



COMUNE DI SANTA GIUSTA

Provincia di Oristano



46

***PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA IN UNA CAVA DISMESSA ENTRO 500 mt. DALLA ZONA INDUSTRIALE
Potenza Nominale 25,965 MWp - Potenza in immissione 25 MW
-progetto definitivo-***

RELAZIONE GEOTECNICA

scala

data: *Marzo 2023*

rev00

collaboratori:

*ing. Cristian Cannaos
ing. Giuseppe Onni
ing. Valerio Parducci
ing. Enzo Battaglia
dr geolog. Marcello Miscali
dr agr. Francesco Casu
dr agr. Carlo Poddi
dr archeol. Pietro Francesco Serreli*

committente

***MYT SARDINIA 5 S.r.l.
Piazza Fontana, 6
20122 Milano (MI)***

progettisti

ing. Carmine Falconi

dr agr. Francesco Saverio Mameli

consulenze:

geom. Paolo Nieddu

arch. Giovanni Soru

***PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA E
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN
IN LOCALITA' "S. ELIA" NEL COMUNE DI SANTA GIUSTA (OR)***

RELAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA

INDICE GENERALE

INDICE GENERALE	3
PREMESSA	4
DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO.....	4
ARTICOLAZIONE DEL LAVORO DI STUDIO E DI INDAGINE.....	5
INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
STATO ATTUALE DEI LUOGHI	7
MODELLO GEOMORFOLOGICO	8
MODELLO GEOLOGICO	10
SEZIONE GEOLOGICA TIPO	11
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	12
INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO DI MASSIMA	12
PRECAUZIONI ED ACCORGIMENTI TECNICI.....	15
CONCLUSIONI	15

PREMESSA

Su incarico della società MYT SARDINIA 5 S.r.l. nei mesi da gennaio a marzo del 2023 è stato portato avanti uno studio geologico, geomorfologico, idrogeologico di dettaglio e geotecnico di massima al fine di verificare lo stato dei luoghi e le caratteristiche generali di assetto geologico e geomorfologico della porzione di territorio interessata dall'intervento, e raccogliere i primi dati sulle caratteristiche geologico tecniche dei sedimenti e delle rocce di imposta delle strutture in progetto.

La relazione geologica (redatta ai sensi del D.M. 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" e Circolare esplicativa del 24-09-1988 n° 30483 ad esso riferita) si inserisce nell'ambito degli elaborati documentali richiesti a supporto del progetto.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

Il progetto oggetto del presente studio prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra della potenza nominale di circa 25,965 MWp e relative opere di connessione alla RTN. Nello specifico è prevista la messa in opera di 39.000 moduli in silicio monocristallino, ad alta efficienza, per una potenza complessiva di 665 Wp, montati su strutture di supporto di tipo fisso collegate al suolo tramite pali infissi direttamente nel terreno (tramite macchina battipalo, per una profondità variabile, in funzione della consistenza delle litologie di fondazione da valutare a seguito di adeguata campagna di indagini geognostiche) e disposte ad una distanza di circa 7 metri tra una fila e l'altra.

È inoltre prevista:

- la messa in opera di 5 cabine di smistamento e di una cabina di conversione e trasformazione prefabbricate in c.a.v. (cemento armato vibrato), posizionate su fondazione in monoblocco (per la loro localizzazione si rimanda agli elaborati grafici di progetto);
- la realizzazione di apposita viabilità interna;
- la realizzazione di una recinzione perimetrale realizzata in rete a maglia metallica di altezza pari a circa 2,00 mt;
- la realizzazione di un impianto antintrusione e di videosorveglianza.

L'accesso alle aree sarà garantito attraverso un cancello a doppia anta a battente di larghezza pari a 5 m, idoneo al passaggio dei mezzi pesanti, mentre esternamente alla recinzione sarà posta in opera una fascia arborea autoctona di mitigazione. Non si prevede la realizzazione di nuova viabilità esterna essendo l'area già servita da infrastrutture viarie, si prevede adeguamento di alcune delle strade adiacenti all'impianto al fine di consentire il transito di mezzi idonei ad effettuare sia il montaggio che la manutenzione dell'impianto.

L'energia prodotta dall'impianto sarà trasferita dalla stazione elettrica di utenza per il collegamento alla RTN attraverso un elettrodotto di collegamento in trincea per una lunghezza complessiva di circa 2,8 km, si svilupperà interamente sul territorio del Comune di Santa Giusta. La linea sarà realizzata principalmente in cavo interrato all'interno di una trincea della profondità di circa 1,4 m, e con una profondità minima di posa dei tubi di almeno 1 m, misurato dall'estradosso superiore del tubo, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale. In coincidenza del viadotto lungo la Strada Provinciale 97, nel tratto che sovrasta il canale denominato elemento idrico Fiume_522 (che collega lo stagno di Santa Giusta con il bacino del Porto Industriale), l'elettrodotto procederà ancorato alla struttura del ponte per una lunghezza di circa 170 metri.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di progetto e ai relativi elaborati grafici.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elencano di seguito i principali riferimenti normativi adottati per lo svolgimento dell'incarico e, in particolare, per la redazione del presente documento.

- D.M. 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 e successive istruzioni; (per Zona sismica 4, Classi I e II);

- Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;

- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici, D.P.R. 06.06.2001 n.380.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

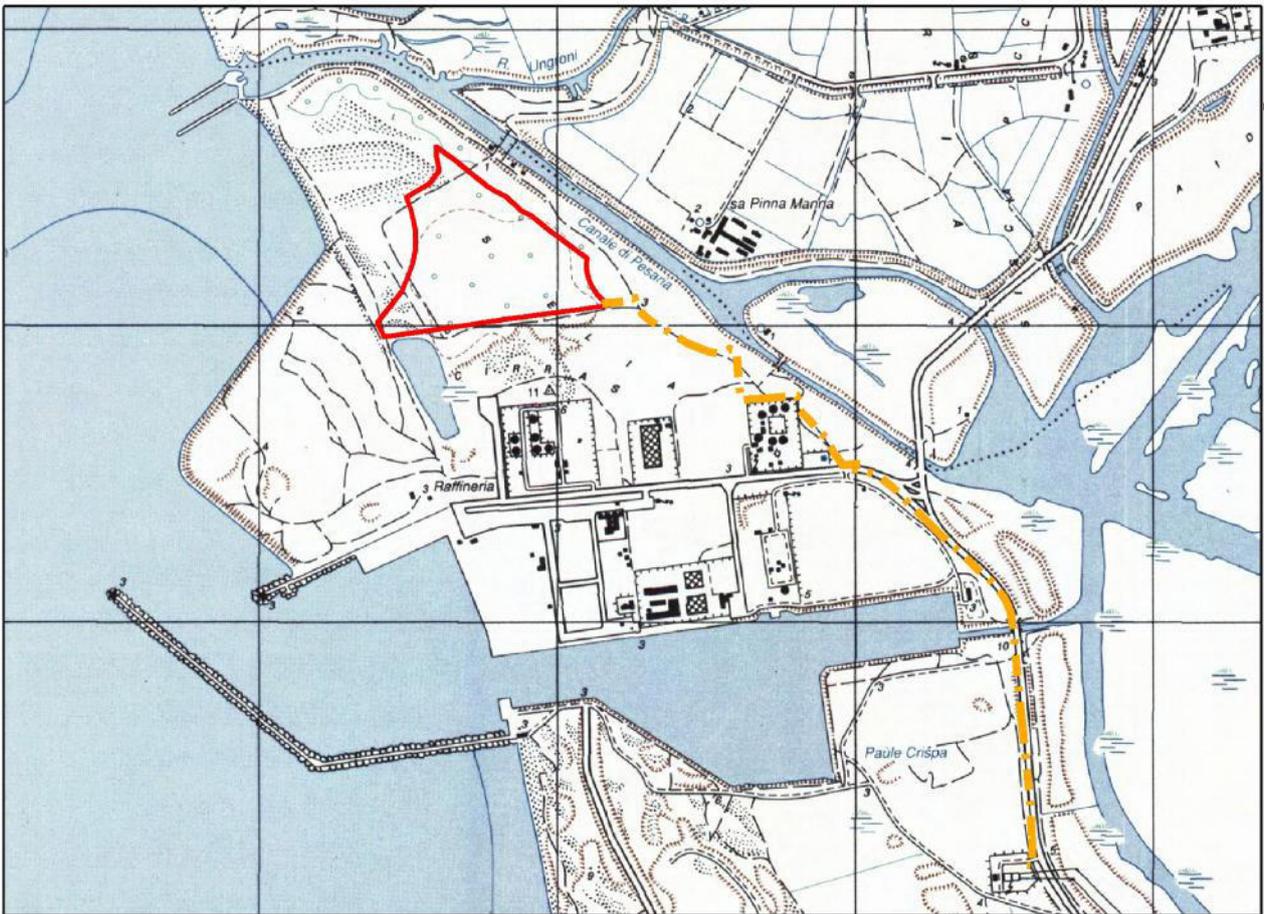


Figura 1 - Inquadramento geografico (IGMI) con localizzazione dell'area d'intervento, scala 1:25.000

ARTICOLAZIONE DEL LAVORO DI STUDIO E DI INDAGINE

Per acquisire gli elementi d'interesse conoscitivo ai fini della presente relazione sono stati eseguiti, nei mesi da gennaio a marzo del 2023, una serie di attività che hanno visto in primo luogo una ricognizione bibliografica comprendente l'acquisizione di materiale sia descrittivo sia cartografico, inerente le caratteristiche geologiche e geomorfologiche sia dell'area in esame sia del suo intorno, seguita

dall'acquisizione dei dati di terreno di carattere geologico e geomorfologico con conseguente individuazione di zone omogenee per caratteri litologici e morfoevolutivi.

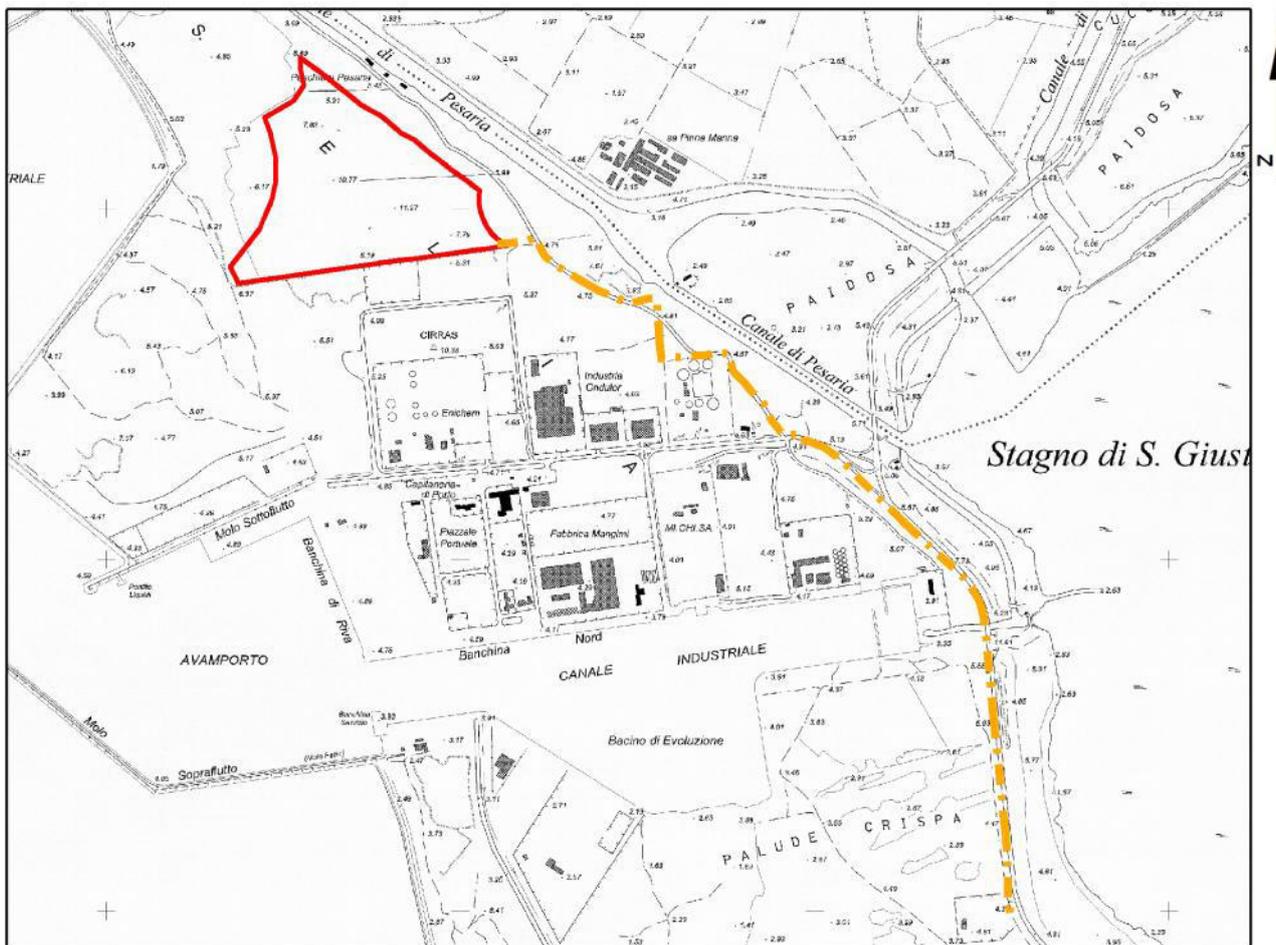


Figura 2 - Inquadramento geografico (CTR) con localizzazione dell'area d'intervento, scala 1:10.000

Le indagini geologiche si sono estese sino a comprendere:

- un ambito regionale per quanto riguarda gli aspetti geologici e tettonici di area vasta;
- un intorno chilometrico per quanto riguarda l'inquadramento territoriale, geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio;
- un intorno ettometrico per quel che riguarda gli aspetti litologici di dettaglio;
- un volume significativo per la stratigrafia e la classificazione dei terreni.

Durante l'intera attività di rilevamento si è anche provveduto alla raccolta di un'ampia e completa documentazione fotografica. ***I dati così ottenuti sono stati utilizzati per la caratterizzazione geomorfologica, litostratigrafica, geologica ed idrogeologica di dettaglio dell'area di indagine e del suo intorno, allo stesso tempo sulla base della tipologia delle opere da realizzare è stato possibile raccogliere informazioni utili per la programmazione delle future campagne geognostiche, necessarie ed indispensabili per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio delle litologie di imposta delle fondazioni, da effettuarsi durante la fase di stesura del progetto esecutivo.***

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dall'intervento è localizzata nel settore Centro-Occidentale della Sardegna nella regione del Campidano di Oristano, subito ad ovest e sud-ovest dei centri abitati di Oristano e Santa Giusta ad una distanza di oltre due chilometri dal centro abitato di Oristano e oltre quattro chilometri da quello di Santa Giusta.

Dal punto di vista geografico l'area d'intervento ricade nel Foglio n° 528, sezione II "ORISTANO SUD" della Carta d'Italia dell'IGMI in scala 1:25.000, e nel Foglio n° 528, sezione 110 "FOCE DEL TIRSO" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 redatta dalla Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato degli Enti Locali Finanze ed Urbanistica, Territoriale e della Vigilanza Edilizia.

Più precisamente l'impianto fotovoltaico è impostato in località "S. ELIA", censita al catasto del comune di Santa Giusta al Foglio n. 4, particelle: 12, 14, 16, 17, 18, 61, 62, 63, 132, 133, 134, 1484, 1521 e 1522. Mentre le opere di connessione si svilupperanno sui Fogli 4 e 9 del Comune di Santa Giusta interessando mappali vari.

L'area è inquadrata nel PDF vigente del Comune di Santa Giusta (10 Marzo 1995) in parte come Zona "H" di salvaguardia, Sottozona "H1" di Rispetto Naturalistico – Ambientale – Monumentale; e in parte come zona "D", Sottozona "D0" Aree disponibili per le Industrie.

Dal punto di vista logistico la zona oggetto d'intervento è raggiungibile dal settore orientale attraverso delle strade di penetrazione agraria connesse alla viabilità del consorzio industriale e alla Strada Provinciale n.97 che collega il Porto Industriale di Oristano al centro abitato di Oristano e alla Strada Provinciale n.22 che, a sua volta, collega i centri abitati di Santa Giusta e Oristano a quello di Arborea e alla S.S. 131.

STATO ATTUALE DEI LUOGHI

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su di un lotto posto a ridosso del Nucleo Industriale dell'Oristanese. L'area è posta ad una distanza di oltre due chilometri dal centro abitato di Oristano e ad oltre quattro chilometri da quello di Santa Giusta; è delimitata ad est e a nord dal Canale di Pesaria, a sud confina con il Porto Industriale di Oristano e la relativa area industriale mentre ad ovest confina con il Golfo di Oristano.

Nel complesso l'area risulta essere alquanto antropizzata; il settore subito a sud è interessato dalla presenza del Nucleo Industriale dell'Oristanese, il settore nord e quello orientale è occupato dal Canale di Pesaria che ha perso il suo assetto naturale in seguito alle opere di rettifica e stabilizzazione delle sue rive e della sua foce oltre alla presenza dell'omonima peschiera. Il settore a mare è stato anche esso modificato in seguito alla realizzazione del Porto Industriale di Oristano, che ha visto la realizzazione di opere di sbancamento di interrimento nonché la realizzazione di opere di difesa (barriere frangiflutto). Il territorio direttamente interessato dagli interventi in progetto è stato, a sua volta, oggetto intorno agli anni settanta del secolo scorso di attività di cava oltre che di deposito di sedimenti di dragaggio. Il territorio subito a nord dell'area in esame invece frutto ed oggetto di attività agro-pastorali di tipo zootecnico estensivo ed intensivo di ovini e subordinatamente di bovini, con un utilizzo del suolo a pascolo e seminativo, le strutture insediative di tipo sparso sono costituite da stalle, capannoni e abitazioni legate all'attività agro-zootecnica, mentre lungo la sponda sinistra del Canale di Pesaria sono presenti alcuni fabbricati legati all'attività di pesca.



Figura 3 - Inquadramento su base ortofoto, con localizzazione dell'area d'intervento.

MODELLO GEOMORFOLOGICO

Entrando nel dettaglio, il settore all'interno del quale si andrà a sviluppare l'impianto fotovoltaico in progetto presenta una morfologia da sub-pianeggiante a leggermente inclinata con quote che si aggirano mediamente intorno ai 6/7 m s.l.m..

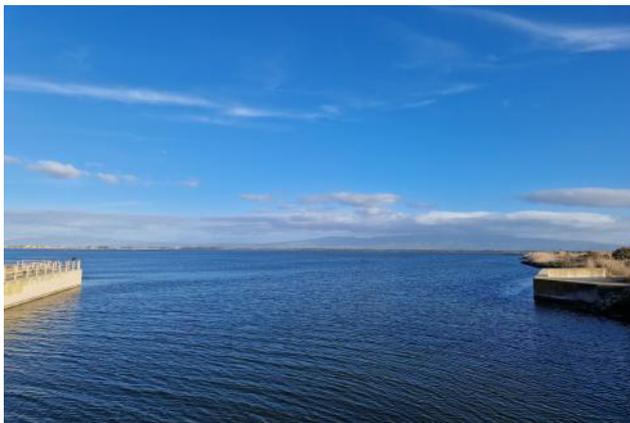


Foto 1 - Panoramica dello stagno di Santa Giusta.



Foto 2 - Panoramica del Canale di Pesaria.

Le pendenze all'interno del lotto si mantengono sempre tra lo zero e il 5% (vedi carta delle acclività allegata al presente elaborato) mentre le quote hanno un andamento decrescente a partire dal settore

meridionale dove è presente un accenno di piccolo rilievo (di probabile origine antropica) verso quello settentrionale, qui si passa dagli 11 ai 2 metri sopra il livello del mare, e verso i settori occidentale (verso la costa) e orientale (verso il Canale di Pesaria) a quote attorno ai 5 metri.



Foto 3 – Vista panoramica del settore industriale e del Porto.



Foto 4 – Particolare delle dune di retro spiaggia.

L'area confina a nord e ad est con il Canale di Pesaria e a ovest con il mare; all'interno del lotto nella sua parte più settentrionale sono presenti delle aree da pianeggianti a leggermente depresse che durante la stagione invernale e primaverile danno luogo a ristagni idrici anche prolungati nel tempo. Tutte queste aree non saranno interessate dalle opere in progetto.



Foto 5 – Panoramica dell'area d'intervento dal settore meridionale.



Foto 6 – Panoramica dell'area d'intervento.

Dal rilevamento dello stato dei luoghi non si evincono particolari fenomeni di dissesto né in atto né potenziali; le uniche aree morfologicamente attive sono quelle poste a sud dell'area d'intervento in coincidenza dell'area industriale dove sono presenti dei fronti di scavo di alcuni metri d'altezza realizzati durante la fase di rimodellamento del settore industriale, comunque tutte aree al di fuori del lotto. Una seconda criticità riguarda le aree depresse poste nella parte più settentrionale del lotto dove si possono verificare fenomeni di ristagno idrico prolungati nel tempo, anche in questo caso l'impianto non andrà ad interferire con queste aree. Il resto dell'area, visto l'assetto litologico e l'andamento morfologico locale, da poco inclinato a sub-pianeggiante, mostra caratteri di relativa stabilità e non esistono, allo stato attuale, i

presupposti per l'insacco di spinte gravitative e/o tangenziali, purché vengano mantenute le attuali condizioni geomorfologiche al contorno.

MODELLO GEOLOGICO

Nei mesi da gennaio a marzo del 2023 è stata portata avanti un'attività di rilevamento di campagna attraverso la quale è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area sulla quale verrà realizzata l'opera in progetto, ne è scaturito che questa (vedi carta geologica allegata) è impostata in parte sulle litologie sedimentarie oloceniche costituite da alternanze di livelli sabbioso-limosi, ghiaioso-ciottolosi e in parte su depositi antropici costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi con rare ghiaie. **Al momento attuale non si è provveduto all'esecuzione di indagini geologiche specifiche che dovranno invece essere eseguite in fase di redazione del progetto esecutivo al fine di arrivare ad un quadro conoscitivo di maggior dettaglio.**



Foto 7 - Particolare dei depositi eolici.



Foto 8 - Particolare dei depositi di spiaggia antichi lungo la sponda sinistra del Canale di Pesaria.

Entrando nel dettaglio i livelli più superficiali sono costituiti da materiale di riporto costituito da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi con rare ghiaie messi in posto alla fine degli anni settanta del secolo scorso e derivanti dalle opere di rimodellamento dell'area industriale, dell'area del Porto e dalle opere di dragaggio sia del Canale di Pesaria sia dell'area del Porto Industriale. Queste litologie ricoprono la quasi totalità delle superfici occupate dall'impianto comprese le aree di imposta delle cabine di conversione e smistamento.

Nel settore settentrionale, in prossimità della foce del Canale di Pesaria, si rinvengono argille e limi palustri di colore grigio-nerastro con elevata componente organica con subordinate sottili intercalazioni sabbiose. Questi i livelli più francamente argillosi risultano da moderatamente plastici a compatti.

Lungo il confine occidentale del lotto si rinvengono ancora esigui spessori di sabbie eoliche, si tratta di sabbie silicee sciolte di colore da bianco a grigio beige, a testimonianza dell'originaria linea di costa ormai completamente obliterata dalle opere di sistemazione del settore portuale.

Al di sotto dei materiali di riporto, di quelle palustri e dei depositi eolici si rinvengono, come ampiamente documentato lungo i confini occidentali e meridionali del lotto, sedimenti grossolani costituiti da sabbie e ghiaie ad elementi litici evoluti quarzatici (caratterizzati dalla presenza di granuli di dimensione variabile dai 2 mm sino a ciottoli decimetrici), di rocce prevalentemente paleozoiche (ciottoli quarzosi e ciottoli di rocce intrusive e metamorfiche) e in maniera subordinata di rocce laviche terziarie in matrice

sabbioso-argillosa mediamente addensati. In affioramento si rinvencono livelli decimetrici più marcatamente ghiaiosi. Gli spessori documentati di queste litologie si aggirano attorno ai 7 – 8 metri.



Foto 9 - Affioramento di depositi alluvionali, sabbioso-ghiaiosi.



Foto 10 - Particolare di depositi alluvionali, sabbioso-ghiaiosi.

La marcata eterogeneità di questi depositi è da ricercare nella dinamica deposizionale del paleo Tirso e agli interscambi con l'ambiente costiero.



Foto 11 - Panoramica dei depositi antropici, materiali di riporto all'interno del lotto di intervento.



Foto 12 - Particolare dei depositi antropici, materiali di riporto all'interno del lotto di intervento.

SEZIONE GEOLOGICA TIPO

Sulla base del rilevamento di campagna, dell'analisi dei fronti degli sbancamenti presenti in coincidenza del settore industriale e dei dati provenienti da indagini geognostiche effettuate in aree limitrofe a quelle del settore interessato dell'impianto fotovoltaico è stato possibile ricostruire due sezioni tipo a partire dai termini più recenti sino a quelli più antichi:

a) Sezione tipo in coincidenza dei depositi antropici:

- dal piano di campagna i primi due/tre metri sono costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi con rare ghiaie;
- dai due tre metri sino a 10 - 11 metri dal piano di campagna sedimenti grossolani costituiti da sabbie e ghiaie ad elementi litici evoluti.

b) Sezione tipo in coincidenza dei depositi alluvionali:

- dal piano di campagna i primi 20/30 cm sono costituiti da suolo sabbioso;
- a seguire sino a 7 - 8 metri dal piano di campagna sedimenti grossolani costituiti da sabbie e ghiaie ad elementi litici evoluti.

Il **tracciato dell'elettrodotto** invece si svilupperà in trincea per una lunghezza di circa 2.800 metri; a partire dal settore dell'impianto la parte più superficiale della trincea sarà realizzata in parte all'interno **dei depositi antropici** costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi con rare ghiaie per una lunghezza di circa 70 metri, seguono un tratto di circa 450 metri impostato nelle sabbie quarzose, un tratto di 480 metri all'interno di depositi antropici di varia natura in coincidenza del settore industriale, mentre il tratto finale dell'elettrodotto si svilupperà all'interno dei rilevati stradali delle strade consortili e della strada Provinciale n.97. In coincidenza del viadotto lungo Strada Provinciale n.97 l'elettrodotto procederà ancorato alla struttura del ponte per una lunghezza di circa 170 metri.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto geologico-strutturale del settore in esame, è il principale responsabile dell'idrografia e dell'idrogeologia dell'area e, quindi, dell'attuale circolazione idrica superficiale e sotterranea, è infatti possibile suddividere a grandi linee il territorio in esame sulla base delle caratteristiche di permeabilità delle singole litologie e su questa base individuare due classi di permeabilità:

- Unità lito-stratigrafiche con permeabilità di tipo primario per porosità comprendenti i termini sabbioso-conglomeratici caratterizzati da una permeabilità variabile da medio-bassa a medio-alta in funzione della natura litologica, della distribuzione granulometrica all'interno dei vari strati e del loro grado di cementazione. La permeabilità quindi può variare da medio-alta in coincidenza dei livelli sabbioso-conglomeratici, a medio-bassa in coincidenza dei livelli a matrice limoso-argillosa.

- Unità lito-stratigrafiche con permeabilità di tipo primario per porosità comprendenti i termini argilloso-limoso-sabbiosi affioranti in coincidenza delle aree peristagnali, di quelle a ristagno idrico e in coincidenza dei depositi antropici costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi che mostrano nel complesso permeabilità da medio-bassa a nulla.

Rilevamenti effettuati su alcuni sondaggi presenti all'interno dell'area industriale, all'interno di alcuni lotti non edificati nel settore orientale (interessati da attività di sbancamento) e della quota delle acque lungo il corso del Canale di Pesaria, hanno evidenziato un livello freatico variabile da un minimo di - 2,5 m dal piano di campagna nel settore settentrionale a circa -9 m dal piano di campagna in quello centrale e in quello meridionale in prossimità del confine con il settore industriale.

Ne consegue che le opere in progetto, compresa la linea dell'elettrodotto e le opere di sostegno dei moduli fotovoltaici non andranno ad interferire ne con la falda superficiale (comunque di modesta entità) ne con l'acquifero profondo localizzato all'interno delle litologie alluvionali.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO DI MASSIMA

Per la stesura del presente documento non son state effettuate indagini geotecniche mirate pertanto le caratteristiche geotecniche di massima, gli spessori minimi, le caratteristiche geomeccaniche e la stabilità delle varie litologie sono state desunte, in parte, attraverso la ricognizione e rielaborazione dei dati bibliografici relativi ad indagini eseguite in aree prossime a quella in esame e su litologie simili e/o assimilabili a quelle dell'area d'intervento e, in parte, attraverso il rilevamento di campagna che ha

interessato i fronti di scavo presenti subito a sud del settore di intervento in coincidenza dell'area industriale e delle trincee presenti lungo la viabilità consortile oltre all'analisi delle sponde del Canale di Pesaria.

Il rilevamento geologico così effettuato ha evidenziato come le opere in progetto siano impostate in parte sui depositi continentali costituiti prevalentemente da sabbie, sabbie-ghiaiose e ghiaioso-limose da sciolte (in superficie) a ben consolidate (negli strati più profondi) in vari rapporti granulometrici e stratigrafici e in parte su materiali di riporto costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi con rare ghiaie.

Gli spessori minimi dei depositi alluvionali sono stati valutati attraverso l'analisi dei fronti di scavo presenti subito a sud del settore d'intervento in coincidenza dell'area Industriale e di indagini condotte a poche centinaia di metri più a sud sempre all'interno dell'area Industriale, questi si attestano sempre oltre gli otto metri. L'analisi dei fronti di scavo ha inoltre evidenziato per queste litologie una sostanziale stabilità degli stessi nonostante la loro quasi verticalità, indice questo di un buon grado di coesione. Per quel che riguarda i depositi antropici il rilevamento di campagna ha evidenziato spessori variabili dai 50 cm nei settori periferici sino a due, tre metri in quello centrale.

Pertanto a queste litologie, sulla base di dati bibliografici relativi ad indagini eseguite in aree prossime a quella in esame e su litologie simili e/o assimilabili a quelle di imposta dell'impianto, possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

a) Per i depositi antropici (argille-sabbiose e limi-argillosi):

PARAMETRI	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Peso di volume secco	γ	t/m ³	tra 1,60 e 1,80
Valore di angolo di attrito	ϕ	°	tra 10° e 15°
Valore caratteristico coesione non drenata	Cu	kPa	0

b) Depositi alluvionali (sabbie e ghiaie da argillose a debolmente argillose)

PARAMETRI	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Peso di volume secco	γ	t/m ³	tra 1,70 e 1,90
Valore di angolo di attrito	ϕ	°	tra 26° e 32°
Valore caratteristico coesione non drenata	Cu	kPa	0

c) Sabbie eoliche da sciolte a poco addensate

PARAMETRI	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Peso di volume secco	γ	t/m ³	tra 1,50 e 1,60
Valore di angolo di attrito	ϕ	°	tra 23° e 30°
Valore caratteristico coesione non drenata	Cu	kPa	0

Trattandosi di terreni prevalentemente granulari risulta essere trascurabile l'apporto della coesione per questo motivo possono essere assimilati a terreni privi di coesione.

Per quanto riguarda invece i rilevati stradali sulla quale si svilupperà in parte dell'elettrodotto si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici che variano in funzione della tipologia di materiale che di volta in volta è stata utilizzata per la realizzazione del rilevato:

Gruppo	Sotto-gruppo	Frazione passante allo staccio UNI 2332			LL (limite liquido)	IP (indice di plasticità)	Indice di gruppo	Materiali caratteristici costituenti il gruppo	Caratteristiche come sottofondo	Azione del gelo	Ritiro o rigonfiamento	Permeabilità	Classificazione generale
		2	0,4	0,075									
A1	A1-a A1-b	<50	<30 <50	<15 <25	-	<6	0	ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	da eccellente a buono	nessuna o lieve	nullo	elevata	Terre ghiaio-sabbiose
A3	-	-	>50	<10	-	-	0	sabbia fine		media	nullo o lieve	media o scarsa	
A2	A2-4 A2-5 A2-6 A2-7	-	-	<35	<40 >40 <40 >40	<10 <10 >10 >10	0 <4	ghiaia o sabbia limosa o argillosa	da mediocre a scadente	molto elevata	lieve o medio	scarsa o nulla	Terre limo-argillose
A4	-	-	-	>35	<40	<10	<8	limi poco compressibili		media	elevato	scarsa o nulla	
A5	-	-	-	>35	>40	<10	<12	limi fortemente compressibili	inadatte				Torbe
A6	-	-	-	>35	<40	>10	<16	argille poco compress.		elevata	elevato	scarsa o nulla	
A7	A7-5	-	-	>35	>40 IP < LL - 30	>10 >10	<20	argille fortemente compressibili mediamente plastiche	media	molto elevato			
	A7-6	-	-	>35	>40 IP > LL - 30	>10 >10		idem fortemente plastiche					
A8	-	-	-	-	-	-	-	torbe, detriti organici di origine palustre					

Figura 4 - Classificazione delle terre per uso stradale (UNI 10006-CNR)

Mentre per quel che riguarda i valori di angolo di attrito interno si possono assumere i seguenti:

Materiale	sciolto	compatto
Sabbia a granuli arrotondati, uniforme	27°	34°
Sabbia a spigoli vivi, ben graduata	33°	45°
Ghiaia sabbiosa	35°	50°
Sabbia limosa	27°÷33°	30°÷35°
Limo inorganico	27°÷30°	30°÷35°

I parametri sopra riportati se pur rappresentativi dovranno essere verificati ed integrati con dati provenienti da adeguata campagna di indagini e prove geotecniche mirate (in situ e di laboratorio) da effettuarsi in fase di redazione del progetto esecutivo al fine sia di verificare quanto sin qui esposto, sia per avere dati certi sulle caratteristiche tecniche delle litologie di imposta delle fondazioni.

Per questi motivi in osservanza del Decreto 17 gennaio 2018 (NTC2018) si propone, per la fase di progettazione esecutiva, la realizzazione di una campagna geognostica minima comprendente:

- un adeguato numero di pozzetti geognostici da spingersi sino alla quota d'imposta delle fondazioni delle opere in progetto;
- un adeguato numero di perforazioni verticali a carotaggio continuo;
- un adeguato numero di prove penetrometriche S.P.T. nel corso dei sondaggi (in funzione delle risultanze dei carottaggi) e di prove con il Pochet Penetrometer e Vane Test da realizzarsi sui campioni di carota in corrispondenza di orizzonti significativi;
- in alternativa un adeguato numero prove penetrometriche dinamiche continue da eseguirsi in corrispondenza degli orizzonti sciolti;

Il prelievo di un sufficiente numero di campioni di sedimento e rocce da sottoporre a prove di laboratorio comprendenti:

- determinazione del peso di volume naturale (CNR n°40 – 1073);
- determinazione dei limiti ed indici di Atterberg;
- prove di taglio diretto con scatola di casagrande (ASTM D 3080 – 98);
- prove di compressione edometrica (AGI 1994 - ASTM D 2435-80);
- analisi granulometriche e classificazione delle terre secondo le norme CNR UNI 10006.

Inoltre in fase esecutiva, si dovranno eseguire opportune prove di carico in compressione e trazione (pull-out) e di carico orizzontale e/o inclinato su un numero adeguato di pali pilota in modo da ottimizzare le strutture di fondazione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

PRECAUZIONI ED ACCORGIMENTI TECNICI

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti si evidenzia come per la realizzazione delle opere in progetto non si riscontrano particolari problematiche.

Durante la fase di realizzazione sia delle fondazioni delle cabine sia delle trincee dell'elettrodotto (cavidotto), avendo a che fare con litologie di imposta poco coerenti, bisognerà porre particolare attenzione alla stabilità dei fronti di scavo. Inoltre per le opere di fondazione delle cabine e della viabilità interna vista la natura delle litologie d'imposta, si rende necessario prevedere:

- un'adeguata bonifica attraverso l'asportazione e sostituzione del terreno esistente sino ad una profondità di almeno un metro (e comunque da verificare attraverso adeguate indagini geotecniche);
- la regolarizzazione e stabilizzazione meccanica mediante compattazione del fondo così realizzato;
- la posa di telo geotessile per l'intera superficie di appoggio;
- la ricarica con terreni granulari aridi a granulometria assortita posti in opera a strati di spessore non superiore a 0,20 m e opportunamente compattati, costituiti da misti granulari frantumati con caratteristiche granulometriche tipiche dei terreni di classe A1-a o A1-b, con Limite liquido non determinabile (LL = N. D.) ed indice plastico pari a zero ($I_p = 0$);

La messa in opera delle strutture di sostegno dei pannelli, vista la natura e le caratteristiche geotecniche dei sedimenti d'imposta, potrà procedere con la semplice infissione (tramite macchina battipalo) mentre la profondità d'infissione sarà da stabilire a seguito di adeguata campagna d'indagini geognostiche.

CONCLUSIONI

Data la conformazione morfologica dell'area, praticamente pianeggiante non si riscontrano particolari evidenze di fenomeni di instabilità sia nell'area direttamente interessata dall'intervento sia in quelle circostanti; la stessa analisi del quadro vincolistico ha evidenziato come per le aree interessate dalla messa in opera dell'impianto non insistano vincoli di carattere idraulico ed idrogeologico, infatti queste non sono inserite tra le aree né a pericolo né a rischio sia di piena che di frana dal vigente Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), né all'interno delle aree individuate dal nuovo Piano Fasce Fluviali. Allo stesso tempo le stesse aree non sono comprese tra quelle individuate dall' Art. 1 del R.D. 3267/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".

L'idrografia superficiale è caratterizzata dalla presenza del Canale di Pesaria che scorre parallelamente al lotto di intervento e poco più a nord dal Fiume Tirso. Tutti questi corsi d'acqua hanno un regime torrentizio con periodi di piena durante il periodo tardo autunnale, invernale e primaverile e di secca nei

periodi tardo primaverili ed estivi. Il Canale di Pesaria e il Fiume Tirso sono entrambi corsi d'acqua iscritti nell'elenco delle acque pubbliche. Le opere in progetto si trovano al di fuori della fascia di rispetto dei 150 metri dal Canale di Pesaria e di quella del Fiume Tirso e ad oltre 300 metri dalla linea di costa.

Dal rilevamento dello stato dei luoghi non si evincono particolari fenomeni di dissesto né in atto né potenziali; le uniche aree morfologicamente attive sono quelle poste a sud dell'area d'intervento in coincidenza dell'area industriale dove sono presenti dei fronti di scavo di alcuni metri d'altezza realizzati durante la fase di rimodellamento del settore industriale, comunque tutte aree al di fuori del lotto. Una seconda criticità riguarda le aree depresse poste nella parte più settentrionale del lotto dove si possono verificare fenomeni di ristagno idrico prolungati nel tempo, anche in questo caso l'impianto non andrà ad interferire con queste aree. Il resto dell'area, visto l'assetto litologico e l'andamento morfologico locale, da poco inclinato a sub-pianeggiante, mostra caratteri di relativa stabilità e non esistono, allo stato attuale, i presupposti per l'innesco di spinte gravitative e/o tangenziali, purché vengano mantenute le attuali condizioni geomorfologiche al contorno.

Il rilevamento geologico effettuato nell'area in esame ha evidenziato come questo settore sia impostato in parte sulle litologie sedimentarie oloceniche costituite da alternanze di livelli sabbioso-limosi, ghiaioso-ciottolosi e in parte su depositi antropici costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi con rare ghiaie. Durante questa prima fase di rilevamento, conoscitiva, si è provveduto alla sola analisi dei fronti di scavo e degli affioramenti esistenti nell'area, e al momento attuale non si è provveduto all'esecuzione di specifiche indagini geologiche che dovranno essere eseguite in fase di redazione del progetto esecutivo al fine di arrivare ad un quadro conoscitivo di maggior dettaglio.

I dati così acquisiti hanno comunque permesso di acquisire le caratteristiche tecniche delle rocce d'imposta dell'impianto e pertanto di prevedere, per la messa in opera delle strutture di sostegno dei pannelli, la semplice infissione (tramite macchina battipalo) mentre la profondità d'infissione sarà da stabilire a seguito di adeguata campagna d'indagini geognostiche (per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo precedente precauzioni ed accorgimenti tecnici).

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di unità lito-stratigrafiche con permeabilità di tipo primario per porosità comprendenti i termini sabbioso-conglomeratici caratterizzati da una permeabilità variabile da medio-bassa a medio-alta; e i termini argilloso-limoso-sabbiosi affioranti in coincidenza delle aree peristagnali, di quelle a ristagno idrico e in coincidenza dei depositi antropici costituiti da livelli argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi che mostrano nel complesso permeabilità da medio-bassa a nulla. La falda freatica (di media entità) è impostata all'interno dei depositi alluvionali sia antichi sia recenti ed è alimentata principalmente dal corso di subalveo dei principali corsi d'acqua, dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace, ed è direttamente influenzata dagli apporti meteorici locali. Rilevamenti effettuati nell'area hanno evidenziato un livello freatico variabile da un minimo di - 2,5 m dal piano di campagna nel settore settentrionale a circa -9 m dal piano di campagna in quello centrale e in quello meridionale. La falda profonda è caratterizzata dalla presenza di un acquifero multistrato a profondità variabili entro livelli sabbiosi e ciottolosi di limitata potenza, intercalati a banchi con elevato contenuto d'argilla (Aquitard di maggiore spessore). Questa falda viene sfruttata tramite pozzi trivellati con profondità variabili dai 60 ai 100 metri. ***Ne consegue che le opere in progetto, compresa la linea dell'elettrodotto e le opere di sostegno dei moduli fotovoltaici non andranno ad interferire né con la falda superficiale (comunque di modesta entità) né con l'acquifero profondo localizzato all'interno delle litologie alluvionali.***

Sulla base di quanto esposto, vista la tipologia delle opere da realizzare, viste le caratteristiche morfologiche, geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area, non sono state riscontrate con questo

studio problematiche particolari quali situazioni di pericolosità, vulnerabilità e di rischio per l'opera e per l'ambiente circostante, tali da sconsigliarne la realizzazione. Pertanto gli studi e le analisi effettuate indicano che il sito è idoneo alla realizzazione dell'intervento previsto a patto che si adottino gli accorgimenti tecnici esposti nelle sezioni precedenti.

Per quanto riguarda la valutazione dei parametri geologici e geotecnici definitivi dei terreni d'imposta delle opere si rimanda alla fase di progettazione esecutiva nella quale ogni valutazione in merito dovrà essere supportata da dati che dovranno scaturire da adeguata campagna d'indagini e prove geotecniche (in situ e di laboratorio) in osservanza del D.M. 11.03.1988 Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce e del DECRETO 17 gennaio 2018 (NTC2018).