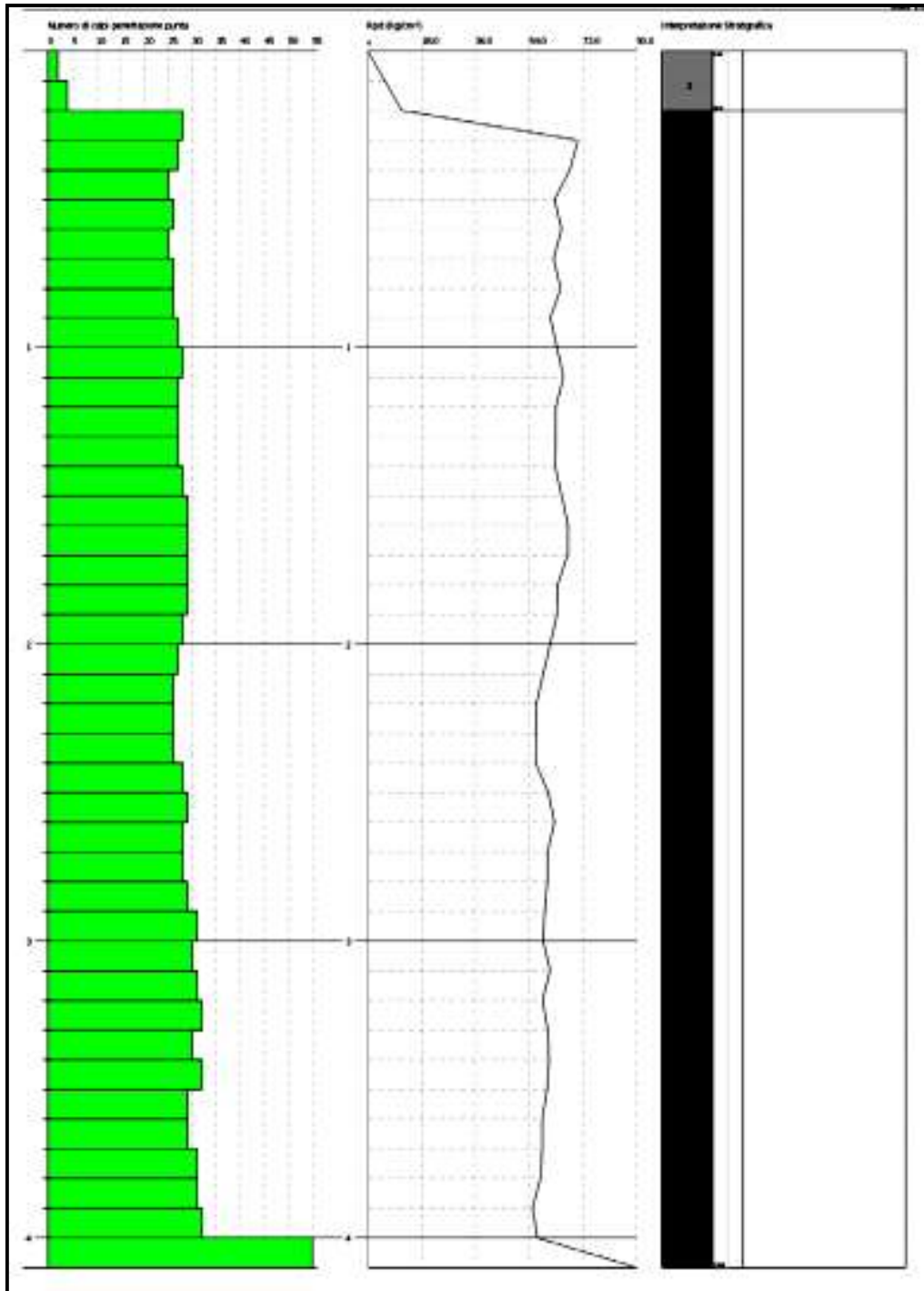
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	Robertson 1983	4.56
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	Robertson 1983	43.10



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –





REPORT SISMICO

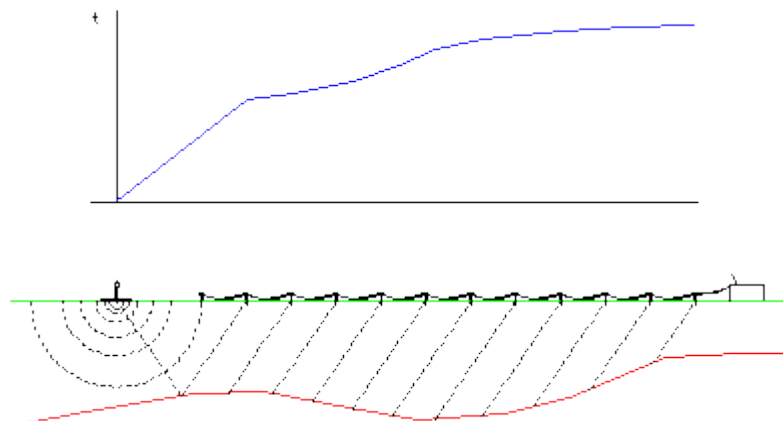


PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

RELAZIONE SISMICA

Le indagini geosismiche vengono realizzate utilizzando il metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.).



La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati. Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di



massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo "classico" è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura d'iterazione topografica.

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

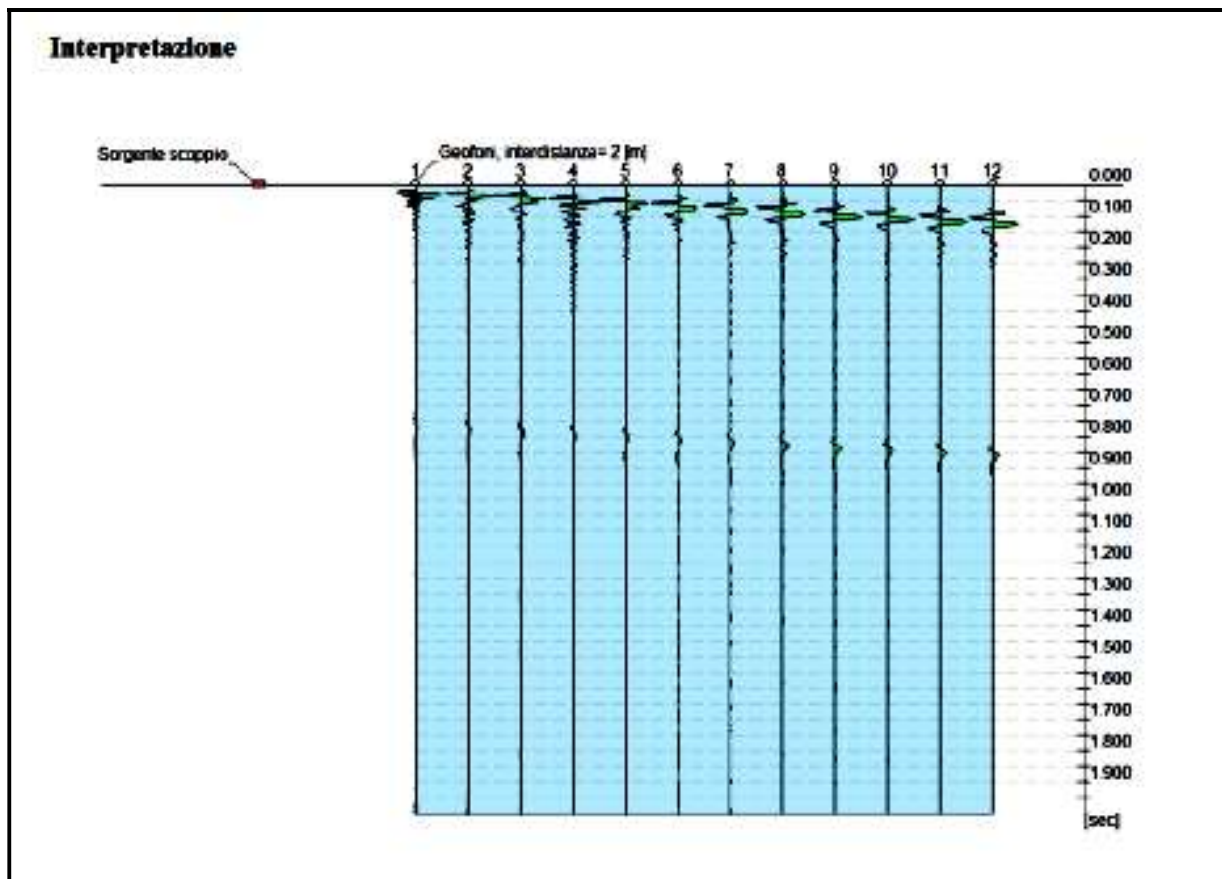
- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.



REPORT SISMICO 1

Tracce

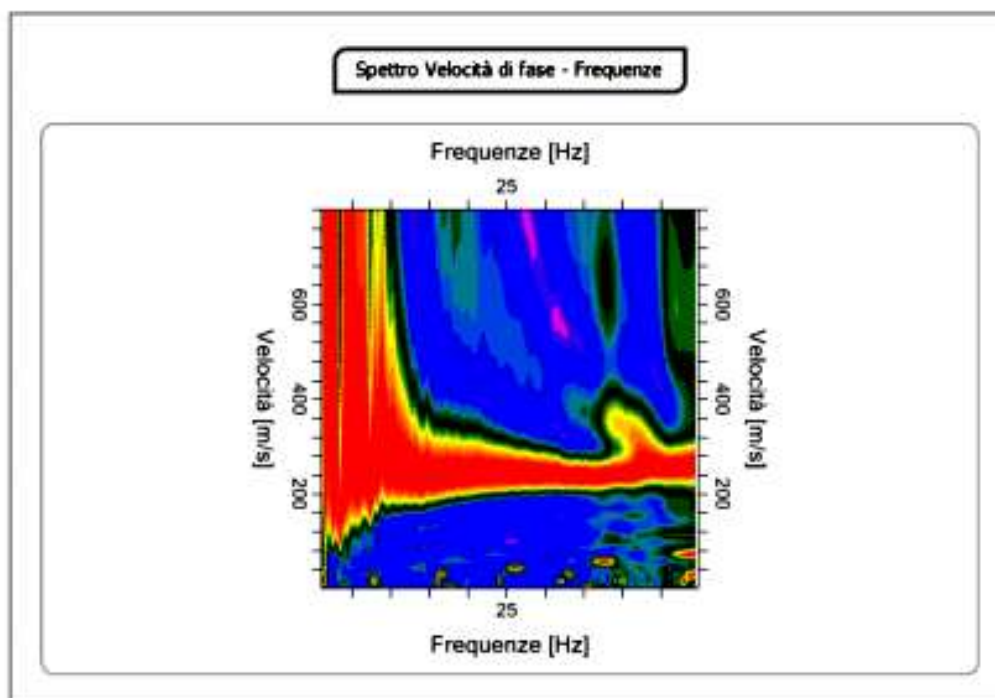
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campiona- mento [msec]	2.00





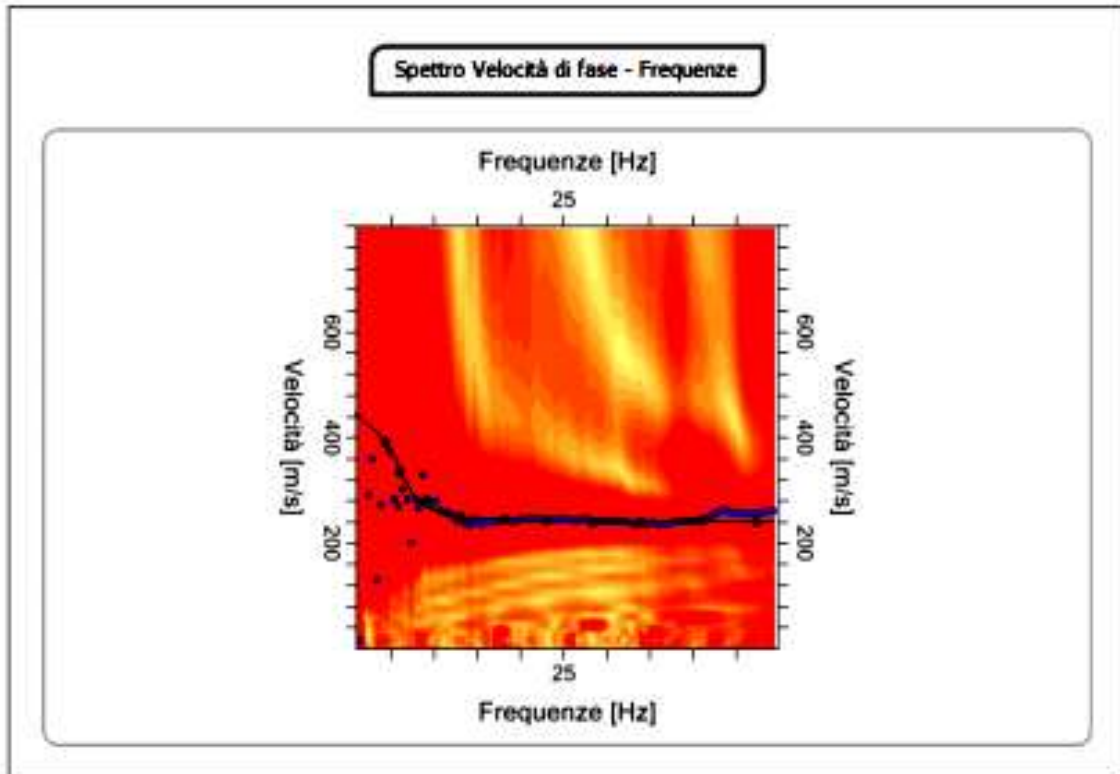
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.4	390.3	0
2	6.2	334.6	0
3	8.8	276.1	0
4	13.1	249.8	0
5	18.3	243.9	0
6	23.1	241.0	0
7	28.4	238.1	0
8	34.1	238.1	0
9	41.1	241.0	0
10	47.3	238.1	0



Inversione

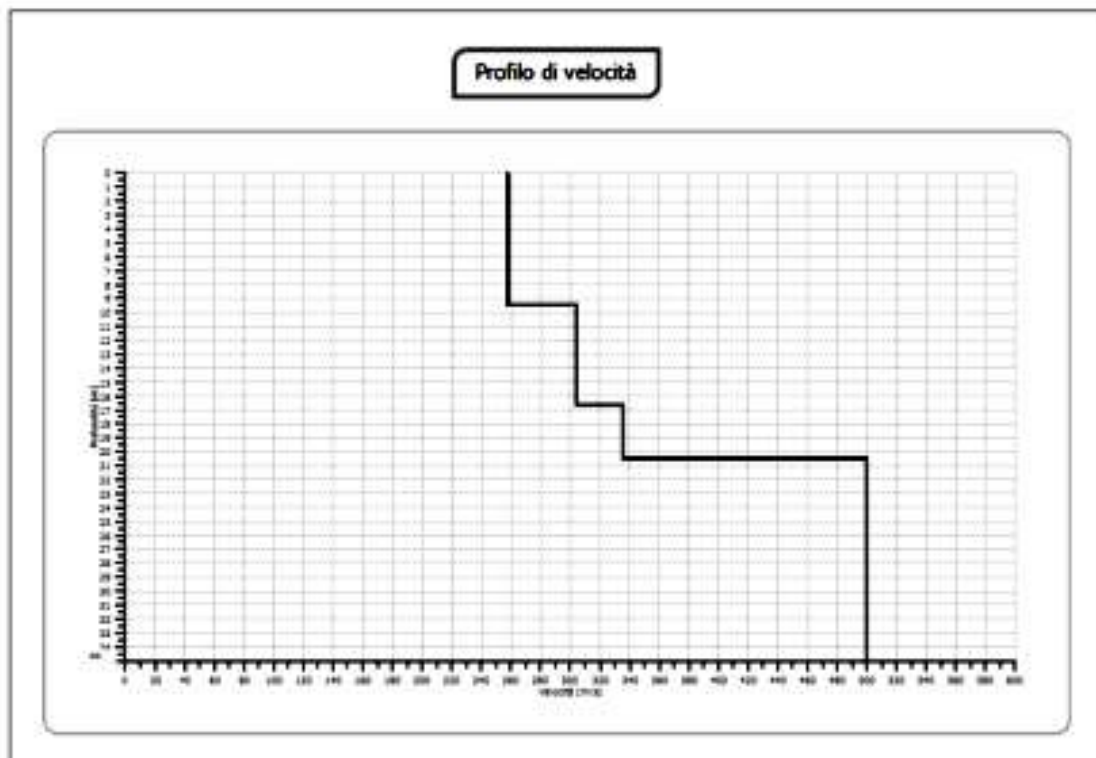
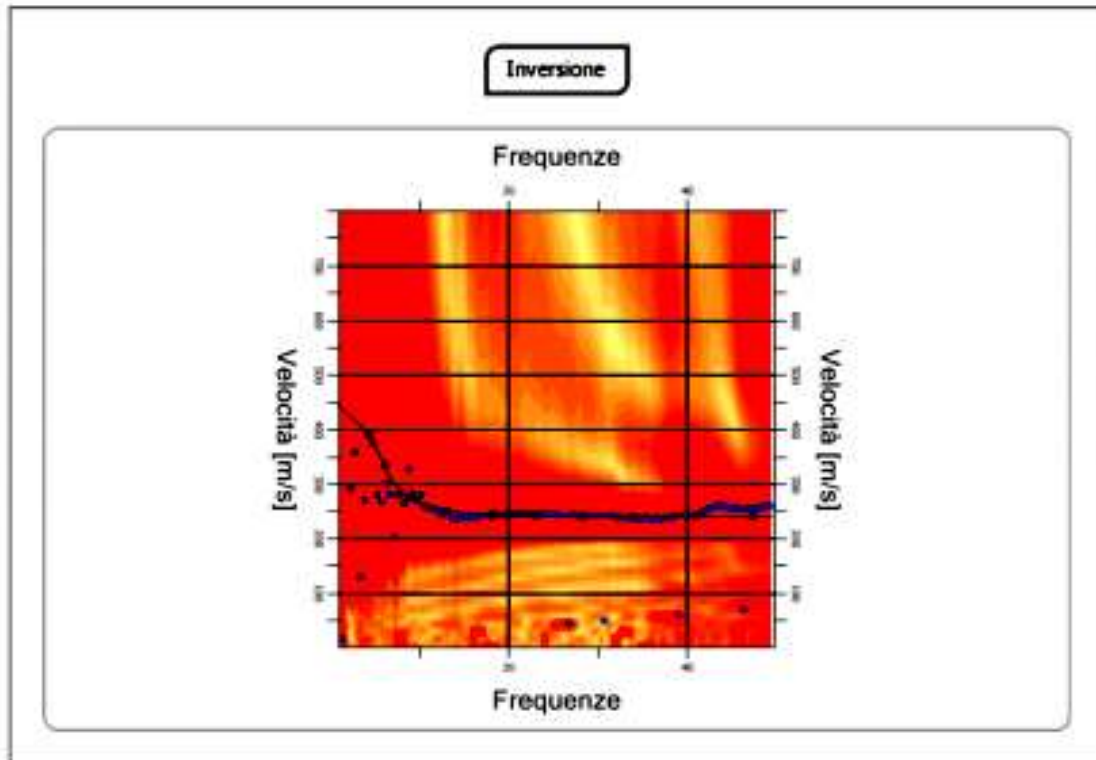
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	9.48	9.48	481.9	257.6
2	16.67	7.19	568.9	304.1
3	20.55	3.88	627.1	335.2
4	35.00	14.45	935.3	500.0

Percentuale di errore 0.002 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.004



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

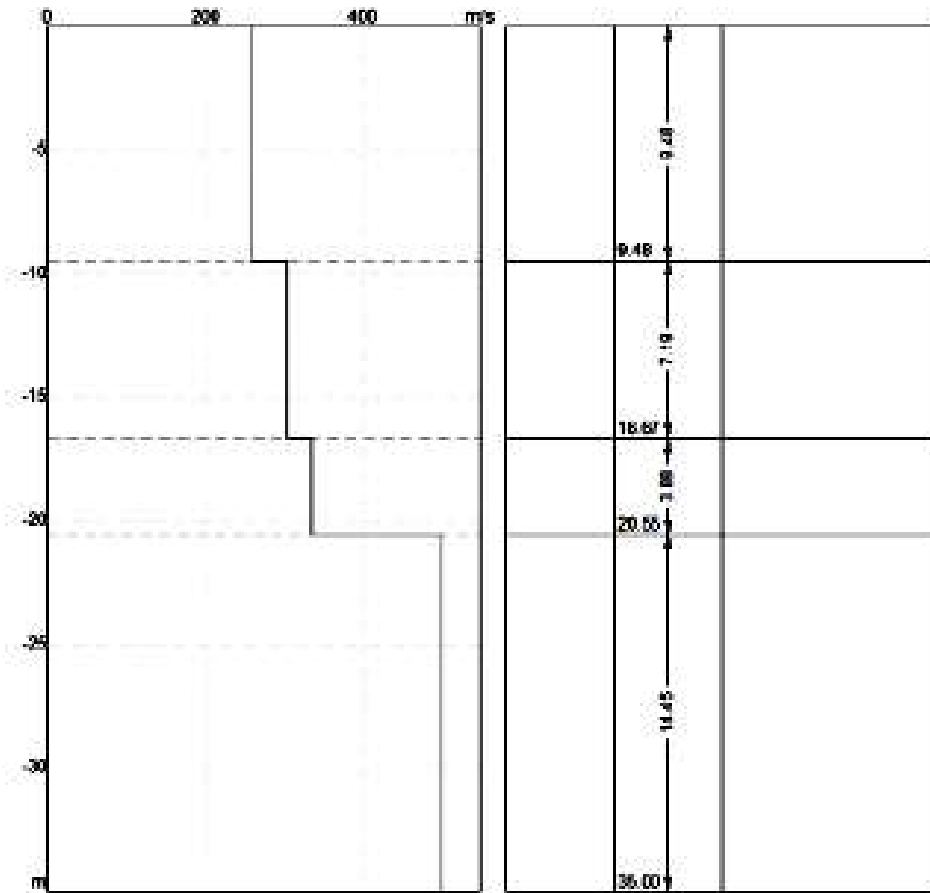
– Località Tavoletta –





Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola

– Località Tavoletta –





Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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

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

Dove:

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

Profondità piano di posa [m] | 0.00
 $V_{S,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m) | 329.92
 Categoria del suolo | C

Profondità piano di posa [m] | 1.00
 $V_{S,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m) | 336.90
 Categoria del suolo | C

Profondità piano di posa [m] | 2.00
 $V_{S,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m) | 344.17
 Categoria del suolo | C

Categorie	Descrizione
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.
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.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consolidati 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.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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.