



REGIONE
SARDEGNA



PROVINCIA DI
SASSARI



COMUNE DI
SASSARI

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Sassari (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Impianto FV: Potenza nominale cc: 38,372 MWp - Potenza in immissione ca: 35 MVA
Sistema di accumulo: Potenza nominale ca: 10,00 MVA

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGIA, GEOTECNICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica AU	Documento	Codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.21	1	31	R_2.21_GEO.pdf	Novembre 2022	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	12/12/2022	I Emissione	DE CARLO	SCARDIGNO	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System S.r.l.

Via G. Mameli, n.5 70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della Marmaria Solare 1 S.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:
MARMARIA SOLARE 1 S.r.l.
Via TEVERE n° 41
00198 ROMA





INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI.....	4
3. UBICAZIONE SITI DI PROGETTO.....	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	8
5. PRIME CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO.....	13
6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	16
7. VALUTAZIONE RISCHIO FRANE ED ALLUVIONAMENTO.....	19
8. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA.....	20
9. CONCLUSIONI.....	32

ALLEGATI:

- -A.12.a.7 – Planimetria ubicazione indagini geognostiche da eseguire (scala 1:5000)
- -A.12.a.8 – Carta Geologica (scala 1:5000)
- -A.12.a.9 – Carta Geomorfologica (scala 1:5000)
- -A.12.a.10 – Carta Idrogeologica (scala 1:5000)
- -A.12.a.11 – Profili Geologici (scala 1:5000)
- -A.12.a.12 – Corografia dei Bacini Idrografici (scala 1:25000)



1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla società Marmaria Solare 1 S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione preliminare per il progetto per la **Realizzazione di un impianto agrivoltaico da ubicarsi in Sassari località Bacchileddu (SS) e delle relative opere di connessione alla futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/36 Kv della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Fumesanto Carbo – Ittiri"**. L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 58.140 moduli fotovoltaici di nuova generazione in silicio monocristallino di potenza nominale pari a 660 Wp, per una potenza complessiva di impianto pari a 38,372 MWp, da collegarsi mediante elettrodotto interrato in MT ad una stazione di trasformazione di utenza 150/36 kV da realizzarsi nel territorio comunale di Sassari (SS).

Per verificare la fattibilità geologica del progetto, il presente studio inquadra sotto il profilo geologico, idrogeologico e geomorfologico l'areale coinvolto dall'intervento. Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche *latu sensu* dell'intera area, e per escludere la presenza di elementi di criticità morfologica, il rilevamento geo-morfologico di superficie si è dimostrato utile al raggiungimento dell'obiettivo. Le informazioni che qui si presentano, tuttavia, devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati e notizie preliminari. **Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in affioramento, finalizzate alla ricostruzione del modello litotecnico e sismico dell'areale di sedime di ogni opera da realizzare. In merito, saranno eseguite le indagini geognostiche dirette ed indirette ed analisi e prove geotecniche di laboratorio, così come riportato nell'Allegato: A.12.a.7 Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche da eseguire.** Nel dettaglio saranno eseguite:

- Indagini geofisiche: n°06 MASW; n°06 sismiche a rifrazione in onda P;
- n°9 Prove penetrometriche (DPSH o CPTU);
- n°04 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di laboratorio.

Gli elaborati cartografici, prodotti in questa fase preliminare dello studio, sono riportati nei seguenti allegati:



- A12.a.7 Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche da realizzare;
- A12.a.8 Carta Geologica;
- A12.a.9 Carta Geomorfologica;
- A12.a.10 Carta Idrogeologica;
- A12.a.11 Profilo geologico;
- A12.a.12 Carta dei bacini idrografici.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI

Nella redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla normativa vigente ed alla documentazione cartografica e bibliografica esistente, di seguito riportate:

▪ **Normativa di riferimento nazionale:**

- Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n.3267 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani”;
- L.N. n.64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- 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;
- D.P.R. n.380/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- O.P.C.M. n.3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- O.P.C.M. n.3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- D.M. LL.PP. del 14.01.2008 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del C.S.LL.PP. n.617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- O.P.C.M. n.3907/2010 "Attuazione dell'art.11 del D.L. 28/04/2009, n.39, convertito con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009, n.77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- D.M. del 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni”.

▪ **Normativa di riferimento regionale:**

- Delibera del 20 marzo 2012, n. 12/21 - “L.R. n. 3/2009, art. 6, comma 7. Piano d'azione regionale per le energie rinnovabili in Sardegna. Documento di indirizzo sulle fonti energetiche rinnovabili”
- Norme di Attuazione (aggiornamento 2020) del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico - Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna.

▪ **Riferimenti cartografici e bibliografici:**

- Foglio 179 “Porto Torres” della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e “Note Illustrative”;
- Tavole 179-II-SO e 179-II-SE della Carta Topografica d'Italia. (scala 1:25.000)
- Elementi 458080, 458081, 459050 e 459090 della CTRN Sardegna (scala 1:10.000)
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (aggiornamento 2018), consultabile tramite il geoportale regionale all'indirizzo <http://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameoportale/?map=pai>

3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO

L'area da destinare all'impianto agrivoltaico è localizzata nel territorio comunale di Sassari, in Provincia di Sassari, ed è situato a circa 20 km in direzione W rispetto al centro abitato di Sassari, ad una quota media di circa 60 m s.l.m.

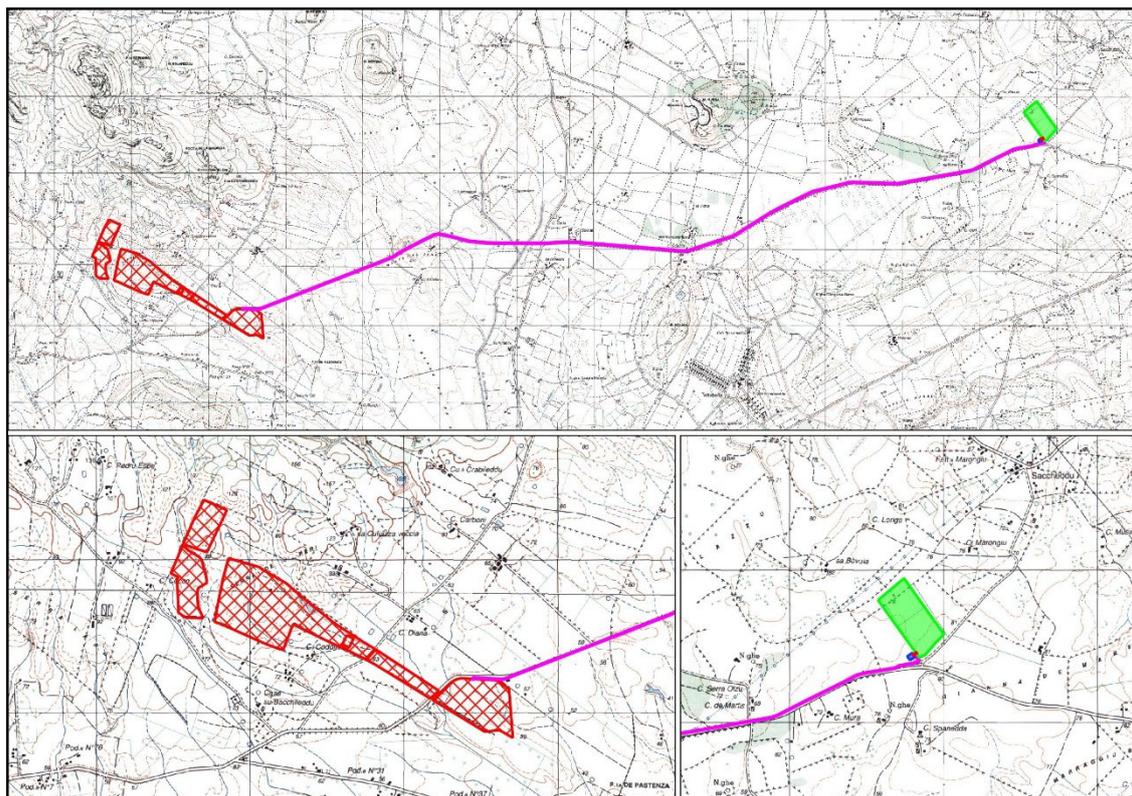


Fig 01 Ubicazione dell'area parco, del cavidotto e della Sottostazione Elettrica

Le coordinate dell'area di progetto del parco sono le seguenti:

Latitudine WGS84= 40°41'47''; Longitudine WGS84 = 8°16'17.32''

Dal punto di vista cartografico il sito ricade all'interno del Foglio 179 "Porto Torres" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Tavolette 179-II-SO e 179-II-SE della Carta Topografica d'Italia. (scala 1:25.000), Elementi 458080, 458081, 459050 e 459090 della CTRN Sardegna (scala 1:10.000). Il sito è inoltre inquadrato negli elaborati del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (aggiornamento 2018), consultabile tramite il geoportale regionale all'indirizzo

<http://www.sardegnaageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai>



4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area oggetto di studio ricade all'interno del Foglio 179 "Porto Torres" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) e vi affiorano le formazioni più antiche del basamento paleozoico ed i depositi carbonatici mesozoici, spesso ricoperti dalle coltri fluvio-lacustri, nel settore occidentale; procedendo verso est le rocce calcaree mesozoiche sono spesso ricoperte dai sedimenti marini miocenici. Localmente affiorano lembi di lave e ignimbriti del ciclo vulcanico calcalcalino oligo-miocenico.

L'area in esame si sviluppa su un vasto territorio pianeggiante, in prossimità del margine occidentale del semi-graben di età terziaria, che si approfondisce verso ovest, noto in letteratura come bacino di Porto Torres, colmato da vulcaniti e sedimenti di ambiente marino di età compresa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene superiore; la disposizione dei terreni affioranti è legata essenzialmente alle dinamiche disgiuntive attive durante il Terziario.

La geologia dell'area è legata ai principali lineamenti strutturali derivanti dall'evoluzione stratigrafica e tettonica oligo-miocenica responsabile dello sviluppo dei maggiori bacini e dell'intenso vulcanismo calcalcalino. Nel settore occidentale rilevanti sono anche le strutture riconducibili alla tettonica mesozoica, sebbene gran parte di esse siano sigillate dalle coperture vulcaniche e soprattutto sedimentarie mioceniche, e pertanto difficilmente rilevabili. Movimenti tettonici in regime distensivo riferiti all'Albiano (ca 110 Ma) caratterizzati da faglie normali con direzione principale ENE-WSW che hanno riattivato discontinuità trado-varisiche del basamento; il conseguente sollevamento del settore nord-occidentale della piattaforma carbonatica mesozoica ha causato, alla fine del Cretacico superiore, la formazione di alti strutturali e l'erosione dei depositi del Giurassico superiore e del Cretacico inferiore. In questo modo la successione carbonatica mesozoica ha iniziato a presentare spessori via via decrescenti verso NW fin dalla fase emersiva mesocretacica. Al Cretacico superiore sono inoltre attribuite due fasi tettoniche, di cui la più antica a carattere transpressivo, caratterizzata da faglie trascorrenti sinistre con associate pieghe blande a direzione NNW-SSE e faglie normali orientate NE-SW con rigetti verticali dell'ordine del centinaio di metri. Completa il quadro della tettonica mesozoica una fase tettonica distensiva attribuita al Cretacico terminale responsabile di alcune faglie dirette ad alto angolo orientate NE-SW ed immergenti verso NW, con rigetti verticali di alcune decine di metri. Tra il Cretacico superiore e il Miocene medio si sono sviluppate diverse fasi tettoniche, difficilmente vincolabili sia inferiormente che superiormente per l'assenza di marker stratigrafici, che hanno prodotto una serie di pieghe con direzione assiale circa NE-SW. Notevole importanza nella strutturazione definitiva



dell'area è assunta dalla fase tettonica distensiva del Burdigaliano (ca 20-16 Ma), alla quale è riferibile il tilting verso NE del blocco crostale della Nurra, che ha prodotto faglie ad orientazione NNW-SSE responsabili dell'approfondimento del bacino di Porto Torres verso E. Infine la fase tettonica distensiva pliocenica, ritenuta responsabile del sollevamento recente dell'area, si manifesta con faglie dirette e sollevamenti in blocco; queste faglie hanno spesso andamento meridiano ed in genere agiscono riattivando faglie precedenti e generando depressioni ad andamento N-S e ENE-WSW all'interno delle quali si conservano vulcaniti e depositi clastici miocenici.

Il complesso metamorfico del basamento affiorante lungo il bordo nord-occidentale dell'area rappresenta l'estremo lembo meridionale dei terreni metamorfici che affiorano in tutto il settore nord-occidentale della Nurra; rappresentato principalmente da filladi sericitiche e da quarziti di probabile età post siluriana – devoniana (ca 420-360 Ma), esso è caratterizzato da un grado metamorfico crescente da Sud verso Nord. In parte dell'area destinata alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico i terreni del basamento sono ricoperti da coltri fluvio-lacustri attuali e recenti e da depositi alluvionali ad elementi grossolani terrazzati. Procedendo verso Est affiorano rocce di natura calcareo-dolomitica che si mostrano con rilievi a forma di cupola, riferibili sia al Triassico che al Giurassico e al Cretaceo. Nel settore più orientale esse sono localmente ricoperte da prodotti vulcanici oligo-miocenici frequentemente rimaneggiati ed argillificati che hanno spesso costituito un efficace fattore di impermeabilizzazione sulla superficie carbonatica carsificata delle rocce sedimentarie mesozoiche. In questo settore affiorano inoltre depositi calcarenitici di detrito organico miocenici di ambiente litorale.

La ricostruzione litostratigrafica, scaturita dal rilevamento geologico di superficie esteso ad un'area più ampia rispetto a quella strettamente interessata dal progetto in epigrafe, ha messo in evidenza che le caratteristiche peculiari delle formazioni, come anche riportato nella Carta Geologica in scala 1:5000 (elaborato A.12.a.8) e schematizzato nell'elaborato Profili Geologici (A.12.a.11) sono, dall'alto verso il basso stratigrafico, quelle di seguito descritte:

a) **Depositi Fluvio-Lacustri:** costituiti da successioni eteropiche di limi ed argille, originatesi per fenomeni di decantazione nella allora piana alluvionale, conseguentemente ad episodi di alluvionamento, e di depositi ghiaiosi in matrice argilloso-limosa e/o sabbiosa, con ciottoli poligenici (frequenti ciottoli vulcanici), provenienti dall'erosione delle formazioni affioranti in gran parte dell'area di alimentazione del bacino imbrifero del Riu Barca e del Riu Mannu. I materiali di che trattasi, molto



spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa. (*Olocene*)

b) **Depositi Litorali:** costituiti da calcareniti di detrito organico, calcari sabbiosi, marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati di ambiente sublitorale-epibatiale della trasgressione medio-miocenica. (*Burdigaliano sup. - Langhiano medio-sup.*)

c) **Depositi Vulcanici:** prodotti del ciclo vulcanico calcalcalino oligo-miocenico, sono costituiti da rioliti, daciti in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici, talora con intercalazioni di livelli epiclastici. (*Oligocene sup. - Miocene inf. medio*)

d) **Litofacies Calcareao-Marnosa:** depositi carbonatici di piattaforma costituiti da calcari compatti chiari, marne e calcareniti glauconitiche sublitorali, dolomie e calcari dolomitici grigi con vene calcitiche, calcari bioclastici, calcari massicci oolitici, calcari micritici, calcari marnosi e marne. (*Giurassico inf. - Cretaceo sup.*)

e) **Basamento:** costituito da alternanze di metarenarie, filladi e filladi sericitiche e quarzifere grigie, verdastre, scure e nere (carboniose), quasi ovunque iniettate di quarzo con frequenti intercalazioni di quarzitoscisti e di quarziti compatte sericitiche, di cloritoscisti, di gneiss, di rocce verdi eruttive (gabbri, porfiriti diabasiche) e metamorfiche (anfiboliti), di quarzo clasticizzato e di minerali feriferi. (*Cambriano - Ordoviciano inf.*)

Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni di sedime, tramite sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed indagini sismiche a rifrazione in onda P e del tipo Masw, al fine di una ricostruzione dettagliata del modello litotecnico del sedime di fondazione di ogni opera da realizzare.

Di seguito si riporta lo stralcio del Foglio 179 "Porto Torres" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) con la sovrapposizione dell'impianto fotovoltaico, il cavidotto e la sottostazione (Fig 02).

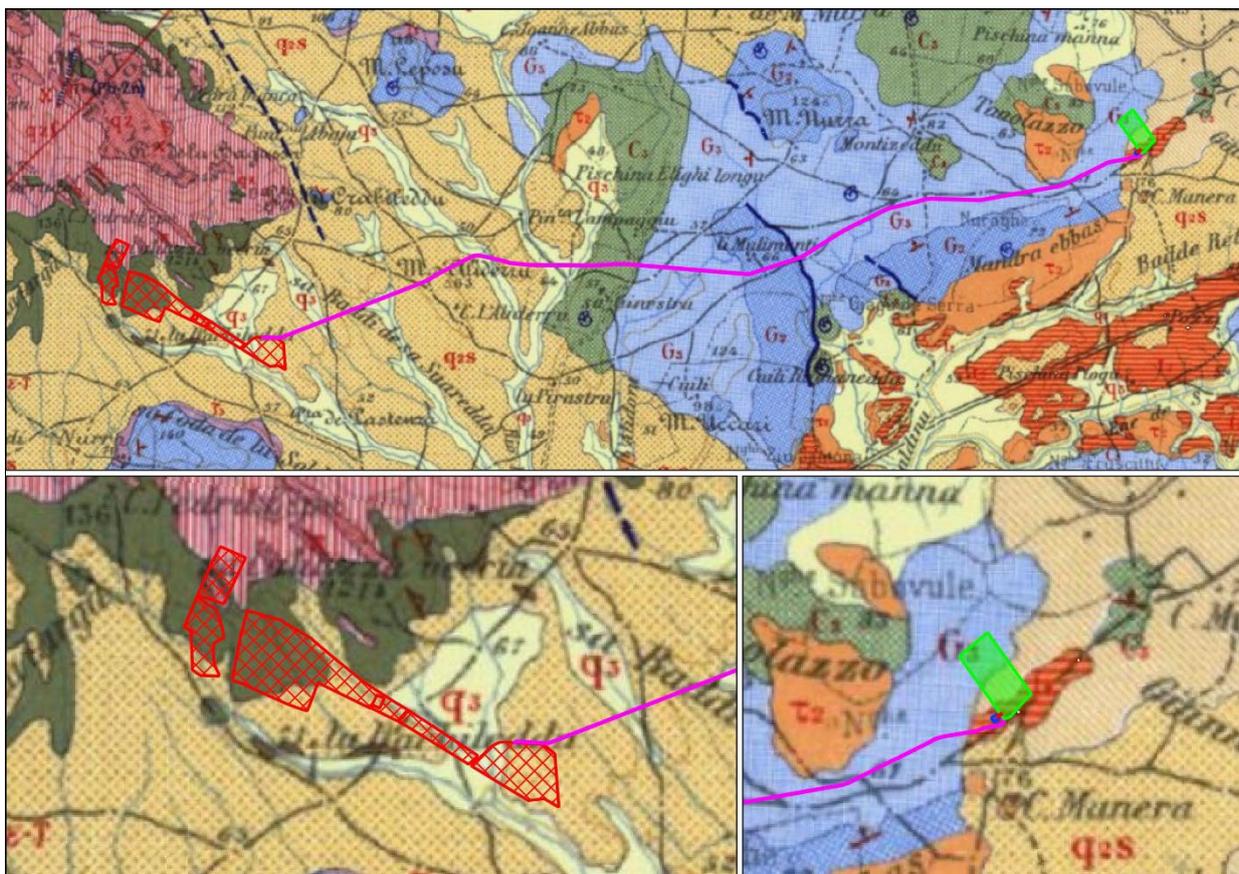


Fig. 02: Stralcio del Foglio 179 "Porto Torres" della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000 relativo al sito di progetto



5. PRIME CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO

Al fine di dare solo delle prime indicazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni in affioramento, in questo capitolo ne saranno riportati i principali parametri fisico-meccanici che scaturiscono da considerazioni macroscopiche effettuate sugli affioramenti in campagna e dalla letteratura tecnica specializzata. Tali parametri devono essere impiegati con estrema cautela in qualsiasi calcolo geotecnico, anche se preliminare, in quanto non è possibile prescindere dalla stratimetria delle singole litofacies descritte nel precedente capitolo, dal loro rapporto stratigrafico, dal loro comportamento sismoelastico. Pertanto, le suddette indicazioni devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati e notizie preliminari. *Non in ultimo i terreni di sedime delle opere previste in progetto, ovvero che costituiscono il substrato/substrato alterato, hanno una struttura complessa per l'eterogeneità delle litologie da cui è costituito (strati lapidei e pseudo-lapidei più o meno fratturati o strati argillosi o argilloso-marnosi) e per il suo grado di alterazione, evidente nelle porzioni superficiali. Questa caratteristica ne condiziona il comportamento meccanico, governato dalla geometria delle litologie, dal grado di diagenesi, dalla frequenza delle discontinuità come, piani di strato, joint o fratture. Pertanto, i dati che si potrebbero estrapolare da analisi di laboratorio sulla frazione fine di tali terreni consentirebbero l'ottenimento di risultati solo parziali, essendo indicativi delle caratteristiche di resistenza meccanica della singola componente sabbiosa o limosa, non già del comportamento del complesso nel suo insieme. Alla luce di ciò, quindi, circa la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi presenti nel sito di progetto, ci si riferirà alle caratteristiche intrinseche dei terreni presenti ed alla letteratura tecnica specializzata. Per completezza dell'argomento è il caso di sottolineare che la definizione litotecnica dell'ammasso roccioso dovrebbe scaturire da un rilievo geomeccanico ma, la mancanza di affioramenti significativi ed utili a tale studio non ha permesso alcuna considerazione in merito. È il caso di sottolineare che, a differenza di quanto avviene nelle terre sciolte, negli ammassi rocciosi la resistenza al taglio del materiale non può essere descritta con il "criterio di rottura di Coulomb". D'altra parte i "metodi di equilibrio limite" richiedono che il materiale, terra o roccia che sia, sia descrivibile attraverso i parametri di Coesione ed Angolo di Attrito. Fu Hoek & Brown a proporre un metodo che correlasse queste due grandezze a quelle utilizzate normalmente per rappresentare il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso, in modo tale da consentire l'applicazione delle formule dell'equilibrio limite anche al caso di ammassi rocciosi. Senza voler tediare ulteriormente sulla disquisizione teorica dei principi su cui si basa questo metodo, si può*



osservare come lo stesso si può utilizzare per stimare le caratteristiche di resistenza dell'ammasso in funzione della sua qualità geomeccanica, rappresentata dall'indice G.S.I. (Geological Strength Index) ricavato direttamente dall'applicazione del sistema di classificazione di Bieniawski.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sedime, dunque, in questa fase preliminare, è risultato opportuno fare riferimento e confronti con parametri di resistenza "operativi", stimati sulla base di indicazioni di letteratura e tarate sui risultati di "back analysis" (Skempton, 1977; Tavenas & Leroueil, 1981). Quindi, una volta analizzati tutti i parametri geotecnici a disposizione, tenendo conto che i parametri fisico-meccanici ricavati in laboratorio geotecnico si riferiscono a singoli campioni indisturbati, che i terreni di sedime presentano eterogeneità ed anisotropia granulometrica sia verticale che laterale, operativamente nelle verifiche geotecniche si è preferito attribuire i valori numerici non alla scala di singolo campione indisturbato (dato puntuale), ma piuttosto alla scala di "affioramento" e, cioè, tenendo conto della litologia complessiva, della giacitura degli strati, dell'idrogeologia, delle pendenze, del contesto morfoevolutivo e tettonico, e della eventuale presenza di discontinuità primarie (giunti di stratificazione) e secondarie (giunti e fessurazioni a geometria discontinua lungo i quali la coesione è praticamente nulla, sia che essi siano lisci, sia che siano scabri). In tal modo, si è pervenuti alla definizione di un modello geotecnico per il quale sono state distinte delle unità geotecniche in relazione alle intrinseche caratteristiche litologiche, di resistenza al taglio e di deformabilità.

Perciò si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche stratigrafiche, litologiche, geotecniche, idrogeologiche, sismiche dei terreni di sedime, tramite un'ideale e ragionata campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette, che potrà confermare o meno quanto si espone di seguito:

a) Unità litotecnica 1: DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI

Costituiti da successioni eteropiche di limi ed argille, originatesi per fenomeni di decantazione nella allora piana alluvionale, conseguentemente ad episodi di alluvionamento, e di depositi ghiaiosi in matrice argilloso-limosa e/o sabbiosa, con ciottoli poligenici (frequenti ciottoli vulcanici). Molto spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa. Il tutto si presenta privo di struttura, in assetto caotico, poco consistente, mediamente compressibile, plastico soprattutto nei livelli più fini:



γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.85	2.00	21	0.50	60.00	50.00	0.47

b) Unità litotecnica 2: DEPOSITI LITORALI

Sono costituiti da calcareniti di detrito organico, calcari sabbiosi, marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati di ambiente sublitorale-epibatiale della trasgressione medio-miocenica. Si presentano sempre da ben addensati fino a litificati, poco compressibili e non plastici:

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.95	2.10	28	1.00	100.00	90.00	0.44

c) Unità litotecnica 3: LITOFACIES CALCAREO-MARNOSA

Depositi carbonatici di piattaforma costituiti da calcari compatti chiari, marne e calcareniti glauconitiche sublitorali, dolomie e calcari dolomitici grigi con vene calcitiche, calcari bioclastici, calcari massicci oolitici, calcari micritici, calcari marnosi e marne. Si tratta di litologie a consistenza lapidea e, pertanto con ottimi caratteri litotecnici:

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
2.30	2.40	35	5.00	200.00	190.00	0.40

d) Unità litotecnica 3: COMPLESSO VULCANICO (Depositi Vulcanici - Basamento)

Da un punto di vista applicativo, il complesso litologico presenta degli ottimi caratteri geotecnici in quanto si tratta di materiale non plastico, non compressibile, con elevata resistenza a taglio ed a compressione monoassiale, seppur variamente fratturato:

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
2.30	2.35	40	5.00	400.00	350.00	0.35

Legenda:

γ_{nk} (t/m³): Peso dell'unità di volume; γ_{satk} (t/m³): Peso dell'unità di volume saturo; ϕ'_k (gradi): Angolo di attrito interno; C'_k (t/m²): Coesione consolidata-drenata; Cu_k (t/m²): Coesione non consolidata-non drenata; Ed'_k (kg/cm²): Modulo Edometrico; E (kg/cm²): Modulo Elastico λ : Coefficiente di Poisson



6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche proprie dei litotipi presenti, come la composizione granulometrica, il grado di addensamento o consistenza dei terreni, nonché dal grado di fratturazione dei livelli lapidei o pseudo-lapidei e, più in generale, dalla loro porosità. Sulla base di tali parametri, quindi, è stata redatta la Carta Idrogeologica (allegato A.12.a.10) ed i terreni affioranti sono stati raggruppati in complessi idrogeologici, in relazione alle proprietà idrogeologiche che caratterizzano ciascun litotipo.

I complessi idrogeologici scaturiti dalle formazioni presenti possono essere così raggruppati e caratterizzati:

1. **Terreni mediamente permeabili** (coefficiente di permeabilità dell'ordine di $K = 10^{-4} - 10^{-5}$ m/s): Fanno parte di tale complesso idrogeologico le unità litologiche come i *Basalti*, i *Tufi Basaltici* e il *Tufo Calcareo*. I depositi vulcanici (*Basalti*, i *Tufi Basaltici*) evidenzia in generale una serie di fratturazioni di raffreddamento e di detensionamento, con una matrice differentemente alterata, da molto a parzialmente arenizzata con nuclei di roccia moderatamente dura. Sono caratterizzate da una *permeabilità secondaria per fatturazione* dovuta ai giunti di stratificazione, all'azione tettonica, quindi, alla fatturazione della roccia (*diaciasi* e *leptociasi*) in cui i moti di filtrazione sono essenzialmente verticali o subverticali. Anche il *Tufo Calcareo* è caratterizzato da una *permeabilità secondaria per fatturazione e per carsismo* dovuta ai giunti di stratificazione, all'azione tettonica, quindi, alla fatturazione della roccia (*diaciasi* e *leptociasi*), ed ai fenomeni chimico-fisico-meccanici. Questi ultimi assumono rilevante importanza in quanto la natura carbonatica della roccia affiorante permette la sua solubilità in acqua o l'attaccabilità da parte delle acque debolmente acide, quali sono le acque meteoriche. Le azioni chimico-dissolutive, sommate alle azioni meccaniche delle acque correnti, hanno prodotto meati all'interno delle suddette rocce che si esplicano con l'accumulo di grossi quantitativi di acque in profondità di molte decine di metri, tali da non interferire con l'area in esame.

Le prime decine di metri, a partire dal piano campagna, si ha un aumento della permeabilità in quanto i litotipi risentono maggiormente degli effetti dei fenomeni di alterazione. Le stesse fratture risultano avere spaziatura maggiore, quindi non risultano serrate, ma, se non beanti, appaiono riempite da materiali residuali. Con l'aumento della profondità, invece, il grado di permeabilità diminuisce fino a diventare medio-basso essenzialmente per fratturazione, infatti anche se la roccia evidenzia ancora un



alto grado di fratturazione, le stese discontinuità risultano essere maggiormente serrate per effetto dell'incremento dell'azione del *carico litostatico* che, per l'appunto aumentando con la profondità, provoca sui materiali interessati un effetto "imballaggio" sempre più spinto, tanto che le discontinuità risultano perfettamente "combacianti" (fratture composte) e "serrate". Il tutto permette l'accumulo anche di importanti acquiferi ad una profondità del livello statico di qualche decina di metri a partire dal piano campagna.

2. **Terreni impermeabili** (coefficiente di permeabilità dell'ordine di $K= 10^{-7} - 10^{-8}$ m/s): *Marne grigio azzurre*. I terreni di questa unità formazionale sono da ritenersi impermeabili, in quanto, anche se dotati di *alta porosità primaria*, è praticamente impermeabile a causa delle ridottissime dimensioni dei pori nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione. Ne deriva una circolazione nulla o trascurabile. Inoltre, trattandosi di argilla, anche se coesiva, è comunque soggetta a fessurarsi e a richiudere rapidamente le discontinuità con un comportamento di tipo plastico. Nell'insieme, il complesso litologico è da considerarsi scarsamente permeabile, in quanto anche la permeabilità dei livelli sabbiosi è del tutto controllata dalla frazione argillosa. Tali terreni fanno da substrato impermeabili alle unità litologiche afferenti al *Complesso Idrogeologico I*, ovvero ai *Terreni mediamente permeabili* sopra descritti.

Il modello idrogeologico dell'area è rappresentato da **Terreni mediamente permeabili** afferenti i *Basalti*, i *Tufi Basaltici* e il *Tufo Calcareao* che hanno uno spessore di qualche centinaia di metri e che, per il loro carattere di *permeabilità in grande per fratturazione e per porosità*, garantiscono l'infiltrazione delle acque meteoriche, specialmente in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate o nelle fasce arenizzate, veicolandole in profondità dove, diminuendo il grado di permeabilità, e il contatto con i **Terreni impermeabili** delle *Marne grigio azzurre*, si creano le condizioni ideali per la formazione di acquiferi anche importanti, ubicati sicuramente a profondità considerevoli (comunque di alcune decine di metri rispetto al p.c.). Infatti, è possibile affermare che in questi litotipi l'esistenza di un acquifero è da ricercare in profondità tali da non interferire con il progetto in parola, mentre è possibile che si possa creare un regime di permeazione superficiale in concomitanza dei eventi meteorici abbondanti. In merito a quest'ultimo punto, è il caso di sottolineare che l'impianto fotovoltaico è costituito da poche opere che interagiscono con i terreni di sedime ed essenzialmente da: paletti di ancoraggio su cui vengono montati i pannelli fotovoltaici, la viabilità, il cavidotto e la fondazione della sottostazione elettrica. Nel caso in esame il progetto è stato concepito in modo tale da interferire al minimo con la



morfologia dei luoghi, evitando scavi e rinterrati (l'unico scavo di circa 1.20/1.30 m di altezza per una larghezza di 30/40 cm riguarda il cavidotto) e, allo stesso modo, con il contesto idrogeologico in cui il progetto si inserisce. Infatti, i pannelli saranno allocati su pali di ancoraggio che avranno profondità di infissione trascurabili (compresa entro 2.00/2.50 m) e distanziati tra di loro in modo tale da non creare quel dannoso "effetto diga", ovvero non interferiranno con il normale deflusso di eventuali circolazioni di acque effimere che dovessero crearsi in ambito superficiale in occasione di eventi meteorici eccezionali; il cavidotto avrà una profondità minima tanto da interessare essenzialmente il terreno vegetale humificato o i primi decimetri delle coltri di alterazione; inoltre per la maggior parte, seguirà la viabilità esistente, mentre gli attraversamenti di corsi d'acqua in generale sarà effettuata tramite T.O.C., proprio onde evitare ogni interferenza con il normale deflusso delle acque incanalate (reticolo idrografico). In più, oltre alle strade, anche le piazzole di servizio saranno realizzate in misto granulare, ovvero con materiale drenante, al fine di minimizzare l'interferenza con l'attuale corrivazione delle acque meteoriche superficiali, nonché con il loro seppur minimo drenaggio nei livelli più superficiali dei terreni in affioramento. Alla luce di tali considerazioni risulta chiaro che il contesto idrogeologico rimane praticamente invariato, indipendentemente dalla presenza di ipotetici acquiferi superficiali.

Inoltre in tutta l'area indagata non sono state rilevate sorgenti o emergenze di acquiferi superficiali, né pozzi, tanto da poter scongiurare ogni tipo di interferenza tra il progetto del parco fotovoltaico e queste/questi ultimi, così come anche riportato dalle cartografie consultate.

Per la rappresentazione cartografica della idrogeologia si rimanda all'Allegato A.12.a.10.

7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE ED ALLUVIONE

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) rappresenta uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico del territorio. L'esame degli elaborati cartografici del PAI dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, nelle cui competenze ricade l'intero territorio dell'area parco, ha evidenziato che solo il cavidotto attraversa, per un breve tratto lungo la SP65, un areale definito a *pericolosità media Hg2* (per cui è richiesto lo studio di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art. 25 delle norme di attuazione del PAI vigente) che interessa un'area di cava. Le restanti porzioni non ricadono in areali a rischio da frana, a pericolosità geomorfologica o idraulica (Fig.3).

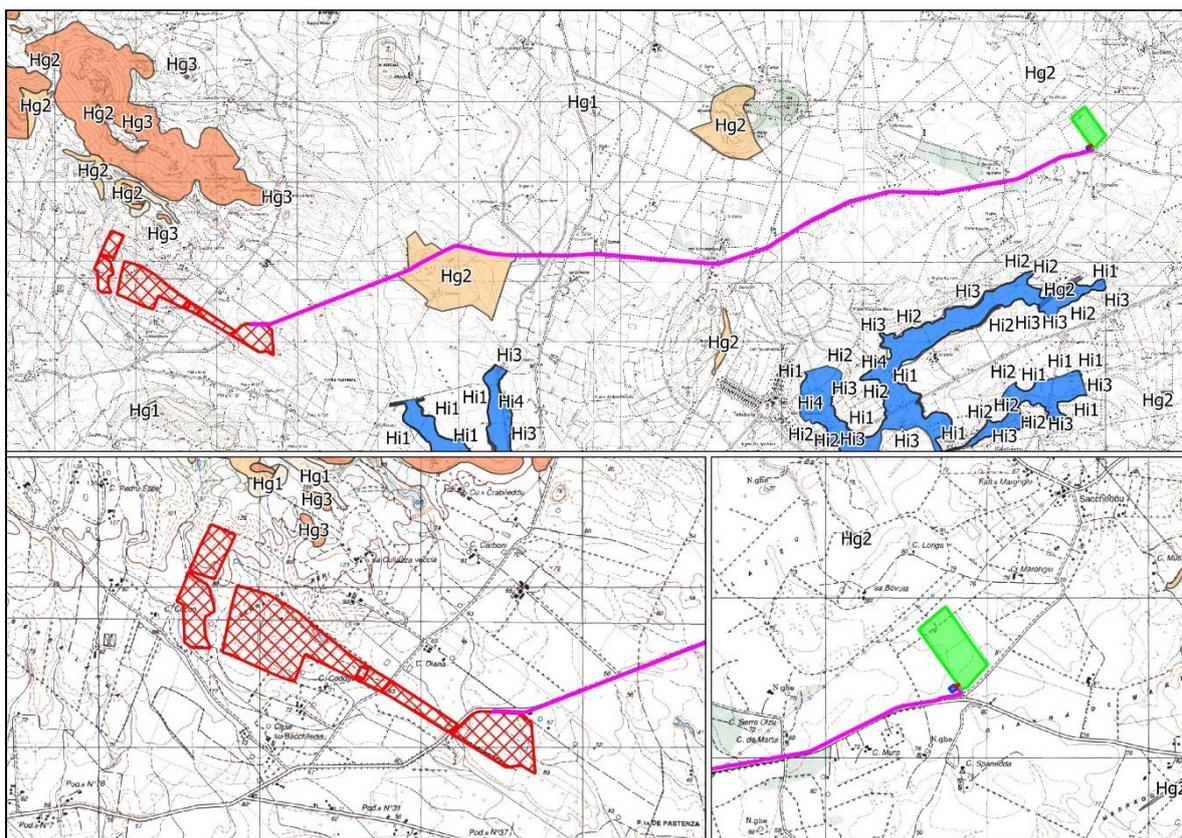


Fig. 03: PAI dell'AdB – Sede Sardegna, con ubicazione dell'area di sedime, del cavidotto e delle sottostazioni

Pertanto, in riferimento alle norme d'attuazione del PAI, gli interventi previsti in progetto non sono soggetti a particolari prescrizioni salvo quelle di rito. Di conseguenza, si esprime giudizio positivo sulla loro fattibilità e compatibilità idrogeologica.



8. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA

La configurazione morfologica dell'area in studio è condizionata dalle caratteristiche litologiche, dall'assetto stratigrafico dei terreni affioranti e dall'azione modellatrice delle acque. Nell'insieme il paesaggio è caratterizzato dalla presenza di un vasto territorio pianeggiante la cui uniformità è interrotta da piccoli rilievi cupoliformi, con forme arrotondate ed addolcite dal modellamento dei versanti durante il lungo periodo di emersione, impostati sulle formazioni carbonatiche e dolomitiche mesozoiche. Rilievi più accidentati sono presenti in corrispondenza dei termini metamorfici del basamento paleozoico.

Le aree del progetto si sviluppano su morfologia poco inclinata, impostata su un substrato prevalentemente calcareo dolomitico di ambiente marino, spesso ricoperto da una coltre fluvio-lacustre, nel settore occidentale, e da depositi terrigeni miocenici di ambiente litorale con lembi di depositi vulcanici oligo-miocenici, nel settore più orientale. Il territorio si distribuisce nel bacino idrografico del Riu Barca il cui reticolo presenta pattern poco ramificato che si sviluppa prevalentemente su un sistema di valli arrotondate o dal fondo piatto.

L'attuale morfologia è probabilmente legata alla progressiva dissezione di una superficie di spianamento da parte delle acque di dilavamento e dei corsi d'acqua, responsabili dell'erosione della parte alta dell'antico rilievo spianato che conserva forme relitte contraddistinte da modesti rilievi cupoliformi, con elevazione uniforme in progressivo aumento verso est e versanti con forme addolcite.

In un intorno significativo e negli stessi siti di progetto non sono state riconosciute forme gravitative legate a movimenti di versante in atto o in preparazione tali da compromettere la fattibilità degli interventi da realizzare; infatti, l'andamento morfologico risulta piuttosto regolare. Tale valutazione è congruente con gli strumenti normativi adottati a scala di bacino (Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico - Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna). I siti, infatti non ricadono in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana per i quali il progetto risulti incompatibile, né interessate da fenomeni di alluvionamento, ad esclusione del cavidotto che attraversa, per un breve tratto lungo la SP65, un areale definito a *pericolosità media Hg2*

Dall'analisi stereoscopica delle foto aeree di qualche anno fa e dal rilevamento geomorfologico in sito, è stato possibile verificare che i pendii in studio presentano un andamento morfologico regolare senza segni di forme e fenomeni di movimenti gravitativi in atto o in preparazione. Inoltre, non sono stati rilevati quei fattori predisponenti al dissesto,

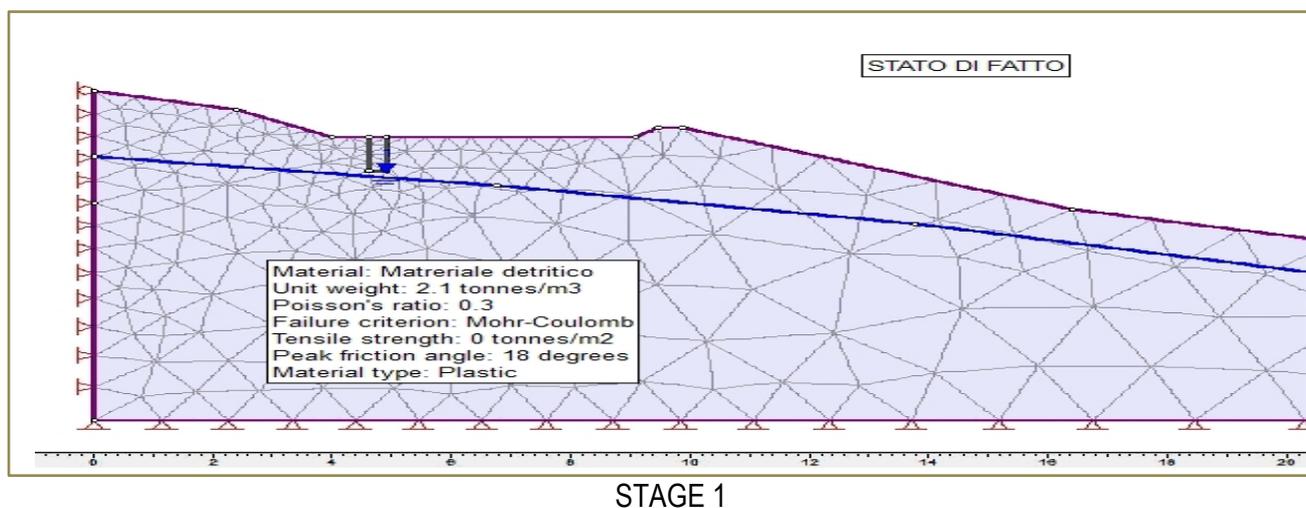


infatti: le pendenze sono poco accentuate, con un angolo medio non superiore a 10° e le caratteristiche litotecniche sono più che soddisfacenti.

L'andamento essenzialmente subpianeggiante della porzione di territorio interessato dal progetto in parola, oltre a garantirne la sua stabilità "per posizione", permetterà la realizzazione delle opere minimizzando la movimentazione di terreno, ovvero gli scavi saranno contenuti sia per l'area parco, sia per la sottostazione elettrica, nonché per le strade; tali opere saranno praticamente a "raso" rispetto al piano campagna e, quindi, si procederà essenzialmente allo scotico del terreno vegetale ed alla regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto utilizzando materiale arido. La stessa realizzazione del campo fotovoltaico non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; anzi si avrà un consolidamento circoscritto dei terreni per l'"effetto chiodante" dei pali di ancoraggio dei pannelli fotovoltaici.

Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate, né tantomeno il contesto idrogeologico degli areali interessati; in merito, di seguito, si dimostrerà analiticamente come le condizioni tensionali nel terreno, *ante e post operam* del cavidotto, rimarranno pressoché le stesse. Questo risultato è facilmente intuibile per l'estrema superficialità e "lievità" dell'intervento che non interesserà volumi di terreno significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Quindi, la limitatezza e l'inconsistenza dei volumi di terreno coinvolti, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione, non potranno in nessun modo compromettere l'equilibrio dei luoghi che, comunque, si presentano macroscopicamente ed oggettivamente stabili. Anche le metodologie di scavo che si intenderanno utilizzare, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei terreni attraversati. Comunque, in particolari condizioni morfologiche, ad esempio negli attraversamenti dei corsi d'acqua, come già accennato, sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). La trivellazione orizzontale controllata, chiamata anche perforazione orizzontale controllata (HDD), o perforazione direzionale teleguidata, è una vantaggiosa alternativa ai tradizionali metodi d'installazione di linee di servizio. Infatti, una volta studiato la geometria dell'elemento da attraversare, con tale tecnologia è possibile passare con la perforazione e, dunque, con il cavidotto, in totale sicurezza al disotto del corso d'acqua.

Come già sopra premesso, per la realizzazione del cavidotto, ad esclusione degli attraversamenti di fossi o corsi d'acqua, saranno coinvolti volumi di terreno poco significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Infatti, la profondità sarà compresa entro 1.20/1.30 m, mentre la larghezza sarà di circa 30/40 cm. Pertanto, lo scavo interesserà il primo livello dei terreni di copertura humificati nei tratti in cui si svilupperà in "aperta campagna", mentre su tratti stradali (asfaltati e non) si attesterà immediatamente al disotto della massicciata stradale e, comunque, nei primi decimetri dei materiali di copertura. Quindi, appurato macroscopicamente la stabilità delle aree in cui il cavidotto stesso si sviluppa, in considerazione che da un punto di vista geologico-tecnico, in nessun modo si andrà ad interessare i terreni di substrato che, pertanto, per tale opera vengono trascurati, mentre si dimostrerà analiticamente, anche se è facilmente intuibile, che gli scavi per la realizzazione del cavidotto sono previsti di dimensioni trascurabili tanto da non modificare lo stato dei luoghi, sia per quanto concerne le *tensioni nel terreno*, sia, di conseguenza, i *fattori di stabilità e di sicurezza* degli areali attraversati che risultano, comunque, pianeggianti. Seppure le minime variazioni interessino esclusivamente i volumi di terreno strettamente localizzati al contorno dello scavo, non si evince alcuna ripercussione sullo stato *tensio-deformativo* delle aree attraversate. In tal senso, si riporta di seguito una semplice dimostrazione analitica di quanto appena espresso, ad esempio "in termini di *tensioni verticali geostatiche* (σ_1)", per una situazione abbastanza frequente di posizionamento del cavidotto lungo una strada. A favore di sicurezza si è considerato che il cavo sia posato in terreni detritici a scadenti caratteristiche geotecniche così come di seguito schematizzato:



La larghezza stradale, l'inclinazione del piano di campagna, ecc. sono da ritenersi molto cautelative rispetto all'effettiva morfologia dei luoghi che è sempre pressoché pianeggiante.

La qualità geotecnica dei terreni sommitali è stata volutamente considerata decisamente scarsa in modo da simulare terreni detritici o di alterazione.

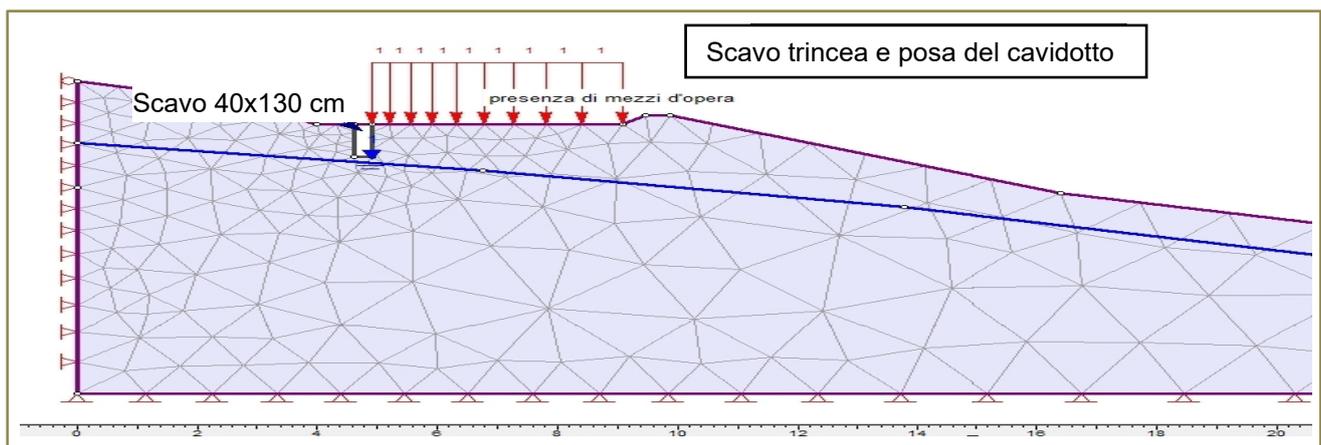
I valori dei parametri fisico-meccanici assunti non hanno nessuna importanza per la finalità dell'esempio che, invece, vuole evidenziare come non si ha alcuna variazione tensionale, a prescindere dalle caratteristiche litotecniche del terreno attraversato dal cavidotto elettrico.

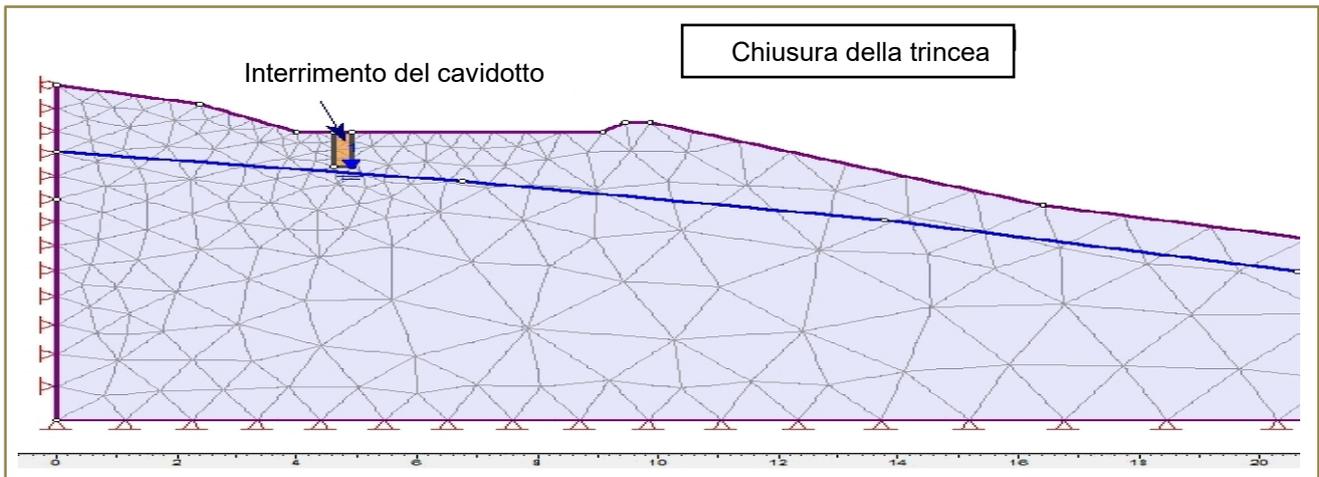
A vantaggio di calcolo è stata prevista anche la falda nello strato detritico o di alterazione.

Tramite un **modello di calcolo F.E.M.** (*Metodo agli elementi finiti*) sono stati previsti n° 3 stages (fasi) ed in particolare:

- Stage 1: Stato di fatto (di riferimento iniziale)
- Stage 2: fase di scavo e posa del cavidotto
- Stage 3: rinterro dello scavo.

Dal momento che le operazioni dello Stage 2 e 3 sono eseguite in un lasso di tempo limitatissimo tra la fase di scavo, posa e quella di rinterro, in questo esempio, non è stato preso in considerazione alcun fenomeno sismico, anche perché non necessario agli scopi dimostrativi della quasi inesistente variazione del regime tensionale verticale nei terreni.





STAGE 3

Le informazioni sui dati e sui risultati principali sono riportate di seguito:

Phase2 Analysis Information

Document Name

sezione tipo condotta 1strato rev2.fez

Project Settings

General

Project Title: sezione su strada condotta
Number of Stages: 3
Analysis Type: Plane Strain
Solver Type: Gaussian Elimination
Units: Metric, stress as tonnes/m²

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 500
Tolerance: 0.001
Number of Load Steps: Automatic

Groundwater

Method: Piezometric Lines
Pore Fluid Unit Weight: 0.981 tonnes/m³

Field Stress

Field stress: gravity
Using actual ground surface
Total stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 1
Total stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 1
Locked-in horizontal stress (in-plane): 0
Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

Mesh

Mesh type: graded
Element type: 3 noded triangles
Number of elements on Stato di fatto: 368
Number of nodes on Stato di fatto: 220
Number of elements on Scavo e posa condotta: 368
Number of nodes on Scavo e posa condotta: 220
Number of elements on Chiusura scavo: 368
Number of nodes on Chiusura scavo: 220

Material Properties

Material: Materiale detritico



Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 2.1 tonnes/m³
Elastic type: isotropic
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 tonnes/m²
Peak friction angle: 18 degrees
Peak cohesion: 0 tonnes/m²
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 18 degrees
Residual Cohesion: 0 tonnes/m²
Piezo to use: 1
Hu Type: Custom
Hu value: 1

Material: riempimento scavo

Initial element loading: body force only
Unit weight: 2.2 tonnes/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 500 tonnes/m²
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 tonnes/m²
Peak friction angle: 35 degrees
Peak cohesion: 0 tonnes/m²
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 35 degrees
Residual Cohesion: 0 tonnes/m²
Piezo to use: None
Ru value: 0

Areas of Excavated and Filled Elements

Scavo e posa condotta

Material: Matreriale detritico, Area Excavated: 0.60 m²

Chiusura scavo

Material: riempimento scavo, Area Filled: 0.60 m²

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas
Excavation Area: 0.60 m²
Excavation Perimeter: 3.80 m
External Boundary Area: 212.027 m²
External Boundary Perimeter: 74.116 m

Stato di fatto

Excavation Area: 0.60 m² (-5.0119e-⁰⁰⁵ m² change from original area)
Excavation Perimeter: 3.80 m (-0.00448978 m change from original perimeter)
External Boundary Area: 212.280 m² (0.252363 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 74.048 m (-0.0675524 m change from original perimeter)
Volume Loss to Excavation: -82.6102 %

Scavo e posa condotta

Excavation Area: 5.118 m² (2.81208 m² change from original area)
Excavation Perimeter: 11.682 m (8.13233 m change from original perimeter)
External Boundary Area: 213.248 m² (1.22127 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 84.044 m (9.92811 m change from original perimeter)
Volume Loss to Excavation: -399.778 %

Chiusura scavo

Excavation Area: 5.117 m² (2.81158 m² change from original area)
Excavation Perimeter: 11.670 m (8.13315 m change from original perimeter)
External Boundary Area: 213.324 m² (1.29639 m² change from original area)



External Boundary Perimeter: 84.050 m (9.93367 m change from original perimeter)
Volume Loss to Excavation: -424.37 %

Displacements

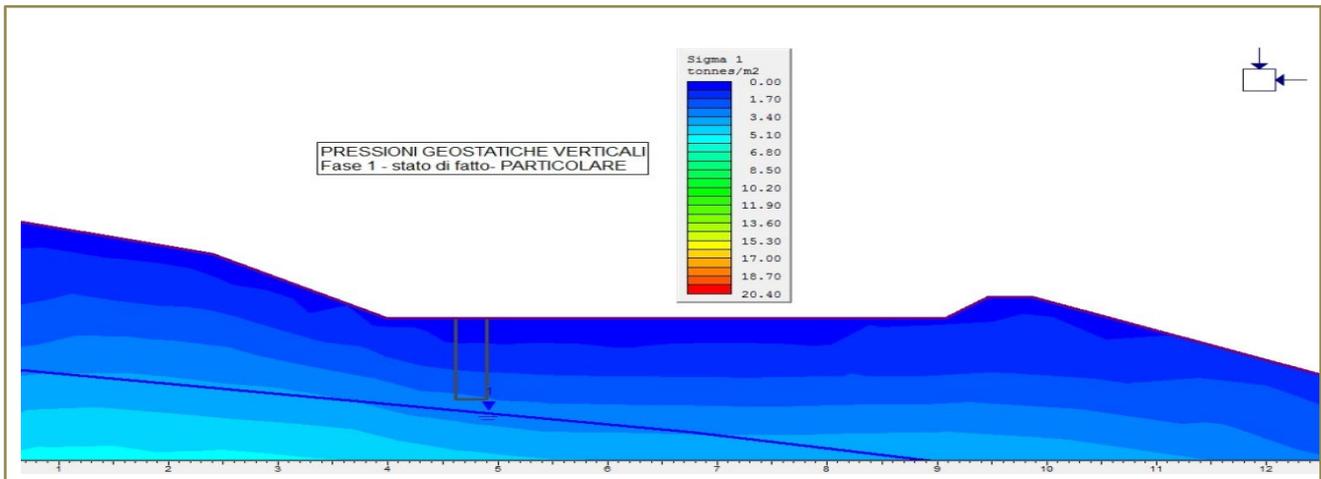
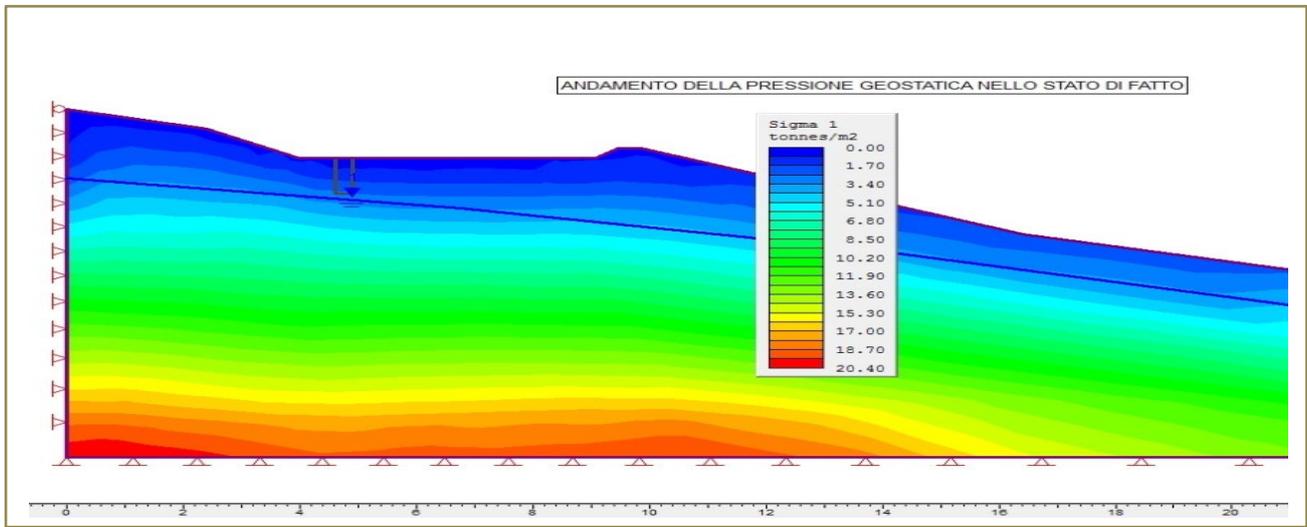
Maximum total displacement for Stato di fatto: 0.110545 m
Maximum total displacement for Scavo e posa condotta: 0.125059 m
Maximum total displacement for Chiusura scavo: 0.126825 m

Yielded Elements

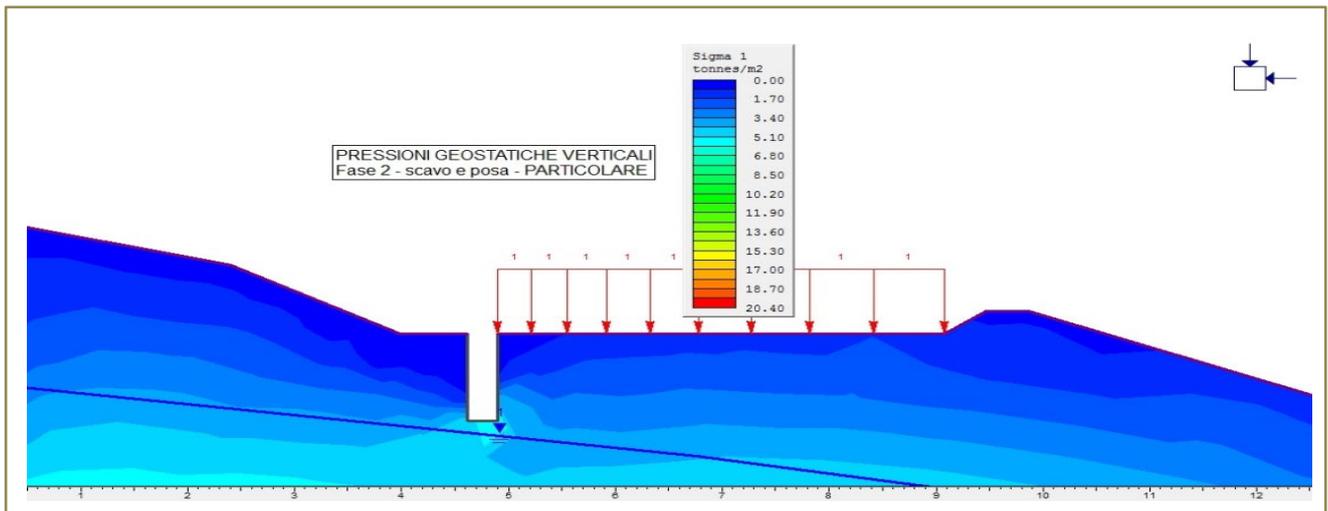
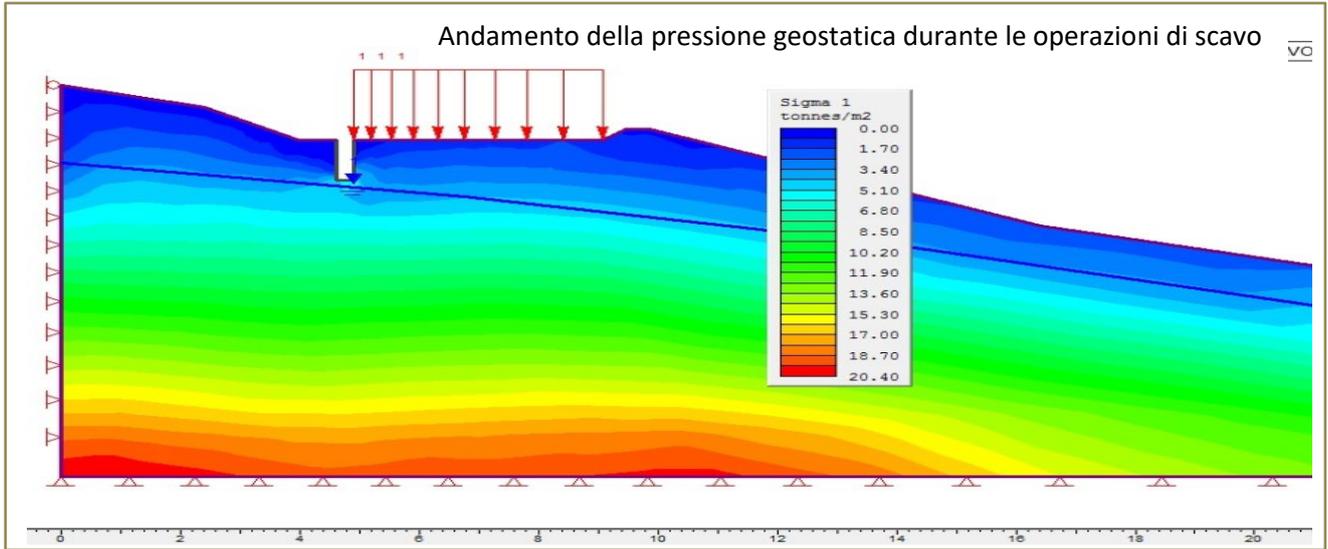
Yielded Mesh Elements

Number of yielded mesh elements on Stato di fatto: 486
Number of yielded mesh elements on Scavo e posa condotta: 482
Number of yielded mesh elements on Chiusura scavo: 500

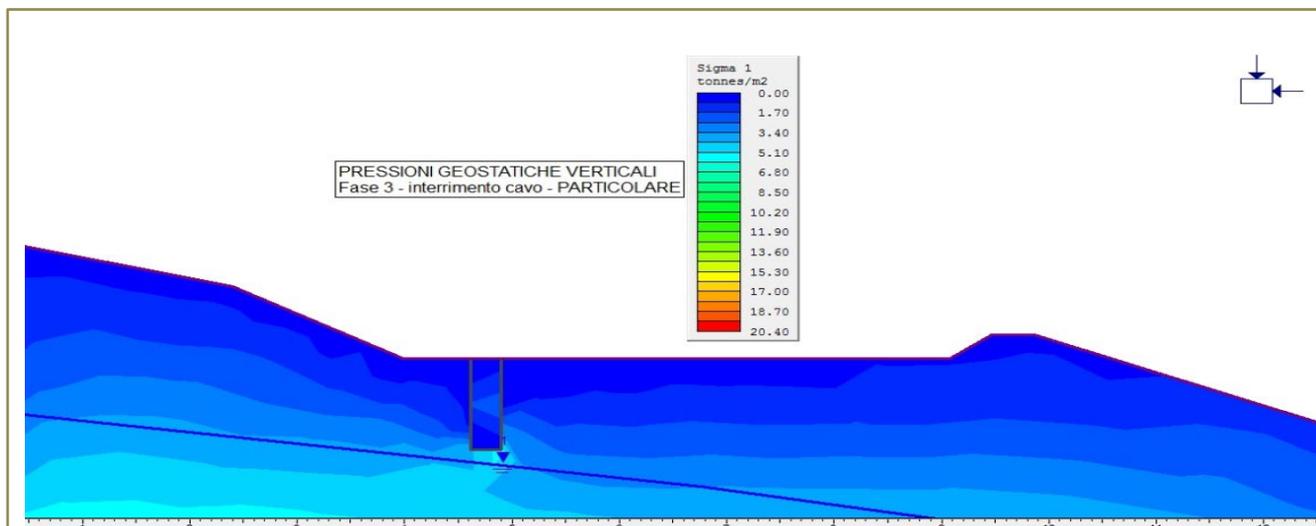
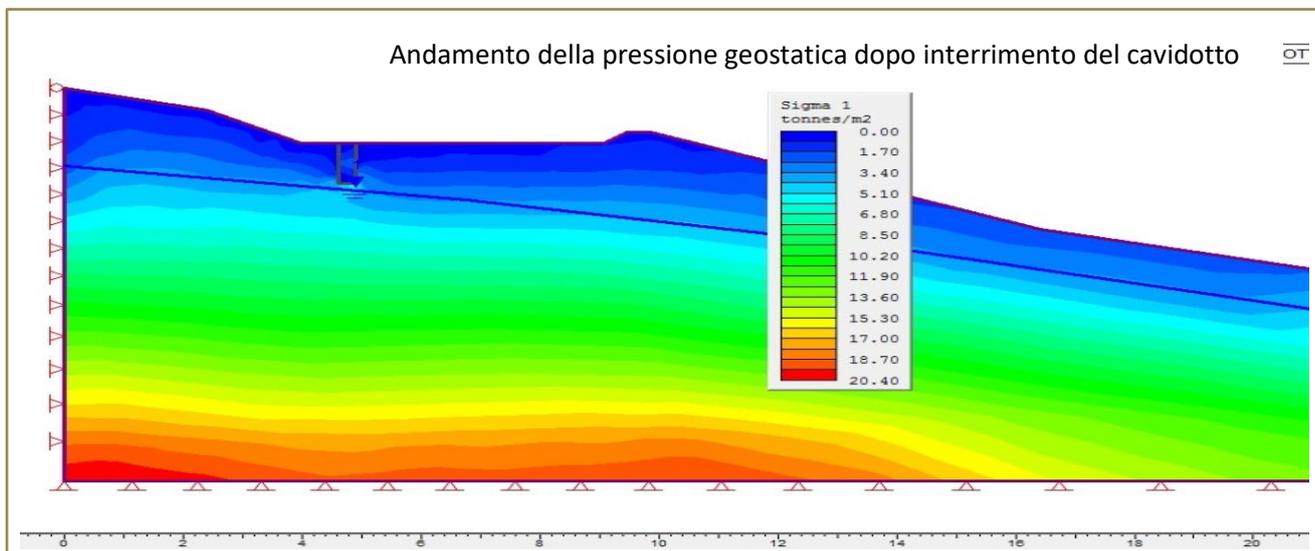
I risultati delle analisi FEM sono compendati dai grafici successivi che non hanno bisogno di commento:



STAGE 1: σ_1



STAGE 2: σ_1



STAGE 3: σ_1

Come si può notare dalle figure dello Stage 1 allo Stage 3, la condizione *tensionale* σ_1 è praticamente la stessa (sia nel contesto generale che nel dettaglio). Questo risultato è facilmente intuibile per la limitatezza degli scavi da eseguire che, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione (non secondaria quando si opera in terreni di tale natura), non intaccano minimamente i *fattori di*

sicurezza preesistenti delle aree attraversate dall'opera a rete. Di conseguenza, è possibile affermare che la realizzazione del progetto di che trattasi in nessun modo va ad interferire con l'attuale stato di



equilibrio dei luoghi e, quindi, delle cose che ivi ricadono nelle immediate vicinanze, garantendo, allo stesso tempo, anche la stabilità dei fronti di scavo. Inoltre, assolutamente è ininfluente sul grado di *pericolosità* e *rischio idrogeologico* delle aree di sedime. Anche le metodologie di scavo, come avanti riportato, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei luoghi. In merito, l'ottimizzazione del progetto ha tenuto

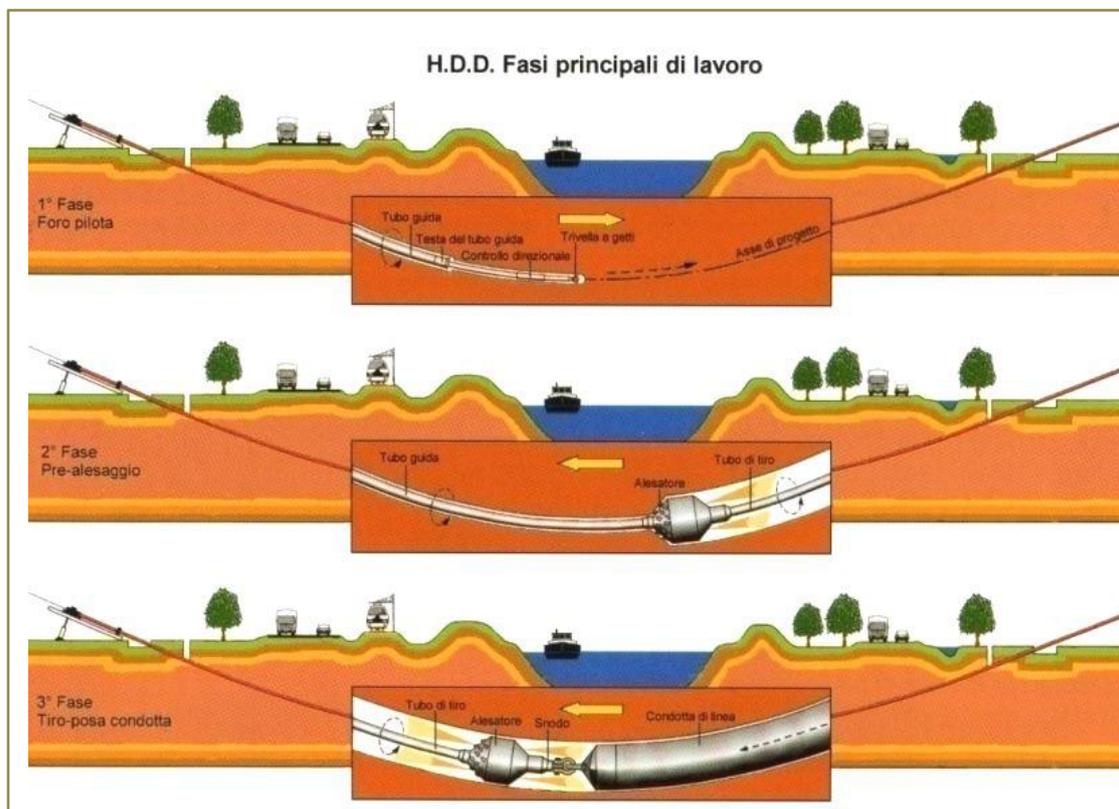
conto della grande valenza ambientale, evitando, in tal senso, di operare scavi di sbancamento e di minimizzare quelli delle trincee in cui posare il cavidotto. Nel dettaglio, saranno eseguite microtrincee tramite un'apposita attrezzatura "trencher" (rif. figura laterale) che riduce sia i volumi di scavo che i tempi di realizzazione. Nei terreni di che trattasi sono stimati scavi di lunghezza di oltre un chilometro al giorno.

I materiali utilizzati per i rinterri saranno scelti in funzione dei luoghi o delle strade attraversate, ovvero per gli scavi eseguiti in aperta campagna sarà riutilizzato, previo allettamento del cavo, il terreno di scavo stesso idoneamente compattato in modo tale da ripristinare i luoghi nelle stesse condizioni ambientali ante operam; sulle strade asfaltate o sterrate, il rinterro sarà eseguito con idoneo materiale arido posto in opera a perfetta regola d'arte al fine di ripristinare il piano viabile nelle condizioni iniziali. Chiaramente i fisiologici assestamenti che si potrebbero verificare, saranno ripristinati tempestivamente in modo da garantire la fruibilità della circolazione veicolare in sicurezza.

Per quanto riguarda gli attraversamenti di aree a pericolosità idraulica (alluvionamento), sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). L'utilizzo di tali tecnologie, nella progettazione esecutiva, sarà necessariamente supportato da studi geologici specifici corredati da sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed indagini geofisiche necessarie alla ricostruzione del modello litotecnico del sottosuolo da attraversare con la trivellazione. Chiaramente la profondità della trivellazione (TOC) da utilizzare nei sotto-

attraversamenti sarà valutata di volta in volta alla luce delle risultanze geognostiche; ad esempio, sarà stabilita anche da un apposito studio della "curva di fondo" del corso d'acqua,

Nella figura sottostante è mostrato uno schema della T.O.C.:



Per la rappresentazione cartografica della geomorfologia si rimanda all'Allegato A.12.a.9.



9. CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dalla società Marmaria Solare 1 S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione preliminare per il progetto per la **Realizzazione di un impianto agrivoltaico da ubicarsi in Sassari località Bacchileddu (SS) e delle relative opere di connessione alla futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/36 Kv della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Fumesanto Carbo – Ittiri"**.

Per verificare la fattibilità geologica del progetto, il presente studio preliminare inquadra sotto il profilo geologico, idrogeologico e geomorfologico l'areale coinvolto dall'intervento. Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche *latu sensu* dell'intera area, e per escludere la presenza di elementi di criticità morfologica, il rilevamento geo-morfologico di superficie si è dimostrato utile al raggiungimento dell'obiettivo. Le informazioni ottenute, tuttavia, devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati e notizie preliminari. Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in affioramento, finalizzate alla ricostruzione del modello litotecnico e sismico dell'areale di sedime di ogni opera da realizzare. In merito, saranno eseguite le indagini geognostiche dirette ed indirette ed analisi e prove geotecniche di laboratorio. La progettazione definitiva ed esecutiva, infatti, certamente impone una campagna d'indagini geognostiche finalizzata ad ottenere tutti i dati necessari per una corretta progettazione delle fondazioni della cabina della stazione utente e per la definizione delle profondità a cui ancorare i pali di fissaggio dei pannelli fotovoltaici.

L'andamento essenzialmente subpianeggiante della porzione di territorio interessato dal progetto in parola, oltre a garantirne la sua stabilità "per posizione", permetterà la realizzazione delle opere minimizzando la movimentazione di terreno, ovvero gli scavi saranno contenuti sia per l'area parco, sia per la sottostazione elettrica, nonché per le strade; tali opere saranno praticamente a "raso" rispetto al piano campagna e, quindi, si procederà essenzialmente allo scotico del terreno vegetale ed alla regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto utilizzando materiale arido. La stessa realizzazione del campo fotovoltaico non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; anzi si avrà un consolidamento circoscritto dei terreni per l'"effetto chiodante" dei pali di ancoraggio dei pannelli fotovoltaici.



Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate, né tantomeno il contesto idrogeologico degli areali interessati. Questo risultato è facilmente intuibile per l'estrema superficialità e "lievità" dell'intervento che non interesserà volumi di terreno significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Quindi, la limitatezza e l'inconsistenza dei volumi di terreno coinvolti, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione, non potranno in nessun modo compromettere l'equilibrio dei luoghi che, comunque, si presentano macroscopicamente ed oggettivamente stabili. Anche le metodologie di scavo che si intenderanno utilizzare, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei terreni attraversati. Comunque, in particolari condizioni morfologiche, ad esempio negli attraversamenti dei corsi d'acqua, come già accennato, sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). La trivellazione orizzontale controllata, chiamata anche perforazione orizzontale controllata (HDD), o perforazione direzionale teleguidata, è una vantaggiosa alternativa ai tradizionali metodi d'installazione di linee di servizio. Infatti, una volta studiato la geometria dell'elemento da attraversare, con tale tecnologia è possibile passare con la perforazione e, dunque, con il cavidotto, in totale sicurezza al disotto del corso d'acqua.

Il collaboratore

Geol. Bartolo ROMANIELLO

Il Geologo

Dott. Antonio DE CARLO