



Unione Europea



REGIONE
PUGLIA



Provincia di Taranto



Comune di Taranto



European Green New Deal

Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaico per la generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare fotovoltaica con potenza nominale di 10.003,5 kWp, in agro di Taranto, strada vicinale Nisi, foglio 278 sezione A, p.lle 518 e 520.

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ELAB. AMMINISTR.

PROPONENTE

ALTA CAPITAL 10 S.R.L. Via Ettore De Sonnaz n. 19 - 10121 Torino

COD. PRATICA

PROGETTISTI

ESPE S.R.L.
Via Dell'Artigianato n. 6
35010 Grantorto (PD)

COLLABORATORI / CONSULENTI

DOTT. GEOL. MARCO COSTA
Via Dante Alighieri, 66
70023 Gioia del Colle (BA)

SVILUPPO PROGETTO:



Data	Codifica Documento	Descrizione	Revisione
12/2021	GEOdr001_Rel_Geol+Geot	Relazione geologica e geotecnica	00

Sommario

1. <i>Introduzione</i>	3
2. <i>Descrizione del progetto</i>	4
3. <i>Inquadramento topografico</i>	6
4. <i>Inquadramento geologico</i>	8
5. <i>Inquadramento idrologico ed idrogeologico locale</i>	10
6. <i>Descrizione dei luoghi</i>	13
7. <i>Descrizione delle indagini eseguite</i>	14
7.1. <i>Indagini dirette</i>	15
7.1.1. <i>Saggi con escavatore</i>	15
7.1.2. <i>Indagini penetrometriche</i>	16
7.2. <i>Indagini indirette</i>	19
7.2.1. <i>Indagine sismica</i>	19
7.2.2. <i>Indagine geoelettrica</i>	21
8. <i>Caratterizzazione sismica dell'area</i>	23
9. <i>Definizione del modello geologico</i>	25
10. <i>Definizione del modello geotecnico</i>	26
11. <i>Conclusioni</i>	27
<i>Allegato 1: Report indagine penetrometrica</i>	
<i>Allegato 2: Indagine geofisica</i>	

1. Introduzione

Lo scrivente, dott. geol. Marco Costa, iscritto all'Ordine dei Geologi di Puglia al n. 574 e con studio professionale in Gioia del Colle (BA) al n. 66 di via Dante Alighieri, ha ricevuto l'incarico di redigere la presente Relazione geologica, geotecnica e sulle indagini riguardante un'area situata nel Comune di Taranto, Foglio di mappa n. 278 sez. A- Particelle n. 518, 520 (Foto 1); l'incarico è stato affidato allo scrivente dalla ditta ESPE srl, società responsabile della progettazione, con sede legale in Grantorto (PD) al n. 6 di via dell'Artigianato, per conto del proponente ALTA CAPITAL 10 s.r.l. con sede legale in Torino al n. 19 di Via Ettore De Sonnaz. Entro l'area nella disponibilità della ALTA CAPITAL 10 s.r.l. si intende realizzare il "Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaiico per la generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare fotovoltaica con potenza nominale di 10.003,5 kWp, in agro di Taranto, strada vicinale Nisi, foglio 278 sezione A, p.lle 518 e 520".

La normativa di riferimento è la seguente:

- D.M. LL. PP. del 11/03/1988 - 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;
- O. P. C. M. n. 3274 del 20/03/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- O. P. C. M. n. 3519 del 28/04/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- D. M. del 17/01/2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" e Circolare C. S. LL. PP. n. 7 del 12/01/2019;
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1 (Regole generali);
- Circolare C. S. LL. PP. n. 7 del 21/01/2019;
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5 (Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici).

Dopo una breve descrizione del contesto geologico locale dell'area, saranno descritte ed analizzate le caratteristiche del substrato dedotte dalla ricognizione dei luoghi, dai dati di letteratura geologica a disposizione dello scrivente e dalle indagini geognostiche eseguite.



Foto 1: vista panoramica dell'area d'interesse progettuale.

2. Descrizione del progetto

Il progetto che si intende realizzare consiste in un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, nello specifico solare.

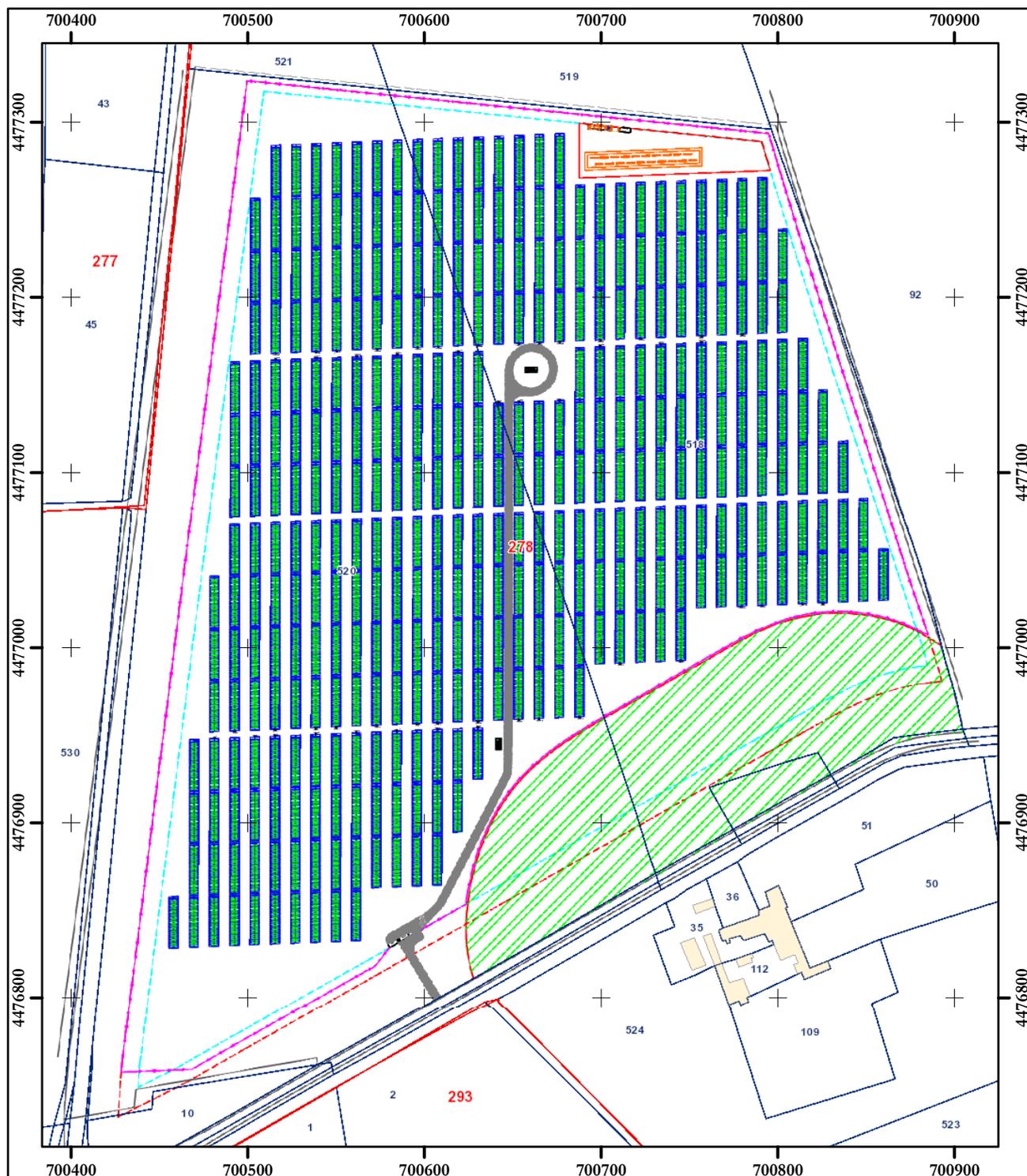


Figura 1: stralcio catastale con ubicazione delle realizzande opere a progetto (scala 1:3.500).

In Figura 1 è riportata, su base catastale, l'ubicazione planimetrica delle opere a progetto. Alta Capital 10 srl intende realizzare un progetto in cui combinare la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica con attività di tipo agricolo ed apistico: l'obiettivo è quello di creare un ambiente idoneo ove le specie impollinatrici possano trovare polline per produrre così miele ed eventuali altri prodotti alimentari legati all'apicoltura.

In sintesi, si intende utilizzare la superficie del terreno sia per la produzione di energia solare sia per esercitare attività agricole sostenibili. A tal fine il progetto agronomico proposto si prefigge i seguenti obiettivi:

- creare un ambiente idoneo allo sviluppo di specie impollinatrici, attraverso l'impianto di piante da frutto

mellifere, tipiche del paesaggio agrario dell'Arco ionico tarantino, e di specie arbustive autoctone dell'ambiente mediterraneo;

- creare un'attività agricola aggiuntiva attraverso la produzione di prodotti alimentari legati all'apicoltura, quali miele, cera e pappa reale;
- mitigare l'impatto ecologico e paesaggistico, provocato dalla realizzazione dell'impianto di produzione di energia, attraverso la creazione di elementi in grado di aumentare la biodiversità dei luoghi (corridoio verde, praterie, muretti a secco).

L'iniziativa prevede quindi l'integrazione di un impianto fotovoltaico ad inseguimento solare monoassiale (Est-Ovest) di potenza nominale complessiva, intesa come somma delle potenze dei singoli moduli fotovoltaici da cui è costituito l'impianto stesso, pari a 10.003,5 kWp, con attività di tipo agricolo e apistico.

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico, le sue caratteristiche salienti saranno le seguenti:

- ✓ potenza di picco dell'impianto 10.003,5 kWp
- ✓ n. di moduli fv complessivo 17.100
- ✓ n. di inverter 50
- ✓ n. totale di stringhe 684
- ✓ n. di stringhe per ogni inverter 12/13/14
- ✓ n. di moduli fv per stringa 25
- ✓ potenza di picco del modulo fv 585 Wp
- ✓ superficie del modulo fv 2,73 m²
- ✓ superficie totale dei moduli fv 46.753 m²
- ✓ tensione massima di stringa 1110,5 Vmp
- ✓ tensione massima di circuito aperto 1341,25 Voc
- ✓ potenza massima di stringa 14.625 Wp
- ✓ potenza massima di ingresso inverter 204,75 kWp.

Per quanto attiene, invece, l'attività agricola e apistica il progetto prevede (per ulteriori dettagli si rimanda alla "Relazione agronomica"):

- l'impianto di un arboreto da frutto costituito da piante di arancio da realizzare nell'area di rispetto dell'impianto di produzione dell'energia (lati Ovest e Sud-Ovest);
- l'impianto, tra le file dei pannelli fotovoltaici, di specie arbustive mellifere (rosmarino, lavanda e timo);
- l'impianto lineare di specie arboree ed arbustive tipiche della macchia mediterranea (Corbezzolo – Mirto – Rosmarino - Lentisco) da allocare lungo la recinzione dell'impianto di produzione di energia e lungo il lato dell'aranceto confinante con la strada provinciale;
- l'inerbimento di tutta la superficie interessata dall'impianto fotovoltaico attraverso la semina di specie erbacee a vocazione mellifera, la costruzione di un muretto a secco di pietra calcarea da realizzare nella parte a sud est dell'appezzamento al fine di mitigare l'impatto visivo dall'area di rispetto della Masseria Troccoli;
- l'installazione di apiari per l'allevamento intensivo di circa 50 famiglie di Api.

3. Inquadramento topografico

Il sito entro il quale si intende realizzare il progetto dell'impianto fotovoltaico è ubicato nel territorio comunale di Taranto, nelle vicinanze del confine comunale con Faggiano; dista poco più di 8 km, verso ESE, dal centro abitato di Taranto e poco più di 1 Km, verso W, dal centro abitato di Faggiano (TA), in Contrada Giustini; inoltre, l'area oggetto del l'intervento proposto è situata poco a N della località Mass.a Troccoli, ad angolo tra la S. P. 109 a W e la S. P. 107 a S; la quota media è di circa 30 m sul l. m. m.. L'area d'interesse è rappresentata nella tavoletta II - NE "S. Giorgio Ionico", nella sua zona sud-occidentale, ricompresa nel Foglio 202 della Carta Topografica d'Italia a scala 1:25.000, in corrispondenza delle seguenti coordinate (baricentro dell'area, DATUM WGS84 – proiezione UTM Fusso 33):

- 700.642 E
- 4.477.107 N.

L'area in studio si pone su un pianoro ad assetto tabulare; nei dintorni i dislivelli sono valutabili al massimo in pochi m (Figure 2 e 3). L'area limitrofa a quella d'interesse si presenta poco o nulla urbanizzata e parcellizzata dall'attività agricola.

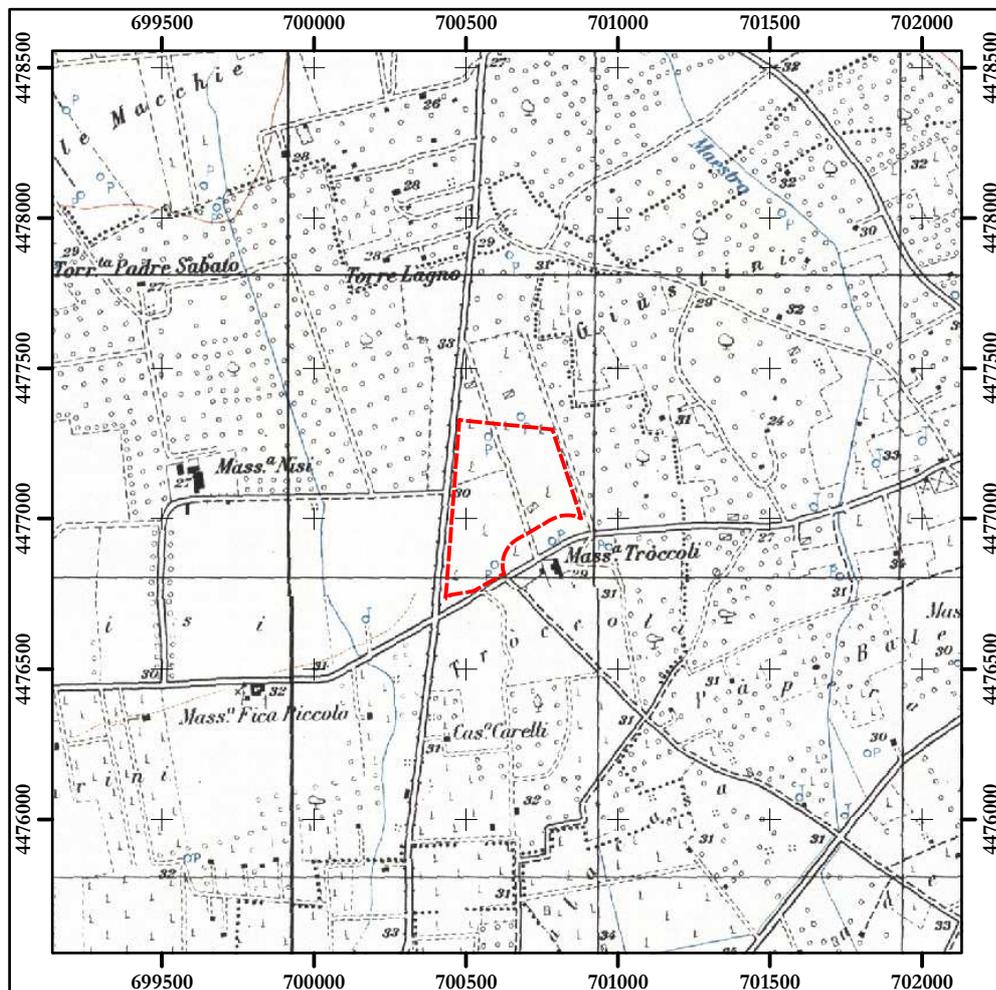


Figura 2: stralcio cartografico con ubicazione dell'area d'interesse progettuale (Base cartografica: I.G.M. – Scala 1:25.000).

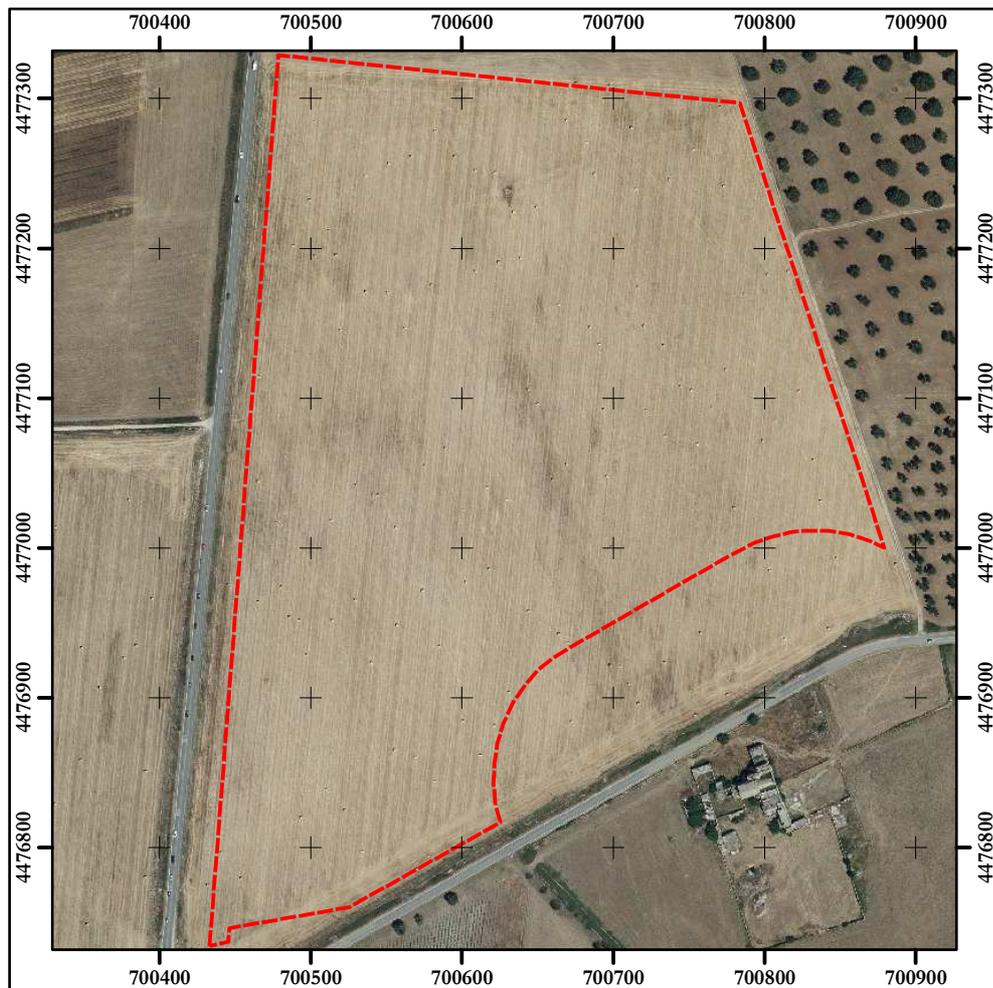


Figura 3: stralcio ortofotografico con ubicazione dell'area d'interesse progettuale (Ortofoto anno 2019, Fonte A.G.E.A. – Scala 1:5.000).

4. Inquadramento geologico

Da un punto di vista geologico l'area oggetto d'indagine è inquadrata entro il Foglio 202 "Taranto" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, nella sua parte sud-orientale. L'area appartiene al dominio tettonico della "piattaforma apula", ritenuta un promontorio della placca africana o una placca a sé stante a seconda delle diverse interpretazioni; si tratta di un dominio di avampaese, che limita verso W la struttura tettonica della Fossa Bradanica e che presenta costituzione quasi esclusivamente carbonatica.

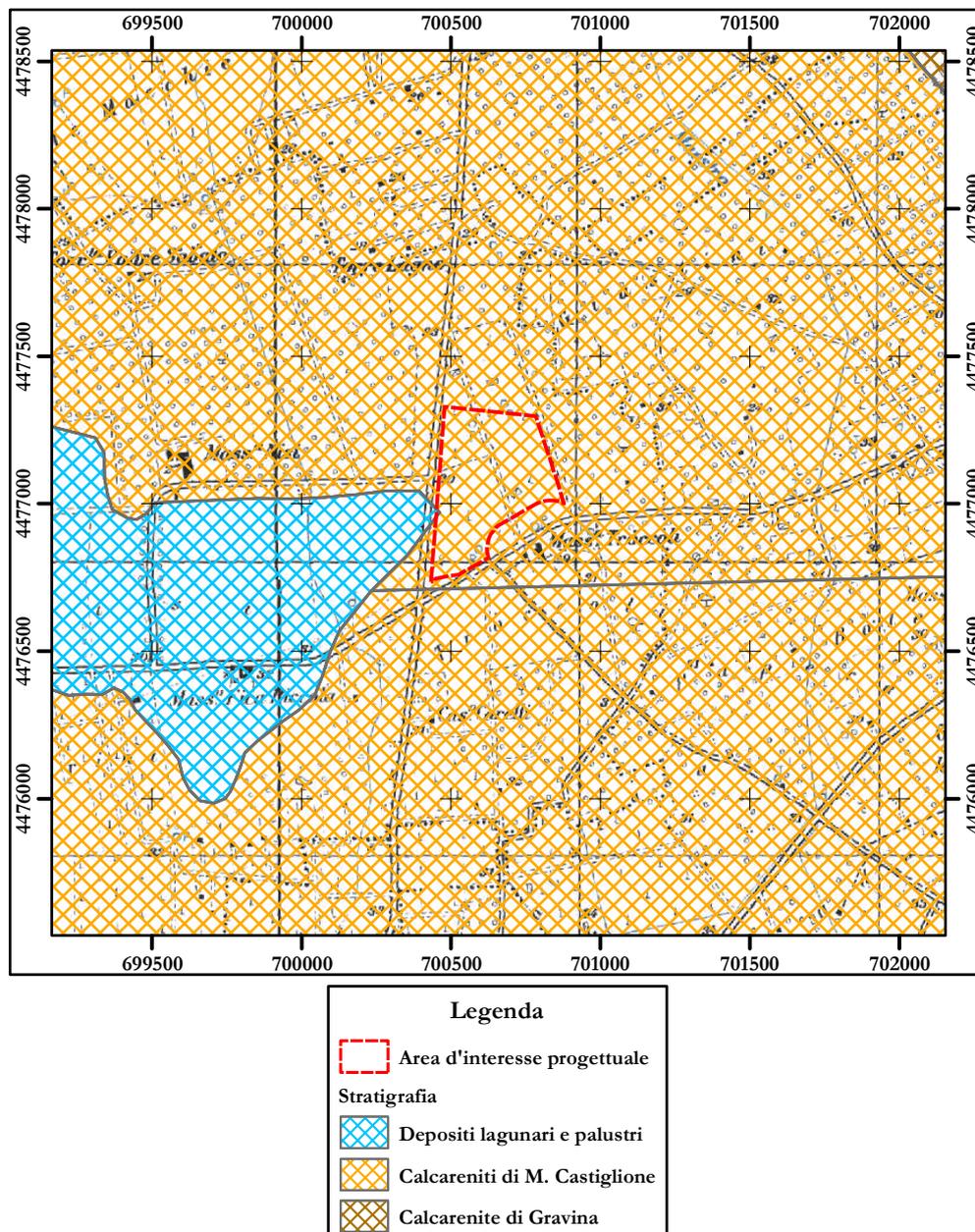


Figura 4: stralcio del Foglio "Taranto" della Carta Geologica d'Italia, con indicazione dell'area in studio (Scala 1:25.000).

L'area compresa entro il foglio Taranto è posta tra le propaggini più meridionali delle Murge ed il Mare Ionio; le sue caratteristiche generali si inquadrano perfettamente nel panorama geologico pugliese, che costituisce una unità tettonica di avampaese, denomina piattaforma apula, caratterizzata da una successione calcarea mesozoica, spesso alcune migliaia di metri e piuttosto monotona, che si estende verso occidente a costituire il substrato della Avanfossa Bradanica. Le caratteristiche geologiche più salienti sono messe in risalto dalla morfologia che appare, in genere, più articolata in corrispondenza degli affioramenti calcarei, noti in letteratura geologica con il nome di "Gruppo del Calcari delle Murge". Tale successione affiora estesamente nell'altopiano murgiano, con locali coperture di placche trasgressive di età pleistocenica. Le aree pianeggianti sono occupate non solamente da depositi continentali superficiali, ma anche da sedimenti marini, in prevalenza calcarenitici ed argillosi. La struttura è

caratterizzata a livello regionale dalla presenza di pieghe blande e simmetriche, generalmente vergenti verso NE; le faglie sono tutte di tipo distensivo, con piano molto inclinato, talora prossimo alla verticale; alcune di queste faglie delimitano blocchi calcarei aventi giacitura monoclinale, che, pertanto, assumono i caratteri peculiari di *horsts* (ad esempio lo *horst* sul quale si erge l'abitato di Faggiano, poco a E dell'area d'interesse).

Nelle immediate vicinanze dell'area oggetto del presente studio affiorano diverse formazioni, rappresentate, dal basso verso l'alto della successione stratigrafica, dalla Calcarenite di Gravina, dalle Calcareniti di M. Castiglione e dai Depositi lagunari e palustri. In particolare, l'area in studio si pone in corrispondenza di affioramenti ascrivibili alle Calcareniti di M. Castiglione, sebbene a qualche m di profondità vi siano litotipi argillosi ascrivibili alle Argille del Bradano, non presenti localmente in affioramento (Figura 4).

Le Calcareniti di M. Castiglione sono costituite generalmente da calcareniti grossolane, compatte o friabili, che rappresentano la chiusura del ciclo sedimentario iniziato con le Calcareniti di Gravina; entro la zona d'interesse e nelle sue vicinanze mostrano un colore grigio-giallastro chiaro con stratificazione ben evidente (caratteristiche desunte dai ciottoli e dai blocchi visibili entro il suolo agrario della zona in studio); tali depositi sono tipicamente terrazzati e localmente è possibile distinguere fino a undici ordini di terrazzi.

Nella Figura 5 è riportata una sezione geologica schematica che riassume la situazione litostratigrafica locale, ricostruita sulla scorta dei dati rivenienti dai saggi e dalle indagini dirette ed indirette eseguiti (vedi oltre).

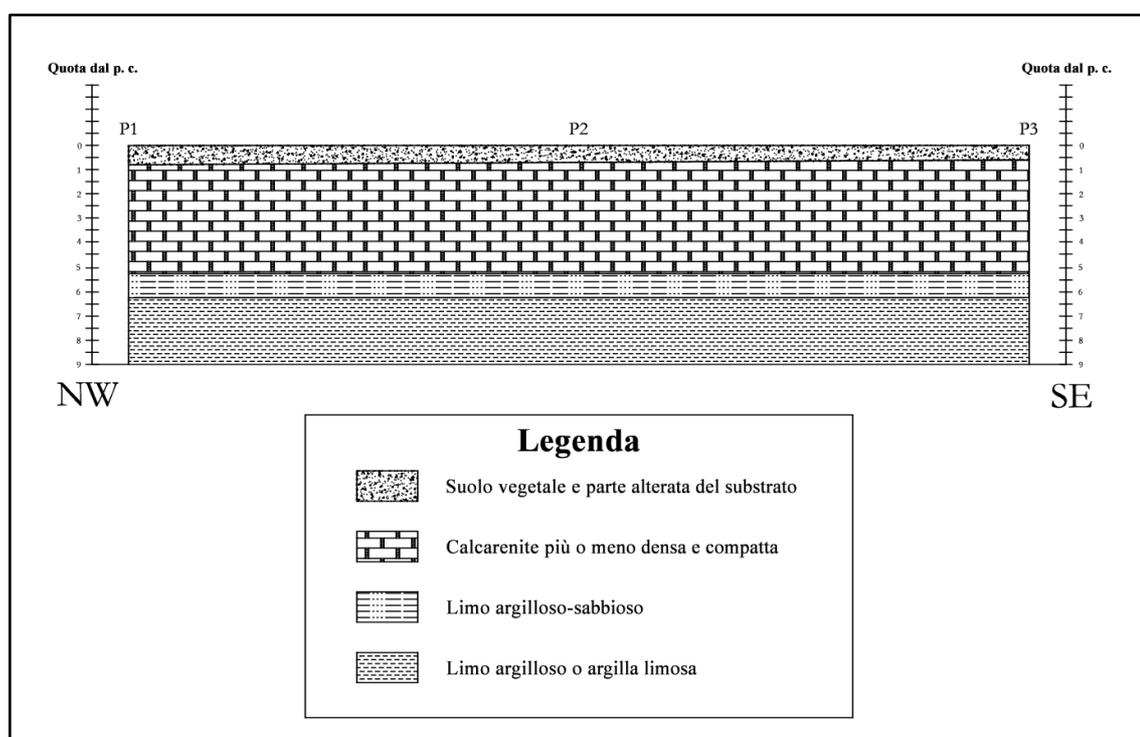


Figura 5: sezione geologica schematica in corrispondenza dell'area d'interesse (non in scala).

5. Inquadramento idrologico ed idrogeologico locale

Nei dintorni dell'area in studio la cartografia ufficiale prodotta dall'I.G.M. riporta diversi corsi d'acqua di secondaria importanza. Inoltre, prendendo a riferimento quanto riportato nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta e messa a disposizione dall'Autorità di Bacino della Puglia (A. d. B.), è evidente come nei pressi della zona in studio siano stati individuati dei corsi d'acqua episodici che, nella totalità dei casi, coincidono con quelli riportati sulla cartografia I. G. M. (Figura 6).

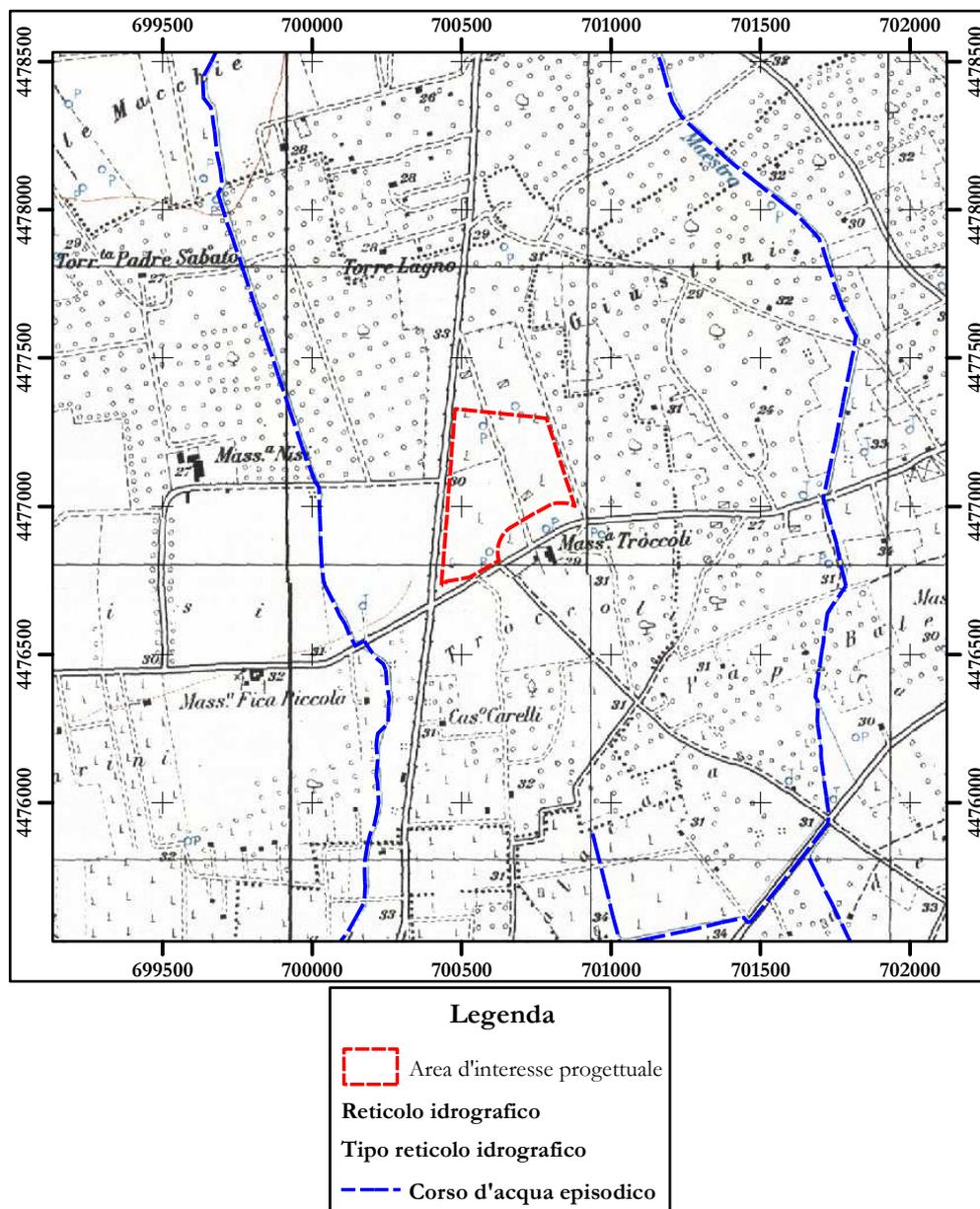


Figura 6: stralcio cartografico con indicazione dei reticoli idrografici presenti nelle vicinanze dell'area in studio (Fonte Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia - scala 1:25.000).

Tali corsi d'acqua di secondaria importanza si presentano sostanzialmente privi di acque correnti per periodi di tempo molto lunghi; il loro alveo, almeno in prossimità della zona in studio è appena accennato, presentando sezioni trasversali a "U" molto ampia e poco profonda; in senso longitudinale le pendenze degli alvei sono quasi per nulla percepibili visivamente e gli stessi alvei presentano frequenti contropendenze. In ogni caso la disamina dei dati acquisiti sul campo (vedi oltre) non ha evidenziato tracce di scorrimento recente delle acque di precipitazione meteorica in superficie.

Da un punto di vista idrogeologico i litotipi presenti in zona mostrano caratteristiche sostanzialmente differenti. Infatti, le Calcareniti di M. Castiglione, sebbene porose, sono sostanzialmente sterili: le acque meteoriche incontrando le Argille del Bradano sottostanti, praticamente impermeabili, tendono ad accumularsi, ma a causa dell'esiguo spessore e della elevata permeabilità che caratterizza le calcareniti la falda idrica di tipo freatico che si crea in occasione di eventi meteorici di una certa importanza tende ad assumere un carattere effimero dato il ritorno

rapido dell'acqua in atmosfera per evapotraspirazione. Entro tali litologie l'indagine geofisica a carattere elettrico eseguita non ha rilevato alcuna falda acquifera a conferma delle considerazioni appena fatte. L'unica falda idrica di una certa importanza è quella contenuta in seno alla litologia calcarea afferente al Calcarea di Altamura, interessato da strutture disgiuntive, rappresentate da faglie e fratture, di importanza differente, variabile tuttavia da luogo a luogo; su tali strutture ha, inoltre, agito il fenomeno carsico e, dunque, la circolazione idrica sotterranea risulta condizionata in modo predominante, sia in senso orizzontale che verticale, dal fenomeno di dissoluzione dei calcari. Nella successione stratigrafica del Calcarea di Altamura si rinvencono strati e banchi di calcari detritici ed organogeni, nel complesso molto permeabili; sono presenti, inoltre calcari "laminati" e calcari con frammenti di macrofossili che, al contrario, sono poco permeabili in virtù della loro natura litologica e di un processo chimico di dolomitizzazione che ne ha provocato una ricristallizzazione secondaria con conseguente diminuzione della fessurazione, e della conseguente porosità secondaria, esistente in precedenza. Nel complesso, dunque, la permeabilità risulta essere alquanto variabile assumendo valori compresi, mediamente tra 10^{-3} e 10^{-5} m/s, con valori più elevati anche di qualche ordine di grandezza per effetto della "cario" del calcarea cagionato dal fenomeno carsico. La quantità d'acqua, nel sottosuolo carbonatico, aumenta, di solito, al crescere della profondità, a causa di una spiccata vascolarizzazione carsica; per poter sfruttare a pieno questa riserva idrica è necessario scendere molto in profondità nel sottosuolo, intercettando il maggior numero possibile di fratture beanti, con conseguenti alti costi realizzativi delle opere di captazione. All'interno della formazione carbonatica la falda idrica, una volta raggiunta dalle opere di captazione, si livella, solitamente, a non meno di 20 - 25 m dal piano campagna, come desunto dalle stratigrafie di alcuni pozzi per acqua presenti nelle vicinanze. La disamina dei dati rivenienti dall'analisi della Tavola 6.2 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento" del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia, conferma, in modo sostanziale, i dati di soggiacenza della falda idrica appena indicati; infatti al di sotto della zona d'interesse progettuale la falda idrica presente in seno alla litologia calcarea si porrebbe tra i 5 ed i 6 m al di sopra del l. m., dunque a circa 24 - 25 m dal p. c. (Figura 7).

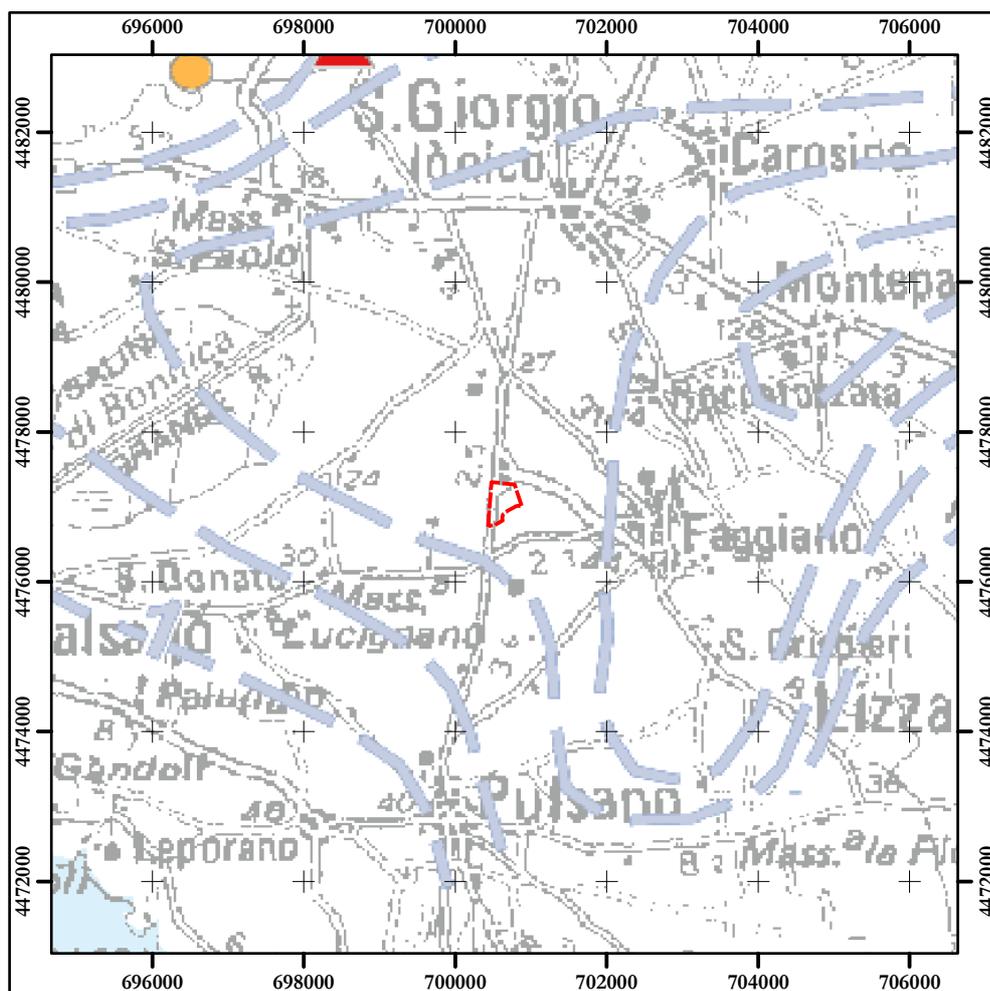


Figura 7: stralcio della Tavola 6.2 del P.T.A. con indicazione dell'area in studio (non in scala).

Nella Figura 8 è compendiate la situazione idrogeologica locale.

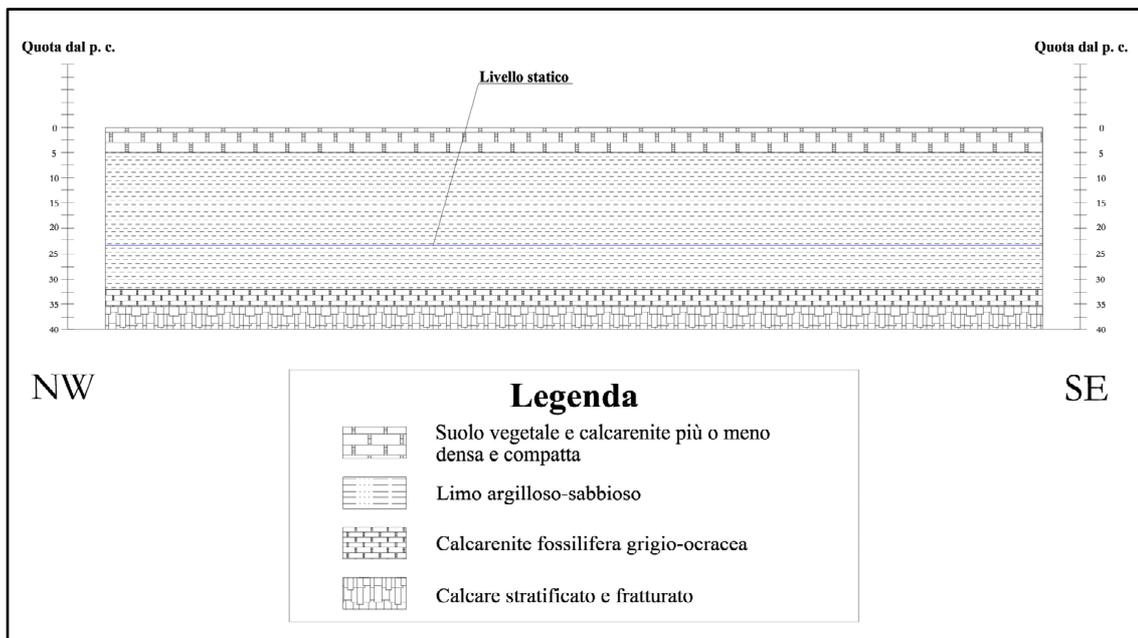


Figura 8: sezione idrogeologica schematica in corrispondenza dell'area in studio ricostruita sulla scorta dei dati stratigrafici di pozzi per acqua realizzati nei pressi della zona d'interesse progettuale (non in scala).

6. Descrizione dei luoghi

Un'accurata disamina dei luoghi, effettuata in data 28/10/2021 ha permesso di confermare i dati cartografici e di letteratura a disposizione. L'area si presenta praticamente pianeggiante (Foto 2) e visivamente non si apprezzano sensibili differenze di quota, rotture di pendio o situazioni morfologiche che possano rappresentare una qualche evidenza di instabilità idrogeologica o di forme morfologiche particolari (es. doline, contropendenze). Il substrato non affiora praticamente mai in superficie. Il suolo vegetale ha colore ocra-marrone e contiene al suo interno abbondanti ciottoli e blocchi di natura calcarenitica (predominante) e calcarea, a denotarne la sua origine dalla formazione delle Calcareniti di M. Castiglione; la sua costituzione sembra essere più francamente sabbioso-limosa che limoso-argillosa (Foto 3); un ulteriore sopralluogo effettuato in data 03/11/2021 in concomitanza con l'esecuzione di indagini indirette a carattere geofisico, successivamente ad eventi meteorici che hanno interessato anche la zona d'interesse progettuale, non hanno evidenziato la presenza di zone di ristagno delle acque di pioggia o di fango a testimoniare l'alta permeabilità del suolo vegetale e del substrato calcarenitico sottostante.



Foto 2: vista panoramica di parte dell'area d'interesse progettuale.



Foto 3: particolare del suolo vegetale presente entro l'area d'interesse progettuale.

7. Descrizione delle indagini eseguite

A seguito della situazione litostratigrafica riscontrata, della tipologia degli interventi da realizzare ed allo stato dei luoghi, lo scrivente ha optato per indagini geognostiche dirette ed indirette (Figura 9); nello specifico, per ciò che concerne le indagini dirette, sono stati realizzati saggi esplorativi con escavatore (per verificare la situazione litostratigrafica locale e per prelevare dei campioni di terre e rocce da sottoporre ad analisi chimiche) e indagini penetrometriche (per determinare le caratteristiche meccaniche del terreno sul quale sarà realizzato quanto a progetto), mentre, per quanto attiene le indagini indirette, è stata realizzata una indagine sismica con tecnica MASW (con il fine di determinare la categoria sismica del suolo di fondazione) ed una indagine geoelettrica (per definire le caratteristiche di conduttività/resistività del substrato e per individuare la presenza di una possibile falda acquifera superficiale).

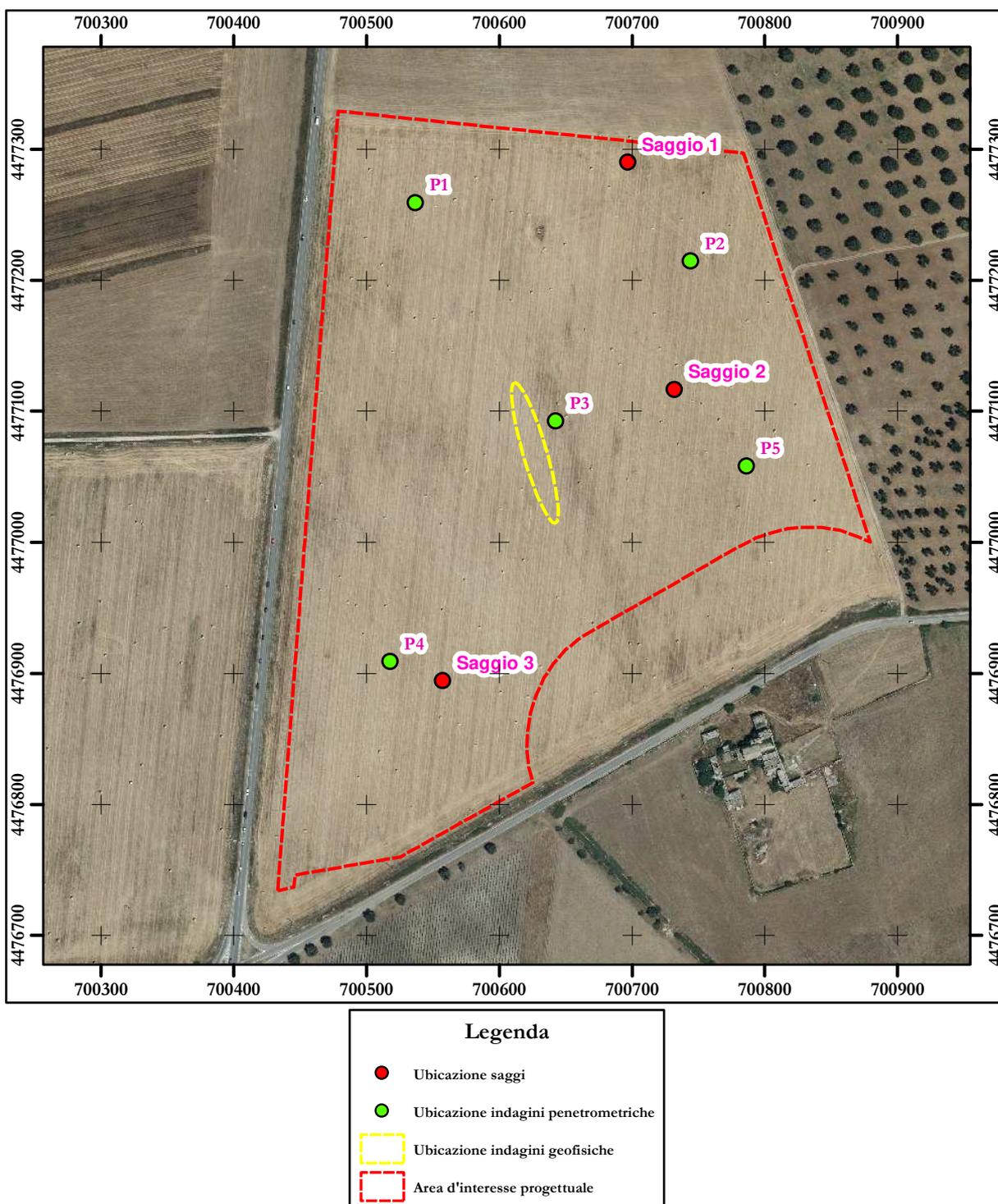


Figura 9: ubicazione dei delle indagini, dirette ed indirette, eseguite (scala 1:5.000).

7.1. Indagini dirette

7.1.1. Saggi con escavatore

Il giorno 11/11/2021, con la supervisione dello scrivente sono stati eseguiti n. 3 saggi con escavatore, con il fine precipuo di prelevare campioni di terre e rocce da sottoporre ad analisi chimiche per verificare eventuali contaminazioni che ne possano precludere il previsto riutilizzo in loco. I saggi, eseguiti con l'ausilio di benna e "martellone" data la natura litologica dei materiali coinvolti, hanno permesso di verificare direttamente la natura del substrato fino ad una profondità di 2 m dall'attuale p.c.; in particolare, la sequenza litostratigrafica ricostruita è la seguente (Foto 4):



Foto 4: sezione stratigrafica messa a giorno dal Saggio 1.

- Saggio 1 (Foto 5)
 - ✓ 0 m p. c. – 0,8 m p. c.: suolo vegetale a granulometria prevalentemente sabbiosa di colore marrone e parte alterata del substrato;
 - ✓ 0,8 m p. c. – 1,2 m p. c.: calcarenite biancastra densa e compatta in strati pluri-centimetrici, con fossili;
 - ✓ 1,2 m p. c. – 2 m p. c.: calcarenite rosata mediamente compatta;

- Saggio 2 (Foto 6)
 - ✓ 0 m p. c. – 0,7 m p. c.: suolo vegetale a granulometria prevalentemente sabbiosa di colore marrone e parte alterata del substrato;
 - ✓ 0,8 m p. c. – 1,1 m p. c.: calcarenite biancastra densa e compatta in strati pluri-centimetrici, con fossili;
 - ✓ 1,1 m p. c. – 2 m p. c.: calcarenite rosata mediamente compatta;

- Saggio 3 (Foto 7)
 - ✓ 0 m p. c. – 0,6 m p. c.: suolo vegetale a granulometria prevalentemente sabbiosa di colore marrone e parte alterata del substrato;
 - ✓ 0,6 m p. c. – 0,9 m p. c.: calcarenite biancastra densa e compatta in strati pluri-centimetrici, con fossili;
 - ✓ 0,9 m p. c. – 2 m p. c.: calcarenite rosata mediamente compatta (escavabile con benna).



Foto 5: esecuzione del Saggio 1.



Foto 6: esecuzione del Saggio 2.



Foto 7: esecuzione del Saggio 3.

7.1.2. Indagini penetrometriche

Il giorno 12/11/2021 lo scrivente ha eseguito n. 5 indagini penetrometriche (Foto 8, 9, 10, 11 e 12) con

Dott. Geol. Marco Costa – Ordine dei Geologi di Puglia n. 574
Sede legale: via Vic.le Colucci, 240/a – 70023 Gioia del Colle (BA)
Sede operativa: via Dante Alighieri, 66 – 70023 Gioia del Colle (BA)
Tel./Fax: 080/3486190 – Cell. 340/9009011
e-mail: info@geojoia.it

tecnica dinamica con l'ausilio di un penetrometro TG30-20 prodotto e commercializzato dalla Pagani Geotechnical Equipment di Calendasco (PC), le cui caratteristiche tecniche principali sono riportate in Tabella 1.

Pagani TG 30-20			
Passo	10 cm	Lunghezza aste	1 m
Peso maglio	30 Kg	Peso aste	2,4 Kg
Volata	20 cm	Massa passiva	1,0 Kg
Area punta	10 cm ²	Coeff. di correlaz. con Nspt	0,766
Angolo apertura punta conica	60°	Energia specifica per colpo	6 Kg/cm ²

Tabella 1: dati tecnici del penetrometro Pagani TG30-20.



Foto 8: piazzamento penetrometro per indagine P1.



Foto 9: piazzamento penetrometro per indagine P2.

Le prove penetrometriche dinamiche sono largamente diffuse ed utilizzate sul territorio italiano da geologi e geotecnici, in quanto di semplice, economica e rapida esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo investigato per mezzo di un’immagine in continuo, che permette di ottenere anche un raffronto circa le consistenze dei vari livelli attraversati. La sonda penetrometrica consente, 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’esecuzione di ciascuna prova prevede l’infissione, con un sistema di battuta automatico, che assicura circa 20-30 colpi/minuto, di una punta conica, in questo caso a recupero; ogni 10 cm di avanzamento della punta viene misurato il numero di colpi: tale valore, opportunamente elaborato, viene utilizzato per determinare il valore di numerosi parametri geotecnici per mezzo di abachi.



Foto 10: piazzamento penetrometro per indagine P3.



Foto 11: piazzamento penetrometro per indagine P4.



Foto 12: piazzamento penetrometro per indagine P5.

La disamina dei dati riportati in Allegato 1 ha permesso di individuare lo spessore del suolo vegetale e della parte alterata del substrato e, di conseguenza, la profondità del tetto dello strato calcarenitico integro

e compatto rinvenuto ad una profondità variabile da circa 0,6 m dal p. c. (indagine P2) a circa 0,9 m dal p. c. (indagine P1) Durante l'estrazione delle aste non è stata riscontrata la presenza di alcuna falda idrica superficiale (aste asciutte e pulite). Nelle Tabelle 2, 3, 4, 5 e 6 è riportata una sintesi dei parametri geotecnici ricavati per il materiale indagato in corrispondenza di ciascuna penetrometria L'elaborazione dei dati acquisiti sul campo è stata effettuata a mezzo del software Dynamic Probing (versione 2017.25.5.699), in possesso dello scrivente, prodotto e commercializzato dalla Geostru Software, mediante l'utilizzo di abachi ritenuti più appropriati alla situazione litostratigrafica ipotizzata.

	ID strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma nat (KN/m3)	Gamma sat (KN/m3)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo edometrico (MPa)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (–)	Modulo di taglio G (MPa)
P1	1	0.2	3	Incoerente	14.2	18.3	28.8	--	3.3	2.4	0.4	24.0
	2	0.3	10	Incoerente	17.0	18.8	30.8	--	4.7	7.9	0.3	50.1
	3	0.7	26	Incoerente	20.5	19.8	35.3	--	7.9	20.4	0.3	89.7
	4	0.8	13	Incoerente	17.9	19.0	31.6	--	5.3	10.2	0.3	58.8
	5	Rifiuto - infissione 9 cm										

Tabella 2: sintesi dei parametri geotecnici per la penetrometria P1.

	ID strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma nat (KN/m3)	Gamma sat (KN/m3)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo edometrico (MPa)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (–)	Modulo di taglio G (MPa)
P2	1	0.2	3	Incoerente	14.2	18.3	28.8	--	3.3	2.4	0.4	24.0
	2	0.3	7	Incoerente	15.9	18.6	30.0	--	4.1	5.5	0.3	40.3
	3	0.5	15	Incoerente	18.4	19.1	32.2	--	5.7	11.8	0.3	64.1
	4	Rifiuto - infissione 1 cm										

Tabella 3: sintesi dei parametri geotecnici per la penetrometria P2.

	ID strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma nat (KN/m3)	Gamma sat (KN/m3)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo edometrico (MPa)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (–)	Modulo di Taglio G (MPa)
P3	1	0.2	3	Incoerente	14.2	18.3	28.8	--	3.3	2.4	0.4	24.0
	2	0.7	26	Incoerente	20.5	19.8	35.3	--	7.9	20.4	0.3	89.7
	3	Rifiuto - infissione 9 cm										

Tabella 4: sintesi dei parametri geotecnici per la penetrometria P3.

	ID strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma nat (KN/m3)	Gamma sat (KN/m3)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo edometrico (MPa)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (–)	Modulo di Taglio G (MPa)
P4	1	0.2	3	Incoerente	14.2	18.3	28.8	--	3.3	2.4	0.4	24.0
	2	0.3	10	Incoerente	17.0	18.8	30.8	--	4.7	7.9	0.3	50.1
	3	0.6	22	Incoerente	19.9	19.5	34.2	--	7.1	17.3	0.3	81.0
	4	0.7	39	Incoerente	21.6	20.6	38.9	--	10.6	30.6	0.3	115.0
	5	Rifiuto - infissione 2 cm										

Tabella 5: sintesi dei parametri geotecnici per la penetrometria P4.

	ID strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma nat (KN/m3)	Gamma sat (KN/m3)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo edometrico (MPa)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (–)	Modulo di Taglio G (MPa)
P5	1	0.3	4	Incoerente	14.6	18.4	29.1	--	3.5	3.1	0.4	28.6
	2	0.4	11	Incoerente	17.3	18.8	31.1	--	4.9	8.6	0.3	53.1
	3	0.6	23	Incoerente	20.1	19.6	34.4	--	7.3	18.0	0.3	83.3
	4	Rifiuto - infissione 2 cm										

Tabella 6: sintesi dei parametri geotecnici per la penetrometria P5.

7.2. Indagini indirette

7.2.1. Indagine sismica

Il giorno 02/11/2021 la ditta Giuloco sas del dott. geol. Giuseppe Locorotolo ha eseguito, su indicazione e con la supervisione dello scrivente, una indagine indiretta a carattere sismico con tecnica MASW. In Allegato 2 è riportata l'ubicazione dell'indagine sismica eseguita.

La MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori allineati e posti sulla superficie del suolo. Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh (che sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione – P - e onde di taglio verticali - Sv), la componente principale delle onde superficiali insieme alle onde di Love. In generale, ipotizzando una variazione di velocità nei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza

dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (detta “velocità di fase”) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga (questa proprietà è detta “dispersione”). Proprio la proprietà dispersiva delle onde di volume consente di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s (e in particolare V_{sV} per le onde di Rayleigh e V_{sH} per le onde di Love). Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore e presentano normalmente più elevate velocità di fase. L'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase (Spettro di Velocità). Da questo grafico, per modellazione e, se necessario, per successiva inversione, si ottiene il profilo verticale delle V_s .

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 canali, modello Echo24-2010 della AMBROGEO, con acquisizione digitale, funzione di incremento multiplo del segnale, tempi di acquisizione compresi tra 25 msec e 30 m, filtri in ingresso compresi tra 0 e 950 Hz (per eliminare le frequenze indesiderate) e monitoraggio del *noise* ambientale in continuo. I geofoni per il rilievo sismico di superficie (Profilo) sono del tipo “verticale” a 4,5 Hz per le onde di Rayleigh in componente verticale, ed “orizzontale” sempre a 4,5 Hz per le onde di Love. Per questa campagna erano disponibili due diversi cavi geofonici, entrambi di lunghezza pari a 55 m con una spaziatura fra gli attacchi di 5 m. Le onde di Rayleigh (componente verticale) sono state generate mediante ripetuti colpi di una mazza battente (da 8 Kg) su di un piattello metallico posto orizzontalmente sul terreno, mentre le onde di Love (trasversali) sono state generate mediante l'utilizzo di un dispositivo sperimentale costituito da una struttura in ferro e legno, con facce verticali su cui colpire con la mazza, e con delle alette verticali poste alla base che, infisse per alcuni centimetri nel terreno, trasmettono un impulso di “taglio” al sottosuolo (evoluzione della tecnica “francese”). Per quanto riguarda la geometria adottata, i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 2 m; sono state effettuate diverse registrazioni in due punti di scoppio siglati P5 e P10 posti rispettivamente a 5 e a 10 m dal geofono G1, lungo lo stesso allineamento, in posizione esterna allo stendimento geofonico. Quindi, l'intero stendimento per il Profilo eseguito risulta di 56 m. La profondità di investigazione raggiunta è valutabile in circa 30 m dal piano campagna e la verticale indagata passa all'incirca dalla metà dello stendimento geofonico (grosso modo tra i geofoni G12 e G13). Delle diverse registrazioni eseguite, sia in onde di Rayleigh (componente verticale) sia in onde di Love, sono state individuate quelle con il migliore rapporto segnale/rumore, che sono risultate l'acquisizione in onde di Rayleigh in componente verticale e l'acquisizione in onde di Love effettuate con punto di scoppio a 5 m, e sono state elaborate ed interpretate con un'analisi congiunta utilizzando un procedimento informatico basato sull'utilizzo di un programma della EliaSoft (Winmasw 2018 Academy). Ottenuto il grafico Frequenza/Velocità di Fase (“spettro di velocità”), si è proceduto in primo luogo con la “modellazione” diretta (cioè ipotizzando un modello di sottosuolo a 5 strati) ottenendo così gli andamenti dei modi di vibrazione fondamentale (tratteggio bianco) e superiori (tratteggi colorati) riportati in sovrapposizione allo “spettro di velocità”; in secondo luogo si è proceduto con la generazione (a partire dal modello individuato) di spettri di velocità “sintetici” che sono stati sovrapposti a quelli sperimentali per verificarne la congruità, ed infine si è proceduto con il picking sullo spettro di velocità (cioè con la selezione dei punti di massima intensità del segnale distribuiti sul modo fondamentale e sui modi superiori - curva di dispersione -): questa operazione ha consentito di raffinare il modello già individuato e di ottenere il profilo verticale delle V_s . Va notato che il processo di inversione della curva di dispersione può portare a più di una soluzione e quindi a più di una sequenza sismostratigrafica, ma la velocità media ponderale calcolata fino a 30 m di profondità (o comunque per 30 m di profondità a partire dal piano di fondazione presunto) non cambia in maniera significativa. Pertanto, il valore di $V_{s-eq}-V_{s30}$ ottenuto è da considerarsi attendibile e valido, mentre la sequenza sismostratigrafica desunta può presentare un margine di variabilità negli spessori e nelle velocità dei singoli sismostrati più o meno significativo. In Tabella 1 è riportata la sequenza sismostratigrafica ottenuta (dove V_s è la velocità arrotondata delle onde S in m/sec dell'i-esimo strato, z è la profondità in metri del letto dell'i-esimo strato, h è lo spessore in metri dell'i-esimo strato) sul modello migliore (*minimum distance model*) per il Profilo eseguito. **Il valore di $V_{s-eq}-V_{s30}$, calcolato così come previsto dalla recente normativa sismica ($V_{s-eq} = H/\sum (h_i/V_{si})$ dove H = profondità del tetto del substrato con $V_s > 800$ m/sec, h_i = spessore medio in m dello strato i-esimo, V_{si} = velocità onde S in m/sec dello strato i-esimo) ed utilizzabile come parametro di riferimento per la classificazione dei terreni in esame, è stato determinato in circa 350 m/s.**

ID Strato	V_s (m/sec)	z (m)	h (m)
1	330	0,7	0,7
2	720	1,7	1,0
3	430	4,1	2,4
4	170	10,9	6,8

5	460	-	-
---	-----	---	---

Tabella 7: valori di V_s , profondità del letto e spessore dei sismostrati individuati.

7.2.2. Indagine geoelettrica

In data 02/11/2021 la ditta Giuloco s.a.s. del dott. Giuseppe Locorotolo ha eseguito, con la supervisione dello scrivente, una indagine indiretta di carattere geoelettrico con lo scopo di distinguere le caratteristiche del substrato sulla base delle sue peculiarità di resistività (o di conduttività). In Allegato 2 sono riportati l'ubicazione della indagine geoelettrica eseguita ed i risultati dell'elaborazione ed interpretazione dei dati acquisiti in campo.

L'indagine geoelettrica è consistita nell'esecuzione di n. 1 Profilo Dipolare eseguito con configurazione elettroica Wenner e Dipolo-Dipolo assiale, disposto lungo una direttrice (coincidente all'incirca con il Profilo Sismico MASW). La profondità massima investigata, al centro del profilo, si può stimare intorno a 17-21 m. La geometria adottata nella Tomografia Elettrica è la seguente: una distanza interelettroica pari a 2 m, una lunghezza del profilo di 94 m, con l'utilizzo di 48 elettrodi (infissi contemporaneamente nel terreno) che fungono alternativamente da poli di lettura di differenza di potenziale ΔV (M-N) e di intensità di corrente I (A-B); tale configurazione ha fornito circa 360 punti per la configurazione Wenner e circa 800 punti invece nel caso della configurazione Dipolo-Dipolo di misura dei parametri elettrici distribuiti nel sottosuolo. L'adozione della doppia configurazione elettroica ha consentito, oltre che riconoscere eventuali corpi localizzati a resistività differente rispetto a quella della roccia incassante (variazioni laterali di resistività – meglio riconoscibili mediante la configurazione Dipolo-Dipolo assiale), di individuare con più accuratezza la successione elettrostratigrafica verticale (variazioni verticali di resistività – meglio riconoscibili mediante la configurazione Wenner). La strumentazione utilizzata è costituita da un georesistivimetro modello X612-EM della MAE (anno 2014), una serie di elettrodi in acciaio per la misura della differenza di potenziale ΔV e dell'intensità di corrente I e da una batteria per l'energizzazione. Per la connessione degli elettrodi sono stati utilizzati una serie di cavi multipolari con equidistanza elettroica massima pari a 2 m. L'elaborazione dei dati sperimentali di ΔV (mV) e I (mA) comporta per ciascuna misura, e quindi per ciascuna disposizione elettroica (n), il calcolo di una costante geometrica K (funzione di a = distanza interelettroica = 2 m) che va poi moltiplicata per il rapporto fra ΔV e I per ottenere il dato finale di resistività (ohm*m) apparente del terreno (il valore di ΔV misurato è stato corretto, ΔV_{cor} , sottraendo dal valore di potenziale elettrico indotto il potenziale spontaneo naturalmente presente nel sottosuolo). Raccogliendo in una pseudosezione verticale tutti i dati di resistività apparente calcolati per il Profilo (vedi Tavole 2.a.1. in Allegato 2) è stato ottenuto l'andamento della resistività apparente - pseudosezione di resistività - del terreno lungo la direzione dello stendimento e fino ad una profondità massima che si può stimare, come già detto, in circa 17-21 m. Mediante l'utilizzo del supporto informatico su descritto, sono state ottenute per inversione infine 2 sezioni di resistività reale (una per ciascuna configurazione elettroica adottata) con profondità reale (vedi Tavola 2.b.1. in Allegato 2), che consentono di avere una visione di dettaglio dell'andamento del campo elettrico nel sottosuolo dell'area indagata lungo la direzione prescelta. Sulla scorta di osservazioni superficiali e di dati di cartografia geologica trasmessi dallo scrivente, è possibile in prima approssimazione effettuare delle correlazioni fra gli andamenti del campo di resistività misurato e:

- ✓ la stratigrafia del sito,
- ✓ le porzioni più o meno “terrose” o “rocciose” dell'ammasso,
- ✓ il grado di omogeneità laterale dell'ammasso stesso,
- ✓ la presenza di porzioni più o meno sature d'acqua,
- ✓ la presenza di vuoti e di manufatti sepolti.

Dall'analisi della tomografia elettrica (vedi Tavola 2.b.1. di Allegato 2 – parte superiore) eseguita con configurazione elettroica “Wenner”, in cui sono stati registrati valori di resistività elettrica compresi tra meno di 10 e oltre 300 ohm*m, si evidenzia un andamento della resistività lungo tutta la sezione piuttosto eterogeneo verticalmente e decisamente omogeneo lateralmente, contraddistinto da diversi orizzonti più o meno resistivi. In corrispondenza dei gradienti di resistività tra gli uni e gli altri è stato pertanto possibile individuare delle “superfici” di separazione tra ammassi con differenti caratteristiche. Nella sezione esaminata, a grandi linee, si osservano:

- uno spesso e continuo orizzonte superficiale decisamente resistivo (resistività >100 ohm*m), affiorante sul p. c. su tutta la sezione esplorata, retinato con il colore tendente al rosso, con spessori compresi tra circa 4 e 7 m, che può essere riferito a dei depositi marini terrazzati prevalentemente sabbioso-calcarenitici;
- un sottile orizzonte intercalato mediamente resistivo, esteso lungo tutta la sezione esplorata, retinato con

il colore tendente dal giallo al verde, con valori di resistività compresi tra 25 e 100 ohm*m all'incirca, con spessori compresi tra 1,5 e 3 m all'incirca, che può essere riferito o ad un livello limoso-argilloso con frazione sabbiosa o agli stessi depositi sabbioso-calcarenitici ma parzialmente saturi d'acqua (e quindi più conduttivi);

➤ un potente e continuo orizzonte profondo decisamente conduttivo (resistività <25 ohm*m circa) retinato con il colore tendente dal ciano al blu, esteso lungo tutta la sezione esplorata, molto omogeneo sia verticalmente che lateralmente, che può essere riferito a depositi prevalentemente limoso-argillosi.

Dall'analisi della tomografia elettrica (vedi Tavola 2.b.1. di Allegato 2 – parte inferiore) eseguita con configurazione elettrodica “Dipolo-Dipolo Assiale”, che consente un maggiore dettaglio nel riconoscimento delle variazioni laterali di resistività mettendo in evidenza “corpi” anche molto limitati geometricamente che la configurazione Wenner non riesce a distinguere, in cui sono stati registrati valori di resistività compresi tra meno di 10 e oltre 300 ohm*m, si evidenzia un andamento della resistività lungo tutta la sezione piuttosto eterogeneo verticalmente e decisamente omogeneo lateralmente, contraddistinto da diverse porzioni più o meno resistenti che ricalcano a grandi linee quelle già ricostruite con la configurazione Wenner. Sulla sezione esplorata non si segnalano particolari anomalie localizzate, conduttive o resistenti, rispetto alla configurazione Wenner.

8. Caratterizzazione sismica dell'area

I riferimenti legislativi relativi al terreno di fondazione, nella legislazione sismica vigente, sono dati dal D. M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni” – NTC2018”. Il D. M., ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel §7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ed a tal fine lo stesso D. M. definisce cinque categorie di suolo principali (Tabella 8), discriminate sulla base della velocità equivalente delle onde di taglio (V_{s-eg}); i valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche indagini e prove.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 8: categorie di suolo principali, così come definite dal D. M. 17/01/2018 - Tab. 3.2.II.

Per il sito sul quale sarà realizzata la struttura devono essere definite anche le condizioni topografiche, ossia la pendenza dell'area sulla quale saranno realizzate le strutture e la sua morfologia; nel D. M. sono definite 4 condizioni topografiche, come indicato nella Tabella 9.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore o uguale a 15°
T2	Pendii con inclinazione media superiore a 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media superiore a 30°

Tabella 9: categorie topografiche, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda invece le strutture, che saranno realizzate, il D. M. prevede che ne sia definita la Vita Nominale (V_n), ossia il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata (Tabella 10) e la Classe d'Uso, definita in funzione dell'affollamento umano che ospiterà o della destinazione d'uso che avrà (Tabella 11).

Tipi di costruzioni		Vita nominale (V_n – in anni) – Valori minimi
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o d'importanza normale	50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza	100

Tabella 10: vita nominale delle opere strutturali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Le forme spettrali, che definiscono la pericolosità sismica locale, previste dal D. M. 17/01/2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento, sulla base del quale risulta suddiviso l'intero territorio nazionale, e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dal D. M. scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la

condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Classe	Definizione
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 11: classi delle opere strutturali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Le forme spettrali previste dal D. M. sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento; a tal fine occorre fissare:

- i. la vita di riferimento V_R della costruzione (prodotto tra valore della Vita Nominale della struttura e Coefficiente d'uso della stessa, funzione della classe d'Uso),
- ii. le probabilità di superamento nella vita di riferimento (P_{VR}) associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

In base alle Norme Tecniche di cui al D. M. l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate; le zone sismiche hanno significato da un punto di vista amministrativo. Secondo quanto riscontrato dai dati riportati nella cartografia geologica ufficiale, dalla analisi dello stato dei luoghi e dalle risultanze della indagine indiretta a carattere sismico eseguita, il suolo di fondazione può essere definito di categoria "C" definita dal decreto, poiché il substrato di fondazione è caratterizzato da un valore di V_{s-eq} di circa 350 m/s ed il *bedrock* sismico si pone ad oltre 30 m dal p. c..

Le coordinate del baricentro, la categoria del suolo di fondazione e le condizioni tipografiche dell'area in studio sono riportate in Tabella 12, mentre la classe d'uso della struttura e la sua vita nominale sono riportate in Tabella 13.

Longitudine (E)	Latitudine (N)	Cat. Suolo	Cond. Top.
17,3660	40,4213	C	T1

Tabella 12: coordinate del baricentro dell'area in studio (coordinate geografiche sessadecimali, Sistema di riferimento ED50), categoria di suolo di fondazione e condizioni topografiche della stessa area.

Classe d'Uso	Vita Nominale (V_n - anni)
II	50

Tabella 13: classe d'uso e vita nominale delle realizzande strutture.

9. Definizione del modello geologico

Le indagini eseguite, sino esse dirette o indirette, hanno permesso di riconoscere, con buona approssimazione, la successione litostratigrafica locale e, dunque, di definire il modello geologico. In una sezione litostratigrafica, disposta in direzione NW-SE tra le penetrometrie P1 e P3 dall'alto verso il basso della successione è possibile riconoscere (Figura 10):

- da 0,0 m a 0,7 m circa p. c. suolo vegetale a parte alterata del substrato – spessore compreso tra circa 0,6 m e 0,8 m che aumenta progressivamente da SE verso NW;
- da 0,7 m a 5,2 m circa da p. c. calcarenite dapprima biancastra e successivamente rossastra più o meno densa e compatta – spessore medio circa 4,5 m;
- da 5,2 m a 6,2 m circa da p. c. limo argilloso-sabbioso – spessore medio circa 1 m;
- da 6,2 m circa da p. c. limo argilloso o argilla limosa – spessore indefinito.

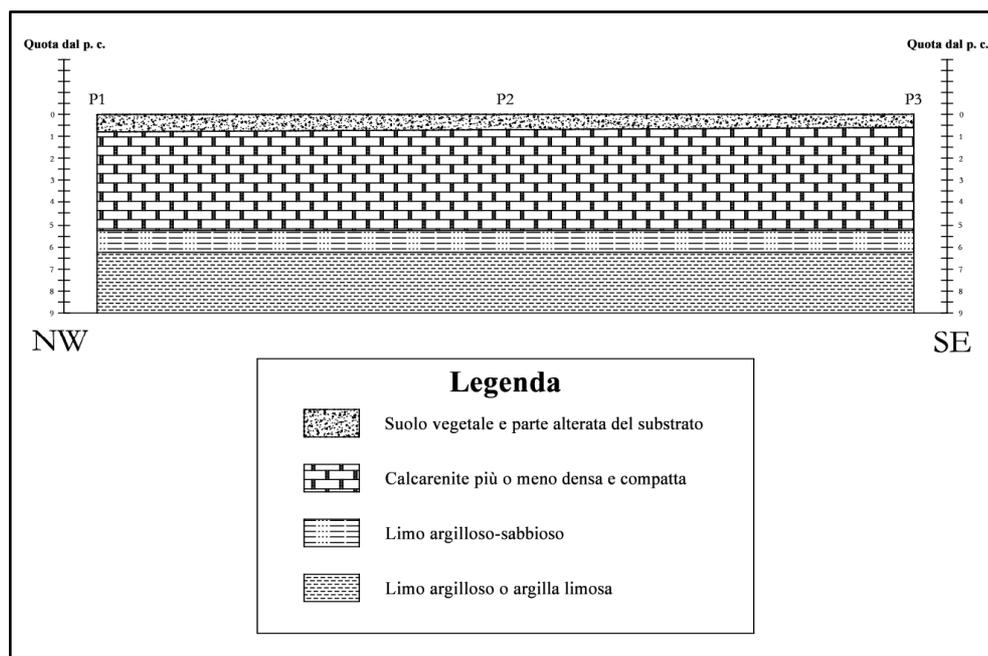


Figura 10: sezione geologica schematica desunta dalle risultanze delle indagini eseguite (non in scala).

10. Definizione del modello geotecnico

I terreni riconosciuti entro l'area d'interesse progettuale e nelle sue vicinanze, siano essi affioranti o sepolti, mostrano caratteristiche meccaniche sensibilmente differenti dovute alla loro costituzione litologica. Infatti, il litotipo più superficiale descritto come suolo vegetale e parte più alterata del substrato mostra le caratteristiche peculiari di un terreno incoerente in quanto originatosi dalla litologia calcarenitica sottostante; i litotipi più profondi, descritti come limo argilloso-sabbioso e limo argilloso o argilla limosa, hanno una granulometria molto fine che attribuisce loro le caratteristiche di un terreno coesivo. Infine, il litotipo intermedio tra i due sopra menzionati, è una calcarenite la quale, sebbene costituita da almeno due membri differenti per colore, granulometria e densità, possiede caratteristiche meccaniche tipiche di una roccia, descrivibile quindi sia come un terreno incoerente che come un terreno coesivo. Le caratteristiche meccaniche salienti dei tre litotipi a comportamento omogeneo sono le seguenti (valori medi):

➤ Suolo vegetale a parte alterata del substrato

- ✓ peso di volume naturale - $\gamma = 1.600 \text{ kg/m}^3$;
- ✓ peso di volume saturo - $\gamma_{\text{sat}} = 1.800 \text{ kg/m}^3$;
- ✓ angolo di attrito - $\varphi = 26^\circ$;
- ✓ modulo elastico - $E = 100 \text{ kg/cm}^2$;
- ✓ modulo di Poisson - $\nu = 0,3$;

➤ Calcarenite

- ✓ peso di volume naturale - $\gamma = 2.000 \text{ kg/m}^3$;
- ✓ peso di volume saturo - $\gamma_{\text{sat}} = 2.100 \text{ kg/m}^3$;
- ✓ angolo di attrito - $\varphi = 30^\circ$;
- ✓ coesione - $C = 2 \text{ kg/cm}^2$;
- ✓ modulo elastico - $E = 50.000 \text{ kg/cm}^2$;
- ✓ modulo di Poisson - $\nu = 0,3$;

➤ Limo argilloso-sabbioso e limo argilloso o argilla limosa

- ✓ peso di volume naturale - $\gamma = 1.900 \text{ kg/m}^3$;
- ✓ peso di volume saturo - $\gamma_{\text{sat}} = 2.200 \text{ kg/m}^3$;
- ✓ coesione non drenata - $C_u = 0,6 \text{ kg/cm}^2$;
- ✓ coesione drenata - $C = 0,3 \text{ kg/cm}^2$;
- ✓ modulo elastico - $E = 250 \text{ kg/cm}^2$;
- ✓ modulo di Poisson - $\nu = 0,4$.

11. Conclusioni

Il presente studio ha preso in considerazione le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche e geotecniche di un'area del territorio di Taranto entro la quale si intende realizzare un progetto agrofotovoltaico.

La disamina dei dati di letteratura e delle risultanze della ricognizione dei luoghi ha messo in evidenza che non vi sono pericoli legati a fenomeni di instabilità di versante e di inondazione in occasione di eventi piovosi di rilevante entità, poiché l'area risulta nel complesso pianeggiante e altamente permeabile, soggetta, tra l'altro ad un processo di evapotraspirazione molto efficace (a testimonianza di ciò vi è la mancanza di una falda acquifera superficiale e freatica, non rilevata dalla indagine geoelettrica eseguita).

Le risultanze di indagini indirette eseguite sia in loco che nelle vicinanze della zona d'interesse progettuale, con caratteristiche litostratigrafiche del tutto comparabili a quelle specifiche del presente studio, hanno permesso di definirne il modello geologico e geotecnico locale, caratterizzato dalla presenza del *bedrock* ad una profondità maggiore di 30 m dall'attuale p. c..

Sulla scorta dei dati relativi alle velocità delle onde di taglio rilevate dalla indagine sismica eseguita, il substrato di fondazione può essere attribuito alla Categoria C.

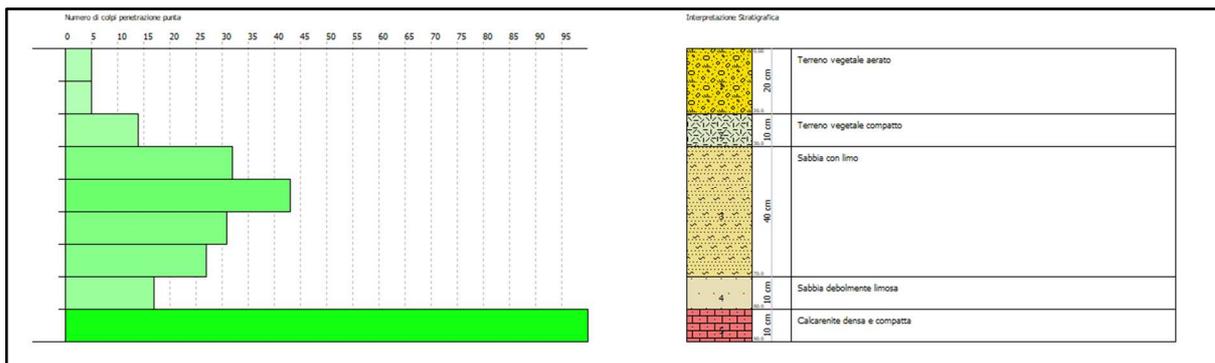
Per quanto esposto, sulla scorta delle indagini eseguite e delle valutazioni effettuate, si ritiene che non vi siano motivazioni ostative, di carattere meramente geologico, alla realizzazione di quanto a progetto.

Gioia del Colle, dicembre 2021.

Dott. Geol. Marco Costa

Allegato 1: Report indagine penetrometrica

Penetrometria P1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Skempton 1986	15.3
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Skempton 1986	32.99
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Skempton 1986	59.15
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Skempton 1986	39.24

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Sowers (1961)	28.84
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Sowers (1961)	30.8
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Sowers (1961)	35.28
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Sowers (1961)	31.64

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Schmertmann (1978) (Sabbie)	2.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Schmertmann (1978) (Sabbie)	7.85
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Schmertmann (1978) (Sabbie)	20.40
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Schmertmann (1978) (Sabbie)	10.20

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.30
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4.71
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7.93
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5.31

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof et al.	14.22
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Meyerhof et al.	16.97
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Meyerhof et al.	20.50
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Meyerhof et al.	17.85

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.81
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.02

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	(A.G.I.)	0.33
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	(A.G.I.)	0.3
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	23.99
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	50.05
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	89.74
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	58.76

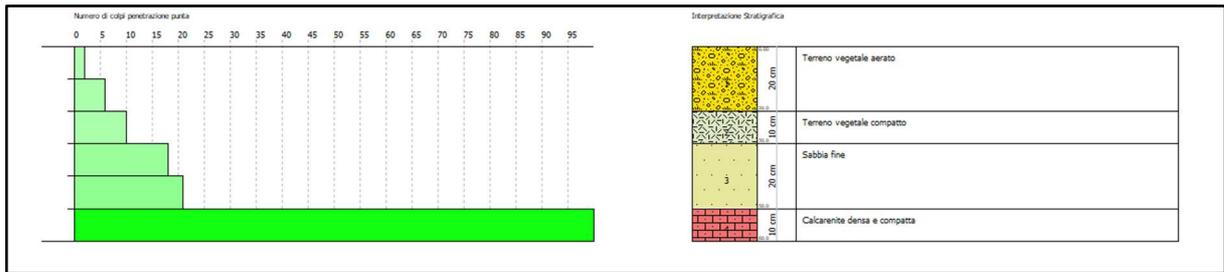
Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Navfac 1971-1982	0.51
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Navfac 1971-1982	2.10
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Navfac 1971-1982	5.03
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Navfac 1971-1982	2.73

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Robertson 1983	0.59
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Robertson 1983	1.96
Strato (3) Sabbia con limo	26	0.30-0.70	26	Robertson 1983	5.10
Strato (4) Sabbia debolmente limosa	13	0.70-0.80	13	Robertson 1983	2.55

Penetrometria P2



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof 1957	43.03
Strato (2) Terreno vegetale compatto	7	0.20-0.30	7	Meyerhof 1957	64.7
Strato (3) Sabbia fine	15	0.30-0.50	15	Meyerhof 1957	93.01

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Sowers (1961)	28.84
Strato (2) Terreno vegetale compatto	7	0.20-0.30	7	Sowers (1961)	29.96
Strato (3) Sabbia fine	15	0.30-0.50	15	Sowers (1961)	32.2

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Schmertmann (1978) (Sabbie)	2.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto	7	0.20-0.30	7	Schmertmann (1978) (Sabbie)	5.49
Strato (3) Sabbia fine	15	0.30-0.50	15	Schmertmann (1978) (Sabbie)	11.77

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.30
Strato (2) Terreno vegetale compatto	7	0.20-0.30	7	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4.10
Strato (3) Sabbia fine	15	0.30-0.50	15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5.72

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Terreno vegetale compatto	7	0.20-0.30	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Sabbia fine	15	0.30-0.50	15	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof et al.	14.22
Strato (2) Terreno vegetale compatto	7	0.20-0.30	7	Meyerhof et al.	15.89
Strato (3) Sabbia fine	15	0.30-0.50	15	Meyerhof et al.	18.44

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1)	3	0.00-0.20	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34

Terreno vegetale aerato					
Strato (2)	7	0.20-0.30	7	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.63
Terreno vegetale compatto					
Strato (3)	15	0.30-0.50	15	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.12
Sabbia fine					

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	3	0.00-0.20	3	(A.G.I.)	0.35
Terreno vegetale aerato					
Strato (2)	7	0.20-0.30	7	(A.G.I.)	0.34
Terreno vegetale compatto					
Strato (3)	15	0.30-0.50	15	(A.G.I.)	0.32
Sabbia fine					

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1)	3	0.00-0.20	3	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	23.99
Terreno vegetale aerato					
Strato (2)	7	0.20-0.30	7	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	40.25
Terreno vegetale compatto					
Strato (3)	15	0.30-0.50	15	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	64.12
Sabbia fine					

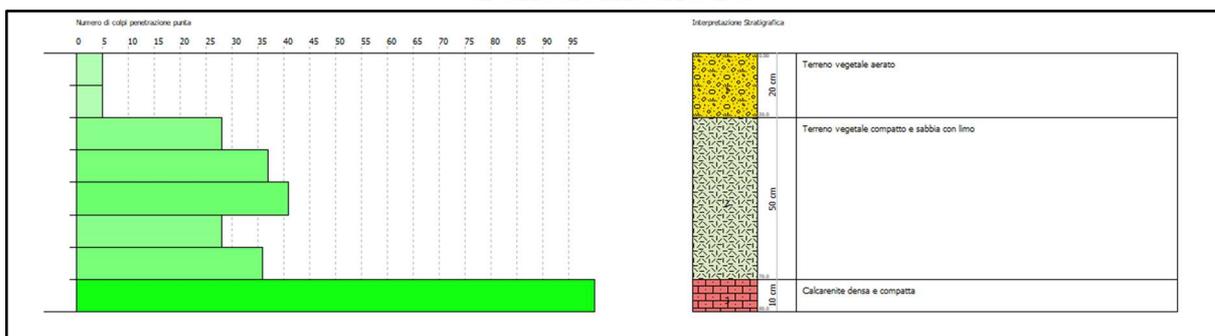
Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1)	3	0.00-0.20	3	Navfac 1971-1982	0.51
Terreno vegetale aerato					
Strato (2)	7	0.20-0.30	7	Navfac 1971-1982	1.44
Terreno vegetale compatto					
Strato (3)	15	0.30-0.50	15	Navfac 1971-1982	3.12
Sabbia fine					

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (1)	3	0.00-0.20	3	Robertson 1983	0.59
Terreno vegetale aerato					
Strato (2)	7	0.20-0.30	7	Robertson 1983	1.37
Terreno vegetale compatto					
Strato (3)	15	0.30-0.50	15	Robertson 1983	2.94
Sabbia fine					

Penetrometria P3



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof 1957	43.02
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Sowers (1961)	28.84
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Sowers (1961)	35.28

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Schmertmann (1978) (Sabbie)	2.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Schmertmann (1978) (Sabbie)	20.40

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.30
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7.93

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof et al.	14.22
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Meyerhof et al.	20.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.81

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	(A.G.I.)	0.35
Strato (2)	26	0.20-0.70	26	(A.G.I.)	0.3

Terreno vegetale compatto e sabbia con limo					
---	--	--	--	--	--

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	23.99
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	89.74

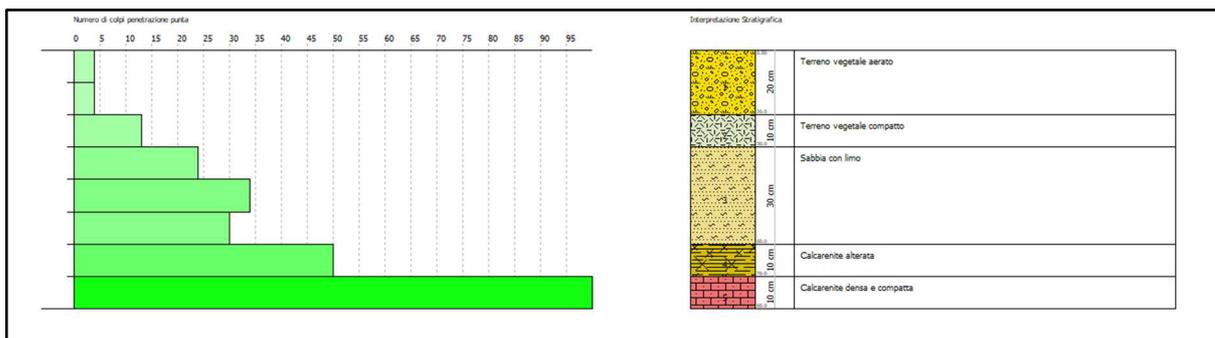
Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Navfac 1971-1982	0.51
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Navfac 1971-1982	5.03

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Robertson 1983	0.59
Strato (2) Terreno vegetale compatto e sabbia con limo	26	0.20-0.70	26	Robertson 1983	5.10

Penetrometria P4



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof 1957	43.03
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Meyerhof 1957	77.31
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Meyerhof 1957	100
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Sowers (1961)	28.84
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Sowers (1961)	30.8
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Sowers (1961)	34.16
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Sowers (1961)	38.92

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Schmertmann (1978) (Sabbie)	2.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Schmertmann (1978) (Sabbie)	7.85
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Schmertmann (1978) (Sabbie)	17.26
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Schmertmann (1978) (Sabbie)	30.60

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.30
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4.71
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7.12
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	10.55

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Meyerhof et al.	14.22
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Meyerhof et al.	16.97
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Meyerhof et al.	19.91
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Meyerhof et al.	21.57

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.52
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.59

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	(A.G.I.)	0.33
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	(A.G.I.)	0.31
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	(A.G.I.)	0.28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	23.99
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	50.05
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	81.03
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	114.97

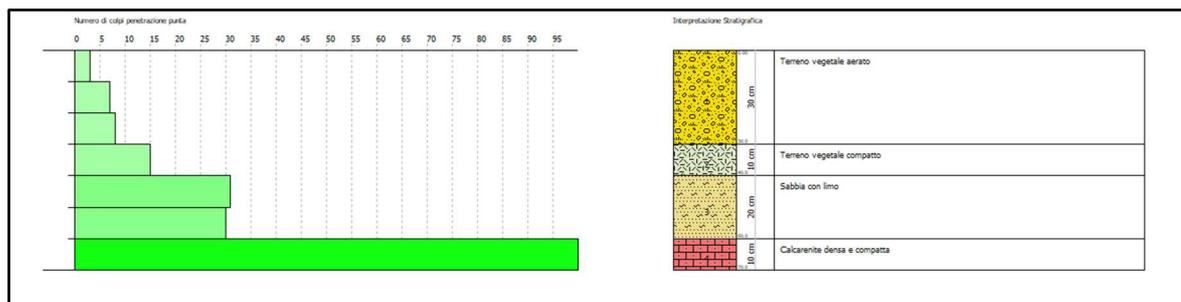
Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Navfac 1971-1982	0.51
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Navfac 1971-1982	2.10
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Navfac 1971-1982	4.39
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Navfac 1971-1982	6.77

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	3	0.00-0.20	3	Robertson 1983	0.59
Strato (2) Terreno vegetale compatto	10	0.20-0.30	10	Robertson 1983	1.96
Strato (3) Sabbia con limo	22	0.30-0.60	22	Robertson 1983	4.31
Strato (4) Calcarenite alterata	39	0.60-0.70	39	Robertson 1983	7.65

Penetrometria P5



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Meyerhof 1957	49.4
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Meyerhof 1957	80.17
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Sowers (1961)	29.12
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Sowers (1961)	31.08
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Sowers (1961)	34.44

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Schmertmann (1978) (Sabbie)	3.14
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Schmertmann (1978) (Sabbie)	8.63
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Schmertmann (1978) (Sabbie)	18.04

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.50
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4.91
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	7.33

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Meyerhof et al.	14.61
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Meyerhof et al.	17.26
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Meyerhof et al.	20.10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo
-------------	------	--------------	------------	--------------	--------------------------

		(m)			(KN/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.44
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.61

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	(A.G.I.)	0.33
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	28.60
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	53.05
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	83.26

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Navfac 1971-1982	0.75
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Navfac 1971-1982	2.31
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Navfac 1971-1982	4.56

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q _c (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale aerato	4	0.00-0.30	4	Robertson 1983	0.78
Strato (2) Terreno vegetale compatto	11	0.30-0.40	11	Robertson 1983	2.16
Strato (3) Sabbia con limo	23	0.40-0.60	23	Robertson 1983	4.51

Allegato 2: Indagine geofisica

Committente: **Geol. Marco Costa** - Via Dante Alighieri, 66 - Gioia del Colle (BA)

INDAGINE GEOFISICA

1 PROFILO SISMICO MASW (Multichannel Analysis Surface Wave)
1 PROFILO DIPOLARE ELETTRICO - TOMOGRAFIA

Relativa a:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO INSTALLATO A TERRA CON STRUTTURA AD INSEGUIMENTO
POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 9.975 kW E DI PICCO PARI A 10.003,5 kWp**

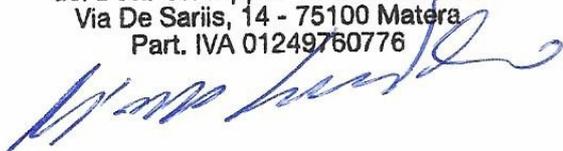
Area di indagine:

agro di Taranto

Data: **novembre 2021**

GIULOCO - Prospezioni

del Dott. Giuseppe Locorotolo s.a.s.
Via De Sariis, 14 - 75100 Matera
Part. IVA 01249760776



GIULOCO-prospezioni s.a.s.

del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo
Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel & fax 0835/264522



[sito oggetto di indagine, con allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1]

Elaborati grafici allegati:

Tavola 1.	- Ubicazione Sondaggi Geofisici	(scala 1:5000)
Tavole 2.a-b.1.	- Geoelettrica - Tomografia	(scala 1:400)
Tavole 3.1...5.	- Documentazione Fotografica	

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

INDICE

1.	PREMESSA	pag.	1
2.	PROSPEZIONE GEOFISICA	pag.	2
	- <u>Geosismica metodologia MASW</u>	pag.	2
	- <i>Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati</i>	pag.	3
	- <u>Geoelettrica - Tomografia</u>	pag.	10
	- <i>Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati</i>	pag.	10
	- <i>Correlazioni</i>	pag.	12

ALLEGATI

Tavola 1.	- Ubicazione Sondaggi Geofisici	(scala 1:5000)
Tavole 2.a-b.1.	- Geoelettrica - Tomografia	(scala 1:400)
Tavole 3.1...5.	- Documentazione Fotografica	

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

1. PREMESSA

Nell'ambito di uno studio geologico inerente il progetto di un *"IMPIANTO FOTOVOLTAICO INSTALLATO A TERRA CON STRUTTURA AD INSEGUIMENTO POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 9.975 kW E DI PICCO PARI A 10.003,5 kWp"*, previsto in agro di Taranto, è stata effettuata una campagna geognostica a carattere geofisico, consistente in 1 Profilo Sismico MASW (Multichannel Analysis Surface Wave) finalizzato alla stima del parametro $V_{seq}-V_{s30}$ e in 1 Tomografia Elettrica (Profilo Elettrico Dipolare) commissionata dal **Geol. Marco Costa** – con sede a Gioia del Colle (BA), Via Dante Alighieri 66 - alla scrivente **GIULOCO-prospezioni s.a.s.** del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo - con sede a Matera, Via De Sariis 14.

L'ubicazione dei sondaggi geofisici è mostrata nello stralcio fotocartografico allegato di **Tavola 1.**; postazione ed allineamento dei sondaggi nonché particolari operativi e strumentali sono mostrati anche nelle foto di **Tavole 3.1...5.**

Il sito indagato non ha presentato rilevanti difficoltà operative se non per il vento che ha indotto un leggero rumore di fondo sulle registrazioni sismiche.

Nel paragrafo seguente sono illustrate le metodologie utilizzate, le tecniche operative, i dati sperimentali ottenuti nonché il modello interpretativo del sottosuolo investigato utile, insieme ad altri dati geognostici disponibili per la stessa area, per la ricostruzione dei lineamenti geologico-tecnici locali ed in particolare per la caratterizzazione sismica ed idrogeologica del territorio.

2. PROSPEZIONE GEOFISICA

- Geosismica metodologia MASW

L'Ordinanza 3274/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Oltre alle importanti novità relative alle metodologie di calcolo ingegneristico è stata introdotta la Classificazione dei Suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto in 5 Categorie (A-E), sulla base del parametro V_{seq} - V_{s30} . Questo rappresenta la velocità media ponderale di propagazione delle onde S misurata fino al tetto dell'eventuale substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec) o comunque per 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di fondazione.

Le tecniche investigative per l'acquisizione di questo parametro sono essenzialmente di 3 tipi:

- prove sismiche in foro (Down-Hole e Cross-Hole);
- profili sismici con geofoni orizzontali ed energizzatori di onde Sh;
- modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, di Love o del rumore ambientale (SASW, MASW e RE.MI) e l'impiego di geofoni verticali e/o orizzontali a frequenza più bassa (4.5 Hz) rispetto a quelli utilizzati per la sismica classica (10-14 Hz).

La campagna geognostica è stata svolta nel mese di novembre 2021 ed è stato eseguito 1 Profilo sismico MASW a 24 canali, in onde di Rayleigh (in componente verticale) e in onde di Love.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh [che sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P) e onde di taglio verticali (Sv)], la componente principale delle onde superficiali insieme alle onde di Love. In generale, ipotizzando una variazione di velocità nei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (detta "velocità di fase") che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga (questa proprietà è detta "dispersione"). Proprio la proprietà dispersiva delle onde di volume consente di

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorato@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s (e in particolare V_{sv} per le onde di Rayleigh e V_{sh} per le onde di Love). Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore e presentano normalmente più elevate velocità di fase. L'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase (Spettro di Velocità). Da questo grafico, per modellazione e, se necessario, per successiva inversione, si ottiene il profilo verticale delle V_s .

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 canali, modello Echo24-2010 della AMBROGEO, con acquisizione digitale, funzione di incremento multiplo del segnale, tempi di acquisizione compresi tra 25 msec e 30 m, filtri in ingresso compresi tra 0 e 950 Hz (per eliminare le frequenze indesiderate) e monitoraggio del noise ambientale in continuo.

I geofoni per il rilievo sismico di superficie (Profilo) sono del tipo "verticale" a 4.5 Hz per le onde di Rayleigh in componente verticale, ed "orizzontale" sempre a 4.5 Hz per le onde di Love. Per questa campagna erano disponibili due diversi cavi geofonici, entrambi di lunghezza pari a 55 m con una spaziatura fra gli attacchi di 5 m.

Le onde di **Rayleigh** (componente verticale) sono state generate mediante ripetuti colpi di una mazza battente (da 8 Kg) su di un piattello metallico posto orizzontalmente sul terreno, mentre le onde di **Love** (trasversali) sono state generate mediante l'utilizzo di un dispositivo sperimentale costituito da una struttura in ferro e legno, con facce verticali su cui colpire con la mazza, e con delle alette verticali poste alla base che, infisse per alcuni centimetri nel terreno, trasmettono un impulso di "taglio" al sottosuolo (evoluzione della tecnica "francese").

Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati: Profilo MASW

L'indagine geosismica di superficie è consistita quindi nell'esecuzione di **1** Profilo MASW, siglato MASW.1.

Per quanto riguarda la geometria adottata, i **24** geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di **2.0** m; sono state effettuate diverse registrazioni in due punti di scoppio siglati P5 e P10 posti rispettivamente a 5 e a 10 m dal geofono G1, lungo lo stesso allineamento, in posizione esterna

allo stendimento geofonico. Quindi, l'intero stendimento per il Profilo eseguito risulta di **56** m. La profondità di investigazione raggiunta è valutabile in circa 30 m dal piano campagna e la verticale indagata passa all'incirca dalla metà dello stendimento geofonico (grosso modo tra i geofoni G12 e G13).

Delle diverse registrazioni eseguite, sia in onde di Rayleigh (componente verticale) sia in onde di Love, sono state individuate quelle con il migliore rapporto segnale/rumore, che sono risultate l'acquisizione in onde di Rayleigh in componente verticale e l'acquisizione in onde di Love effettuate con punto di scoppio a 5 m (vedi parte sinistra della figura di **pagina 6**), e sono state elaborate ed interpretate con un'analisi congiunta utilizzando un procedimento informatico basato sull'utilizzo di un programma della Eliosoft (Winmasw 2018 Academy).

Ottenuto il grafico *Frequenza/Velocità di Fase* ("spettro di velocità" - vedi parte destra della figura di **pagina 6**), si è proceduto in primo luogo con la "modellazione" diretta (cioè ipotizzando un modello di sottosuolo a 5 strati - riportato nella colonna in basso a destra sempre nella stessa figura di **pagina 6** - compatibile con la geologia dell'area) ottenendo così gli andamenti dei modi di vibrazione fondamentale (tratteggio bianco) e superiori (tratteggi colorati) riportati in sovrapposizione allo "spettro di velocità"; in secondo luogo si è proceduto con la generazione (a partire dal modello individuato) di spettri di velocità "sintetici" che sono stati sovrapposti a quelli sperimentali per verificarne la congruità, ed infine si è proceduto con il picking sullo spettro di velocità (cioè con la selezione dei punti di massima intensità del segnale distribuiti sul modo fondamentale e sui modi superiori - *curva di dispersione* -): questa operazione ha consentito di raffinare il modello già individuato e di ottenere il profilo verticale delle Vs mostrato nella parte destra della figura di **pagina 7**). Nella figura di **pagina 8** è mostrato l'istogramma di velocità delle onde S ottenuto.

Va notato che il processo di inversione della *curva di dispersione* può portare a più di una soluzione e quindi a più di una sequenza sismostratigrafica, ma la velocità media ponderale calcolata fino a 30 m di profondità (o comunque per 30 m di profondità a partire dal piano di fondazione presunto) non cambia in maniera significativa. Pertanto, il valore di V_{seq} -Vs30 ottenuto è da

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

considerarsi attendibile e valido, mentre la sequenza sismostratigrafica desunta può presentare un margine di variabilità negli spessori e nelle velocità dei singoli sismostrati più o meno significativo.

Di seguito, si riporta in tabella la sequenza sismostratigrafica ottenuta (dove V_s è la velocità arrotondata delle onde S in m/sec dell'iesimo strato, z è la profondità in metri del letto dell'iesimo strato, h è lo spessore in metri dell'iesimo strato) sul modello migliore (minimum distance model) per il Profilo eseguito:

MASW.1	V_s (m/sec)	z (m)	h (m)
<i>strato 1</i>	330	0.7	0.7
<i>strato 2</i>	720	1.7	1.0
<i>strato 3</i>	430	4.1	2.4
<i>strato 4</i>	170	10.9	6.8
<i>strato 5</i>	460	-	-

Il valore di $V_{s_{eq}}-V_{s_{30}}$, calcolato così come previsto dalla recente normativa sismica [$V_{s_{eq}} = H/\Sigma(h_i/V_{s_i})$ dove H = profondità del tetto del substrato con $V_s > 800$ m/sec, h_i = spessore medio in m dello strato iesimo, V_{s_i} = velocità onde S in m/sec dello strato iesimo] ed utilizzabile come parametro di riferimento per la classificazione dei terreni in esame, è stato stimato in base al grafico di **pagina 9** e riportato nella tabella seguente:

Profilo MASW	V_{seq} (m/sec)
<i>MASW.1</i>	350

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

MASW 1

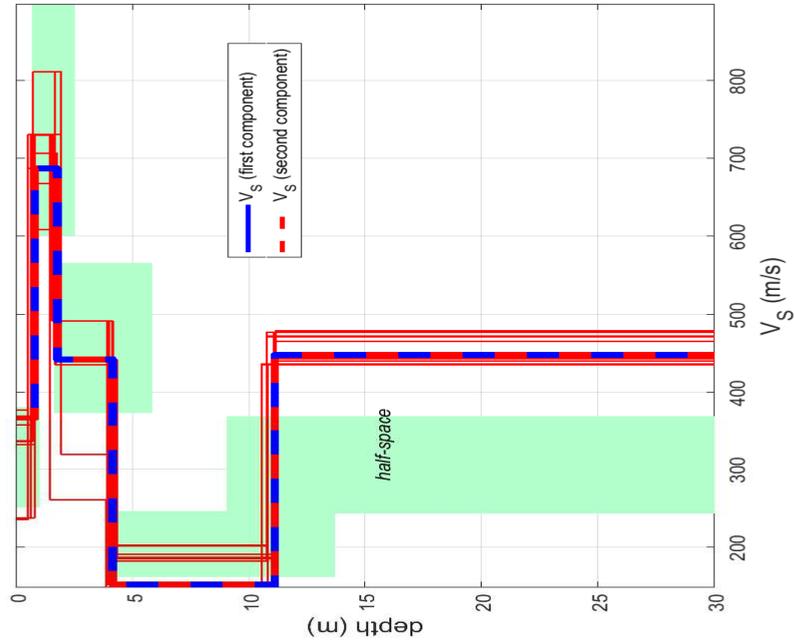
GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

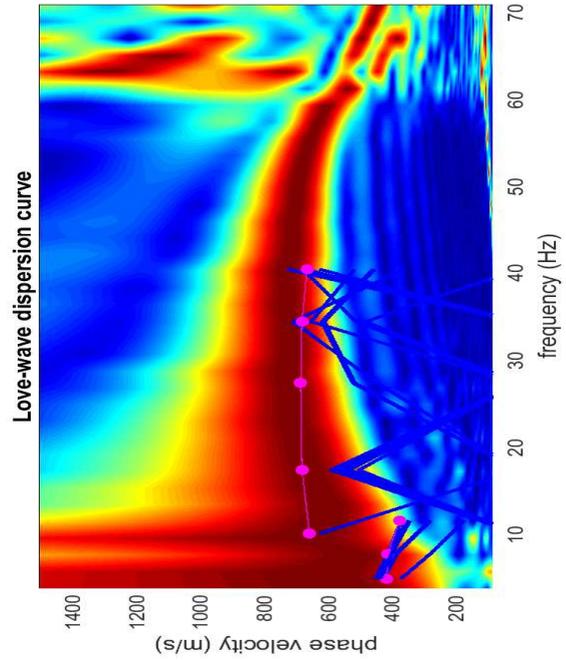
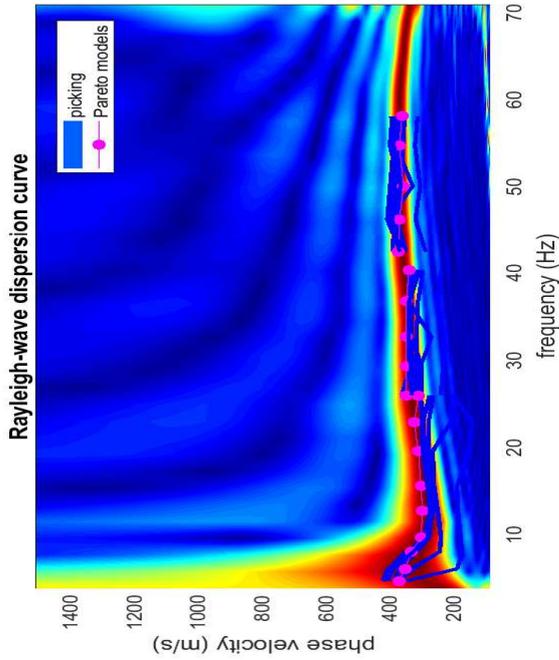
sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

www.wimasw.com



Rayleigh dataset: mw1v5.sgy
 Love dataset: mw1l5.sgy
 Rayleigh wave dispersion curve: pick1.cdp
 Love wave dispersion curve: pick2.cdp

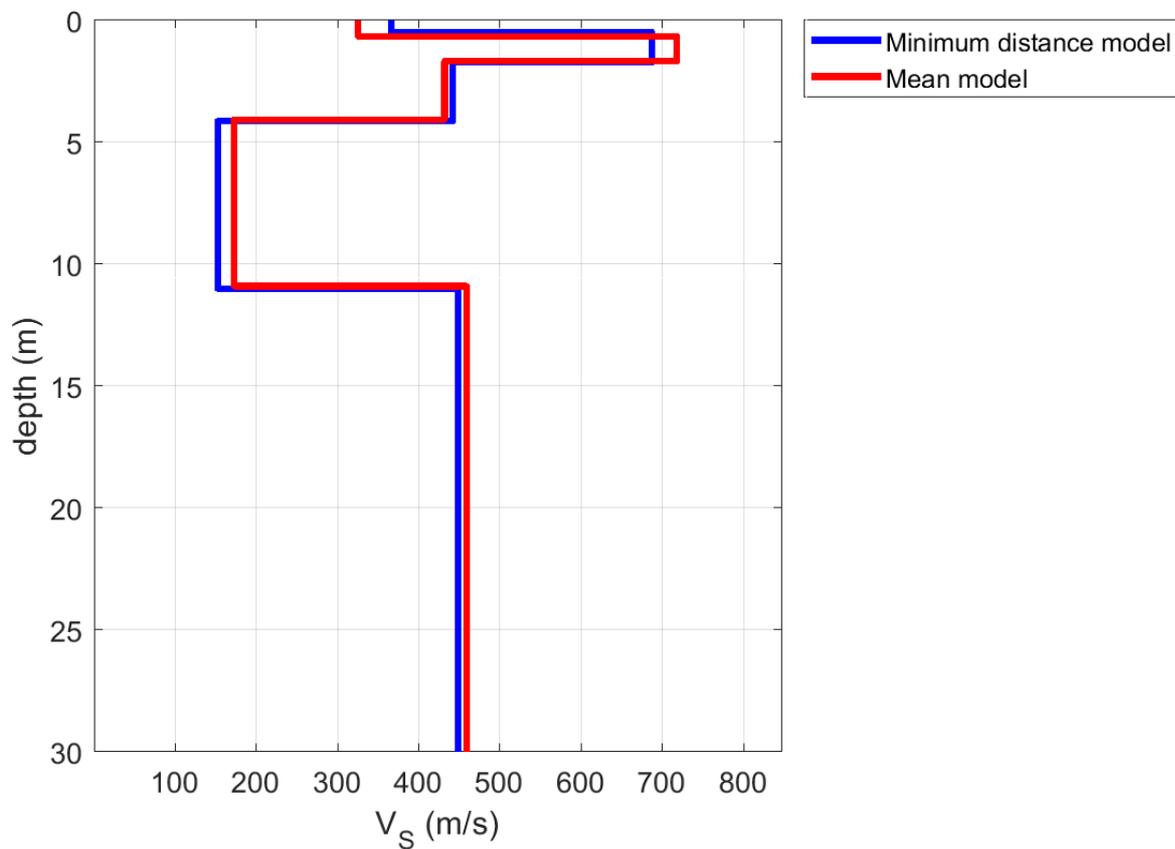


GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

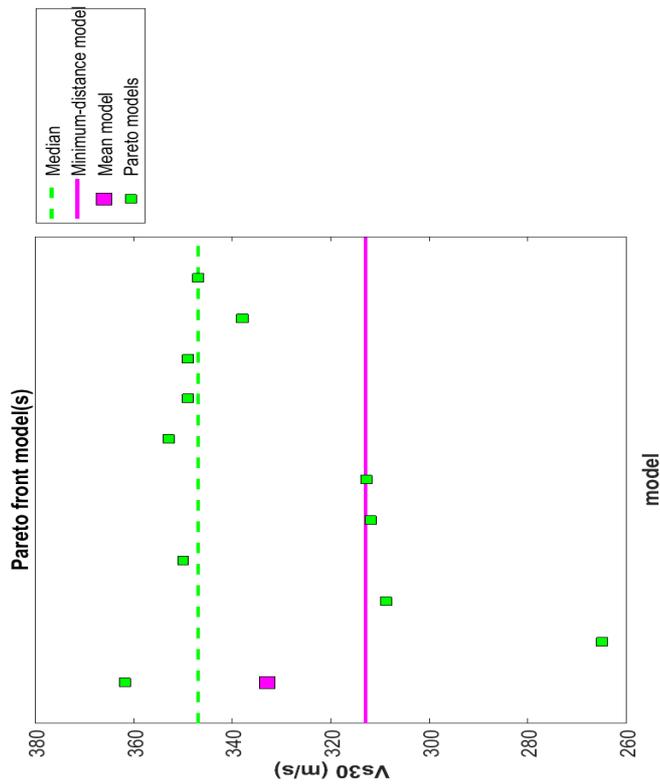
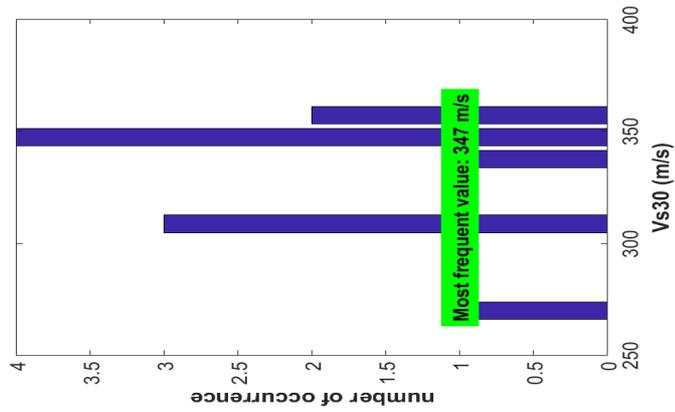


GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>



- Geoelettrica - Tomografia

In generale lo scopo di queste indagini consiste nella determinazione dell'andamento del campo di resistività elettrica del terreno, misurato lungo un profilo, ed in particolare delle anomalie dello stesso campo. Da tali andamenti anomali si possono evincere utili indicazioni circa l'elettrostratigrafia, la posizione nel sottosuolo di eventuali corpi localizzati con caratteristiche differenti rispetto all'ammasso di terreno circostante, la posizione di livelli idrici, l'individuazione di vuoti ed altri elementi ancora.

L'osservazione dell'andamento del campo di resistività elettrica è condotta mediante la lettura di sezioni di resistività, ricavate con un apposito supporto informatico – EARTHIMAGER 2D della Advanced Geosciences, Inc. (AGI) - il cui algoritmo è basato sul metodo della FEM. La metodologia prende anche il nome di Tomografia Elettrica.

La finalità principale della presente indagine è stata quella di rilevare il campo di resistività elettrica presente nel sottosuolo allo scopo di ottenere elementi utili per il riconoscimento della stratigrafia del sito, per la distinzione delle porzioni a prevalente componente "terrosa" rispetto a quelle a prevalente componente "rocciosa", per la stima del grado di omogeneità laterale e della granulometria dell'ammasso, per l'individuazione di porzioni di ammasso sature o parzialmente sature, per l'individuazione di vuoti e di eventuali manufatti sepolti.

Campagna Geognostica ed Analisi dei Dati

L'indagine geoelettrica è stata svolta nel mese di novembre 2021 ed è consistita nell'esecuzione di 1 Profilo Dipolare eseguito con configurazione elettrodica Wenner e Dipolo-Dipolo assiale, disposto lungo una direttrice (coincidente all'incirca con il Profilo Sismico MASW) così come mostrato nello stralcio fotocartografico di **Tavola 1.** e siglato T.E.1.

La profondità massima investigata, al centro del profilo, si può stimare intorno a 17-21 m.

La geometria adottata nella Tomografia Elettrica **T.E.1** è la seguente: una distanza interelettrodica pari a 2.0 m, una lunghezza del profilo di **94** m, con l'utilizzo di **48** elettrodi (infissi

contemporaneamente nel terreno) che fungono alternativamente da poli di lettura di differenza di potenziale ΔV (M-N) e di intensità di corrente I (A-B); tale configurazione ha fornito circa 360 punti per la configurazione Wenner e circa 800 punti invece nel caso della configurazione Dipolo-Dipolo di misura dei parametri elettrici distribuiti nel sottosuolo.

L'adozione della doppia configurazione elettroica ha consentito, oltre che riconoscere eventuali corpi localizzati a resistività differente rispetto a quella della roccia incassante (variazioni laterali di resistività – meglio riconoscibili mediante la configurazione Dipolo-Dipolo assiale), di individuare con più accuratezza la successione elettrostratigrafica verticale (variazioni verticali di resistività – meglio riconoscibili mediante la configurazione Wenner).

Complessivamente, pertanto, sono stati eseguiti circa **94** m di stendimenti elettroici.

La strumentazione utilizzata è costituita da un georesistivometro modello X612-EM della MAE (anno 2014), una serie di elettrodi in acciaio per la misura della differenza di potenziale ΔV e dell'intensità di corrente I e da una batteria per l'energizzazione. Per la connessione degli elettrodi sono stati utilizzati una serie di cavi multipolari con equidistanza elettroica massima pari a 2 m.

L'elaborazione dei dati sperimentali di ΔV (mV) e I (mA) comporta per ciascuna misura, e quindi per ciascuna disposizione elettroica (n), il calcolo di una costante geometrica K (funzione di a = distanza interelettroica = 2.0 m) che va poi moltiplicata per il rapporto fra ΔV e I per ottenere il dato finale di resistività (ohm*m) apparente del terreno (il valore di ΔV misurato è stato corretto, ΔV_{cor} , sottraendo dal valore di potenziale elettrico indotto il potenziale spontaneo naturalmente presente nel sottosuolo).

Raccogliendo in una pseudosezione verticale tutti i dati di resistività apparente calcolati per il Profilo (vedi **Tavole 2.a.1.**) è stato ottenuto l'andamento della resistività apparente - pseudosezione di resistività - del terreno lungo la direzione dello stendimento e fino ad una profondità massima che si può stimare come detto in circa 17-21 m.

Mediante l'utilizzo del supporto informatico su descritto, sono state ottenute per inversione infine 2 sezioni di resistività reale (una per ciascuna configurazione elettroica adottata) con profondità reale

(vedi **Tavola 2.b.1.**), che consentono di avere una visione di dettaglio dell'andamento del campo elettrico nel sottosuolo dell'area indagata lungo la direzione prescelta.

Correlazioni

Sulla scorta di osservazioni superficiali e di dati di cartografia geologica trasmessi dal Geologo incaricato, è possibile in prima approssimazione effettuare delle correlazioni fra gli andamenti del campo di resistività misurato e:

- la stratigrafia del sito,
- le porzioni più o meno "terrose" o "rocciose" dell'ammasso,
- il grado di omogeneità laterale dell'ammasso stesso,
- la presenza di porzioni più o meno sature d'acqua,
- la presenza di vuoti e di manufatti sepolti.

Dall'analisi della **Tomografia Elettrica T.E.1** (vedi **Tavola 2.b.1.** – *parte superiore*) eseguita con configurazione elettrodica "Wenner", in cui sono stati registrati valori di resistività elettrica compresi tra meno di 10 e oltre 300 ohm*m, si evidenzia un andamento della resistività lungo tutta la sezione piuttosto eterogeneo verticalmente e decisamente omogeneo lateralmente, contraddistinto da diversi orizzonti più o meno resistivi. In corrispondenza dei gradienti di resistività tra gli uni e gli altri è stato pertanto possibile individuare delle "superfici" di separazione tra ammassi con differenti caratteristiche.

Nella sezione esaminata, a grandi linee, si osservano:

- uno spesso e continuo orizzonte superficiale decisamente resistivo (resistività >100 ohm*m), affiorante sul piano campagna su tutta la sezione esplorata, retinato con il colore tendente al rosso, con spessori compresi tra circa 4 e 7 m, che può essere riferito a dei depositi marini terrazzati prevalentemente sabbioso-calcarenitici;
- un sottile orizzonte intercalato mediamente resistivo, esteso lungo tutta la sezione esplorata, retinato con il colore tendente dal giallo al verde, con valori di resistività compresi tra 25 e 100 ohm*m all'incirca, con spessori compresi tra 1.5 e 3.0 m all'incirca, che può essere riferito o ad un livello

GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

e-mail: glocorato@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezza postale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

limoso-argilloso con frazione sabbiosa o agli stessi depositi sabbioso-calcarenitici ma parzialmente saturi d'acqua (e quindi più conduttivi);

- un potente e continuo orizzonte profondo decisamente conduttivo (resistività <25 ohm*m circa) retinato con il colore tendente dal ciano al blu, esteso lungo tutta la sezione esplorata, molto omogeneo sia verticalmente che lateralmente, che può essere riferito a depositi prevalentemente limoso-argillosi.

Dall'analisi della **Tomografia Elettrica T.E.1** (vedi **Tavola 2.b.1. – parte inferiore**) eseguita con configurazione elettrodica “Dipolo-Dipolo Assiale”, che consente un maggiore dettaglio nel riconoscimento delle variazioni laterali di resistività mettendo in evidenza “corpi” anche molto limitati geometricamente che la configurazione Wenner non riesce a distinguere, in cui sono stati registrati valori di resistività compresi tra meno di 10 e oltre 300 ohm*m, si evidenzia un andamento della resistività lungo tutta la sezione piuttosto eterogeneo verticalmente e decisamente omogeneo lateralmente, contraddistinto da diverse porzioni più o meno resistive che ricalcano a grandi linee quelle già ricostruite con la configurazione Wenner.

Sulla sezione esplorata non si segnalano particolari anomalie localizzate, conduttive o resistive, rispetto alla configurazione Wenner.

Matera, novembre 2021

GIULOCO s.a.s.

del Dott. Geol. Giuseppe Locorato

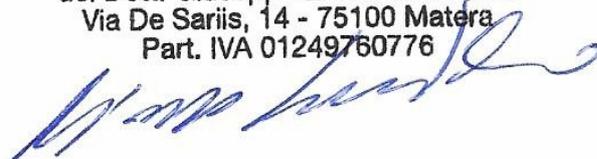
Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel & fax 0835/264522

GIULOCO - Prospezioni

del Dott. Giuseppe Locorato s.a.s.

Via De Sariis, 14 - 75100 Matera

Part. IVA 01249760776



GIULOCO prospezioni s.a.s. del Dott. Geol. Giuseppe Locorotolo

(iscritta al Registro delle Imprese di Matera R.E.A. n. MT - 84248) - P.IVA.: IT 01 24 97 60 776

sede: Via De Sariis, 14 - 75100 Matera - tel. & fax. 0835/264522 - cell. 335/6204363

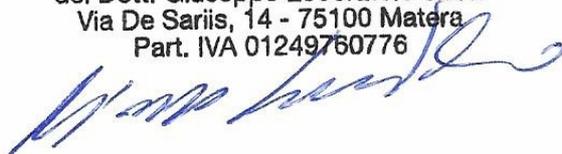
e-mail: glocorotolo@teletu.it - pec: giuloco@epap.sicurezzapostale.it - web: <http://home.teletu.it/giuloco>

TAVOLE GRAFICHE ALLEGATE

<i>Tavola 1.</i>	<i>- Ubicazione Sondaggi Geofisici</i>	<i>(scala 1:5000)</i>
<i>Tavole 2.a-b.1.</i>	<i>- Geoelettrica - Tomografia</i>	<i>(scala 1:400)</i>
<i>Tavole 3.1...5.</i>	<i>- Documentazione Fotografica</i>	

GIULOCO - Prospezioni

del Dott. Giuseppe Locorotolo s.a.s.
Via De Sariis, 14 - 75100 Matera
Part. IVA 01249760776





LEGENDA

P1
 elettrodo
 T.E.1
 ubicazione e direzione
 di stendimento di
 Tomografia Elettrica

punto di scoppio geofono
 P10 PS G1 MASW.1
 ubicazione e direzione
 di stendimento di Profilo MASW

scala = 1:5000

0 20 100 m

committente:
Geol. Marco Costa
 campagna di:
novembre 2021

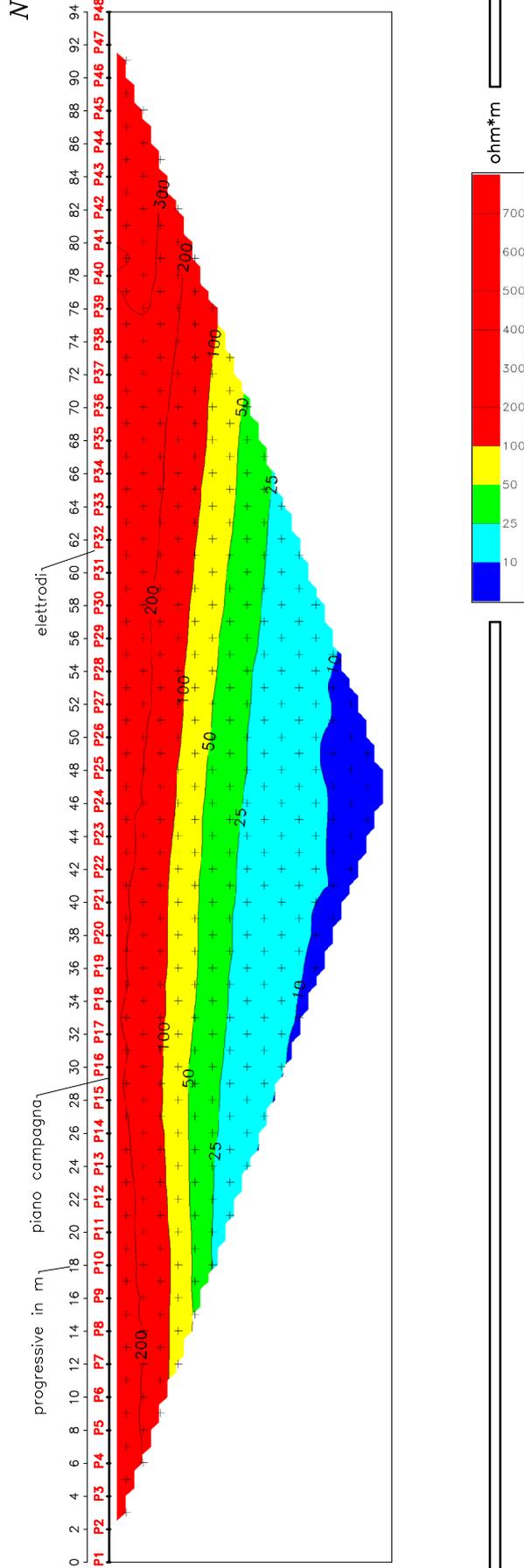
indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
 INSTALLATO A TERRA**
 località: agro di
TARANTO



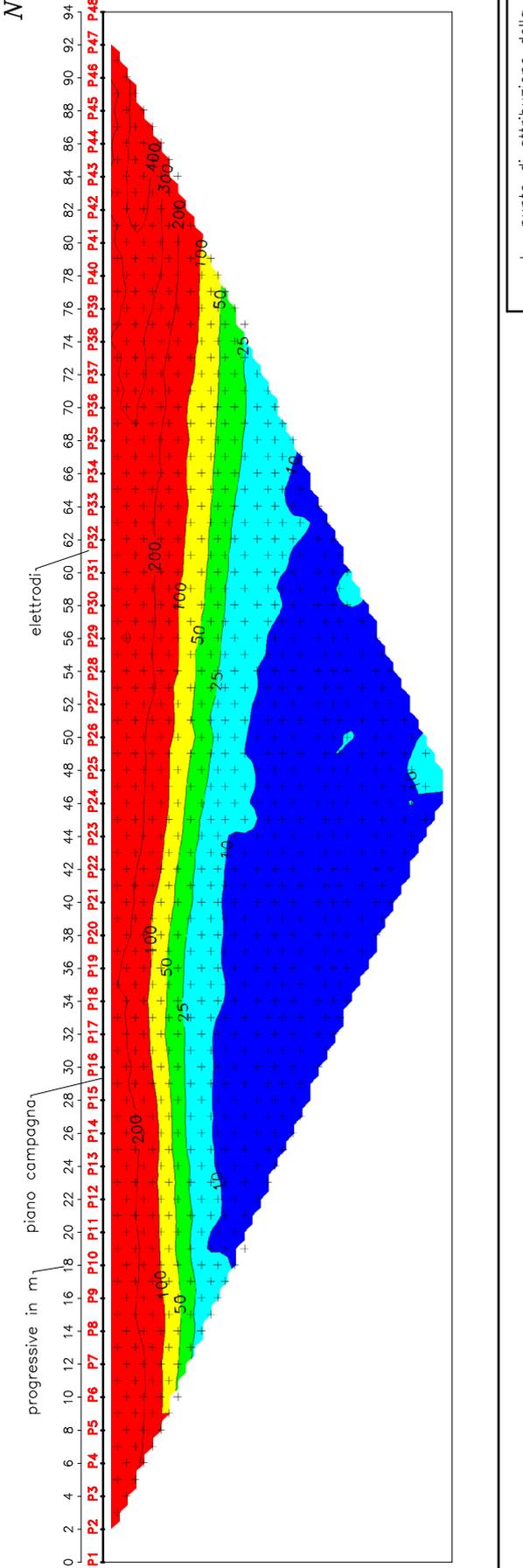
TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.1 – resistività apparente

TAVOLA 2.a.1.

PSEUDOSEZIONE ELETTROSTRATIGRAFICA
configurazione "Wenner"



PSEUDOSEZIONE ELETTROSTRATIGRAFICA
configurazione "Dipolo-Dipolo"



committente:
Geol. Marco Cosfa

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

località: agro di
TARANTO

PROFILO DIPOLARE ELETTRICO 1

- Metodologia: Wenner
- Metodologia: Dipolo-Dipolo assiale
- Lunghezza Profilo: 94 m
- Distanza interelettrodi: 2 m
- Numero di Poli: 48
- Quota media: circa 30 m s.l.m.



GIULOCO s.a.s.
Via De Santis, 14 – MATERA

+ punto di attribuzione della misura

100 resistività in ohm*m

— isoresistiva in ohm*m

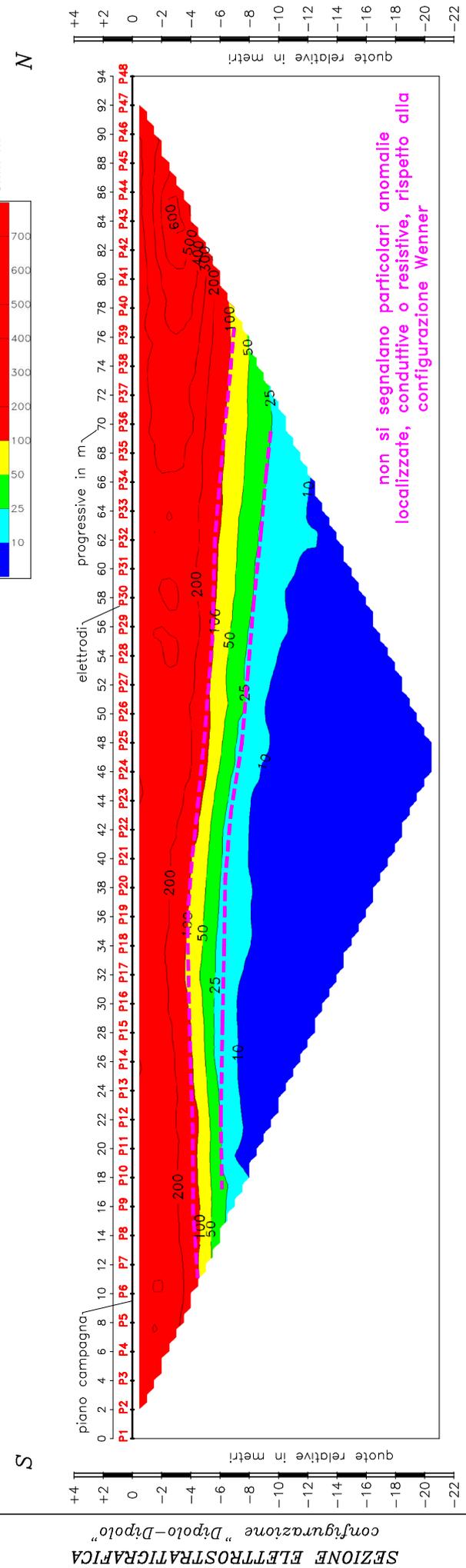
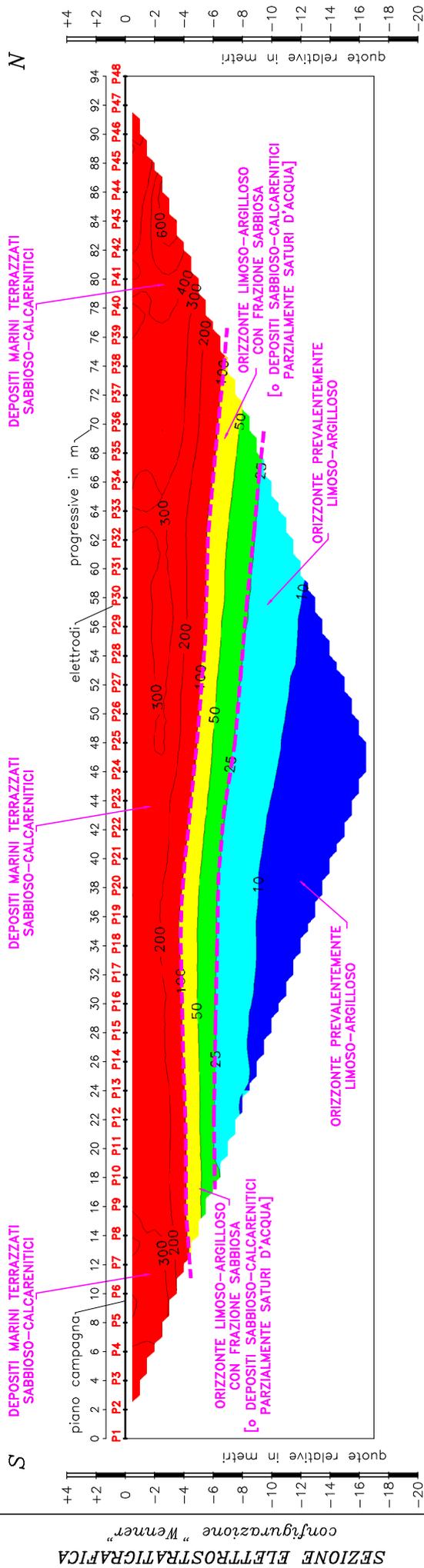
2 4 progressive in metri

P2 P3 poli A B M N

LEGENDA

TOMOGRAFIA ELETTRICA T.E.1

TAVOLA 2.b.1.



committente:
Geol. Marco Cosfa

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

località: agro di
TARANTO

PROFILO DIPOLARE ELETTRICO 1

- Metodologia: Wenner
- Metodologia: Dipolo-Dipolo assiale
- Lunghezza Profilo: 94 m
- Distanza interelettrodi: 2 m
- Numero di Poli: 48
- Quota media: circa 30 m s.l.m.

scala = 1:400

0 2 8 m

GIULOCO s.a.s.

Via De Santis, 14 - MATERA

LEGENDA

100 resistività in ohm*m

isoresistiva in ohm*m

2 4 progressive in metri

P2 P3 poli A B M N

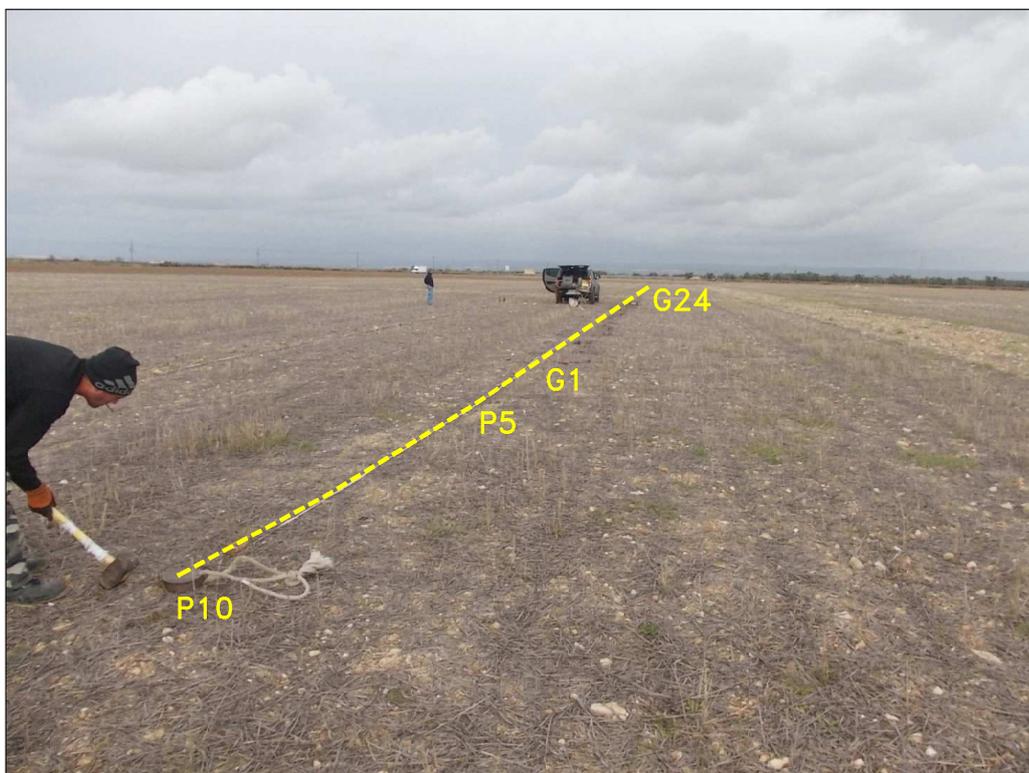


Foto 1: Postazione ed allineamento del Profilo Sismico MASW.1
– punto di vista nei pressi del punto di scoppio P10, da S verso N –

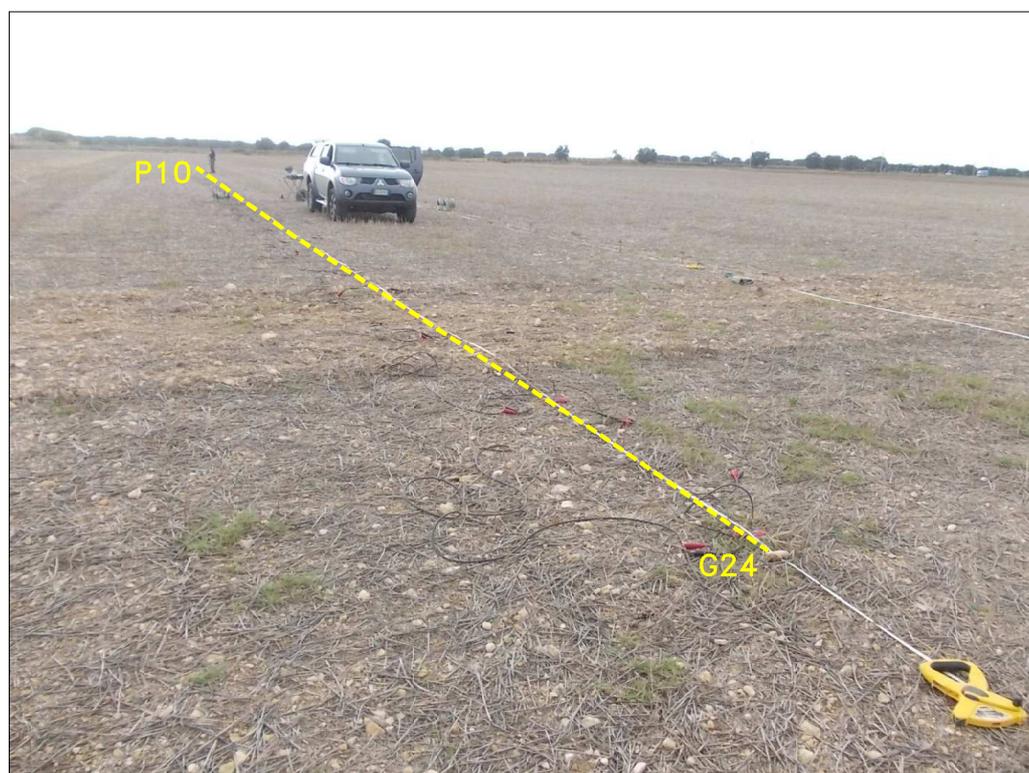


Foto 2: Postazione ed allineamento del Profilo Sismico MASW.1
– punto di vista nei pressi della postazione geofonica G24, da N verso S –

località: agro di
TARANTO

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

committente:
Geol. Marco Costa

GIULOCO s.a.s.
Via De Sarais, 14 – Matera



Foto 3: Postazione ed allineamento del Profilo Sismico MASW.1
– esecuzione di una battuta in onde di Rayleigh nel punto di scoppio P5 –



Foto 4: Postazione ed allineamento del Profilo Sismico MASW.1
– esecuzione di una battuta in onde di Love nel punto di scoppio P5 –

località: agro di
TARANTO

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

committente:
Geol. Marco Costa

GIULOCO s.a.s.
Via De Sarris, 14 – Matera



Foto 5: Particolare dei geofoni utilizzati per l'acquisizione delle onde di Rayleigh (componente verticale) e delle onde di Love (geofono orizzontale) [Profilo MASW.1]



Foto 6: Particolare della stazione di acquisizione dei dati sismici [Profilo MASW.1]

località: agro di
TARANTO

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

committente:
Geol. Marco Costa

GIULOCO s.a.s.
Via De Sarris, 14 – Matera



Foto 7: Postazione ed allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1
- punto di vista nei pressi della postazione elettrodica P1, da S verso N -



Foto 8: Postazione ed allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1
- punto di vista nei pressi della postazione elettrodica P48, da N verso S -

località: agro di
TARANTO

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

committente:
Geol. Marco Costa

GIULOCO s.a.s.
Via De Sarris, 14 - Matera



Foto 9: Postazione ed allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1
– particolare di una delle postazioni elettrodiche –



Foto 10: Postazione ed allineamento della Tomografia Elettrica T.E.1
– particolare della stazione di acquisizione digitale dei dati geoelettrici –

GIULOCO s.a.s.
Via De Sarris, 14 – Matera

località: agro di
TARANTO

indagine relativa a:
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
INSTALLATO A TERRA**

campagna di:
novembre 2021

committente:
Geol. Marco Costa