

COMUNE DI SERRI

(Prov. del Sud Sardegna)

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DA 39,99 MW TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE E IMPIANTO DI ACCUMULO (BESS) DA 15MW "SERRI" - COMUNE DI SERRI (SU)

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA



Studio Tecnico Geologico

Servizi & Consulenze - Dott. Mario STRINNA

Sede legale : Viale Diaz, 48 - 09125 CAGLIARI - Tel.Fax 070.303083

Portatile +39 328.7906284 - E-mail studiostrinna@gmail.com - mariostrinna@libero.it

PEC mariostrinna@pec.epap.it - web : www.mariostrinna.com

Committente:

ENERGYSERRI1 S.R.L.

sede legale Via Pantelleria 12 - Cagliari (CA)

Codice Fiscale: 04065310924

Oggetto:

Relazione Geologica - Geotecnica

Data:

06/2023

Scala:

Geologo [O.R.C. n. 441 - Sez. A]

Dott. Mario STRINNA

Collaboratore:



Aggiornamenti:

Tavola:

File: mario/geologia/2023/Impianto fotovoltaico-Serri (SU)

Committente: ENERGYERRI1 S.R.L. - Via Pantelleria 12, Cagliari (CA)

Progetto: Impianto agrivoltaico a terra da 39,99 mw tipo ad inseguimento monoassiale e impianto di accumulo (bess) da 15mw "Serri" (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - **ORG** 441

Relazione geologica e geotecnica

COMUNE DI SERRI

(Prov. Sud Sardegna)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO A
TERRA DA 39,99 MW TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE
E IMPIANTO DI ACCUMULO (BESS) DA 15MW "SERRI"
COMUNE DI SERRI (SU)



COMMITTENTE

ENERGYERRI1 S.R.L.

sede legale Via Pantelleria 12 - Cagliari (CA)

Codice Fiscale: 04065310924

GEOLOGO [SEZ. A]

Dott. Mario STRINNA



La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

INDICE

RELAZIONE GEOLOGICA	pag. 3
A. PREMESSA	pag. 3
B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO	pag. 4
C. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO	pag. 9
1. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AREA VASTA	pag. 12
1.1 – Inquadramento tettonico generale	pag. 16
1.2 – Lineamenti geomorfologici generali	pag. 19
1.3 – Geologia di contesto (Settore di interesse)	pag. 21
1.4 – Inquadramento climatico generale	pag. 23
1.5 - Idrogeologia e idrologia superficiale	pag. 25
1.6 – Pericolosità geologica	pag. 27
1.6.1 - Pericolosità Idrogeologica	pag. 27
1.6.1.1 - Progetto P.S.F.F	pag. 29
1.6.1.2 - Progetto I.F.F.I	pag. 29
1.6.2 - Pericolosità sismica	pag. 30
1.6.2.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)	pag. 35
RELAZIONE GEOTECNICA	pag. 37
2. Considerazioni geotecniche di contesto	pag. 37
2.1 - Stima dei parametri geotecnici	pag. 38
2.2 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018.....	pag. 40
2.2.1 – Cedimenti	pag. 43
2.3 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo	pag. 44
3. CONCLUSIONI	pag. 46
Appendice	
- Inquadramento Geologico 1:10.000	pag. 53
- Carta delle Permeabilità 1:10.000	pag. 54

RELAZIONE GEOLOGICA

Competenze professionali: la redazione relazione geologica (L. 9.07.1908, n. 445; D.P.R. 7.01.1956 n. 164; L. 25.11.1962, n. 1684; L. 2.02.1974 n. 64; D. LL. PP. 15.05.1985; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 11.3.1988; L. R. 7.06.1989, n. 30; D.M. 04.05.1990; D.P.R. 10.09.1990, n. 285; D.P.C.M. 29.09.1998; D.P.R. 6.06.2001, n. 380; D.Lgs 12.04.2006, n. 163 e ss. mm. ii.; D. Lgs 3.04.2006, n. 152; D.M. 14.01.2008; Ord. P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274; PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE D. 21.10.2003; D. Ass. LL.PP. 21.02.005 n. 3 - Esecutività della Del. di G.R. n. 54/33 del 30.12.2004, Del. G.R.15/31 2004) è nella piena ed esclusiva competenza del geologo [Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701]. Il divieto di subappalto della relazione geologica è sancito dalla Determinazione n. 3 del 27.02.2002 dell'Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di Lavori, Servizi e Forniture. Sull'obbligatorietà dell'acquisizione della relazione geologica come elaborato di progetto (punto B.5. DM 11.3.1988 "I risultati delle indagini devono essere oggetto di apposite relazioni, parte integrante del progetto") si è espresso il Consiglio di Stato sezione VI con sentenza 5666/2009.

A. PREMESSA

Per lo studio dei terreni interessati dal progetto di un impianto fotovoltaico a terra da realizzarsi all'esterno del contesto urbano di Serri, nella località Pranu de Corongiu, percorrendo la SS 128 con svolta a sinistra sulla SP 59 in direzione Serri, di cui percorrendo la strada Comunale Santa Vittoria in direzione dell'area localizzata nella zona agricola E, è stato richiesto un accertamento geologico e geotecnico, con particolare riferimento alla caratterizzazione lito-stratigrafica e idrogeologica dei terreni che insistono nell'areale come substrato di appoggio delle fondazioni su palo infisso dove dovrà essere realizzato l'impianto con struttura di fissaggio di tipo Tracker, con particolare riferimento alla:

- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento sulla base di stratigrafie ricavate da specifici studi geologici svolti sul territorio al fine di definire la sequenza dei terreni;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;
- Definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione, sulla base di documentazione disponibile, edita e inedita, documentabile dallo stesso scrivente sulla base di lavori pregressi svolti su di un contesto territoriale correlabile, il tutto supportato da dati bibliografici e conoscenze dei luoghi.

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del **D.M. 11.03.1988** (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, 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). Le indagini sono state svolte in ottemperanza alle norme fissate dall'**A.N.I.S.I.G.** (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la **Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483** (punto A3): istruzioni 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, **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 -OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - N.T.C. 2008** sulle costruzioni, **Nuove NTC 2018 sulle costruzioni** (§ 2.6 - § 3.2. ÷ 3.2.2. - § 7.11.3.), secondo le seguenti fasi:



- Stesura di una relazione geologica sulla base delle conoscenze dei luoghi litologici per esperienze pregresse svolte dallo scrivente sull'areale sensibile correlabile litologicamente, integrato con dati bibliografici e miscellanee. La definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione, si è basata sulla documentazione disponibile, edita e inedita, nello specifico si rilevano nel contesto esaminato dal più recente al più antico: a) Depositi di versante a → detriti con clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati - Olocene; b) Coltri eluvio colluviali b2 → detriti immersi in matrice fine – Olocene; c) Successione vulcano sedimentaria miocenica - Depositi del II ciclo miocenico: Marne di Gestori GST → marne arenacee e siltitiche giallastre, con intercalazioni di arenarie e calcareniti; d) Successione vulcanica pliocenica – Basalti delle Giare BGR → basalti da alcalini a sub alcalini, in espandimenti e colate.

B. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AEREO

L'area interessata dallo studio è situata all'interno dei confini amministrativi di Serri, più precisamente



a NW del tessuto urbano nella località Pranu de Corongiu, percorrendo la strada Comunale Santa Vittoria in direzione della SP118.

Morfologicamente trattasi di un territorio essenzialmente sub - pianeggiante, debolmente ondulato, la cui quota s.l.m.m. è variabile da un minimo di circa +620m ad un massimo di circa +649m, degradante verso SE in direzione del centro abitato e contestualmente verso NW in direzione della strada vicinale S'Acqua Saida.

Figura 1 – Vista aerea, areale sensibile [fonte Geostru Maps]

Dati geografici:

- I.G.M. Foglio 540 Sez. IV° Quadrante [ISILI] alla scala 1:25.000;
- C.T.R. Foglio 540 - 060 [ISILI] alla scala 1:10.000 .

Coordinate km Gauss Boaga areale sensibile [Fuso 32]:

- **X** = 1511000.0000 Longitudine **E**
- **Y** = 4396000.0000 Latitudine **N**

INQUADRAMENTO AEREO
SU BASE CTR FOGLIO 540 - 060 [ISILI]
SCALA 1:10.000



 Impianto Serri



Committente: ENERGYERRI1 S.R.L. - Via Pantelleria 12, Cagliari (CA)

Progetto: Impianto fotovoltaico da 40,93 mw - tipo ad inseguimento monoassiale e impianto di accumulo (bess) da 15mw/120mwh - Serri (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE IGM FOGLIO 540 SEZ. IV° QUADRANTE [ISILI]
SCALA 1:25.000



■ Impianto Serri

0 500 1000 m



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. A819B0201B27FNA-LB

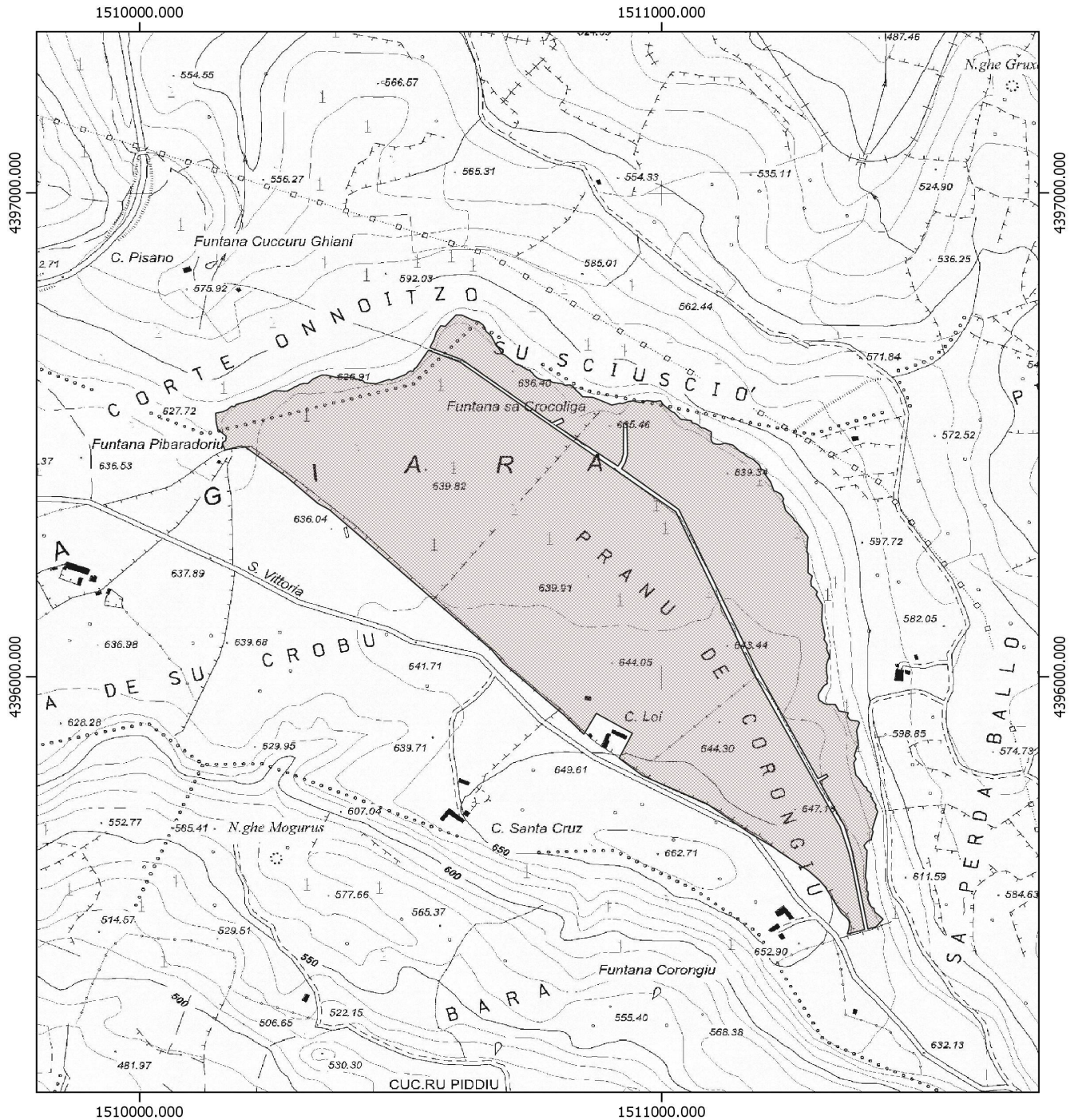
Committente: ENERGYERRI1 S.R.L. - Via Pantelleria 12, Cagliari (CA)

Progetto: Impianto fotovoltaico da 40,93 mw - tipo ad inseguimento monoassiale e impianto di accumulo (bess) da 15mw/120mwh - Serri (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE CTR FOGLIO 540 - 060 [ISILI]
SCALA 1:10.000



 Impianto Serri

0 500 1000 m



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. A819B0201B27FNA-LB

C. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'area di intervento è ubicata all'interno di terreni siti nel Comune di Serri. Dal punto di vista della cartografia catastale si inserisce nel Foglio 1, particelle 89, 88, 107, 93, 98, 84, 83, 86, terreni localizzati nella ZONA AGRICOLA E del comune di Serri, secondo quanto documentano i Certificato di Destinazione Urbanistica (CDU).

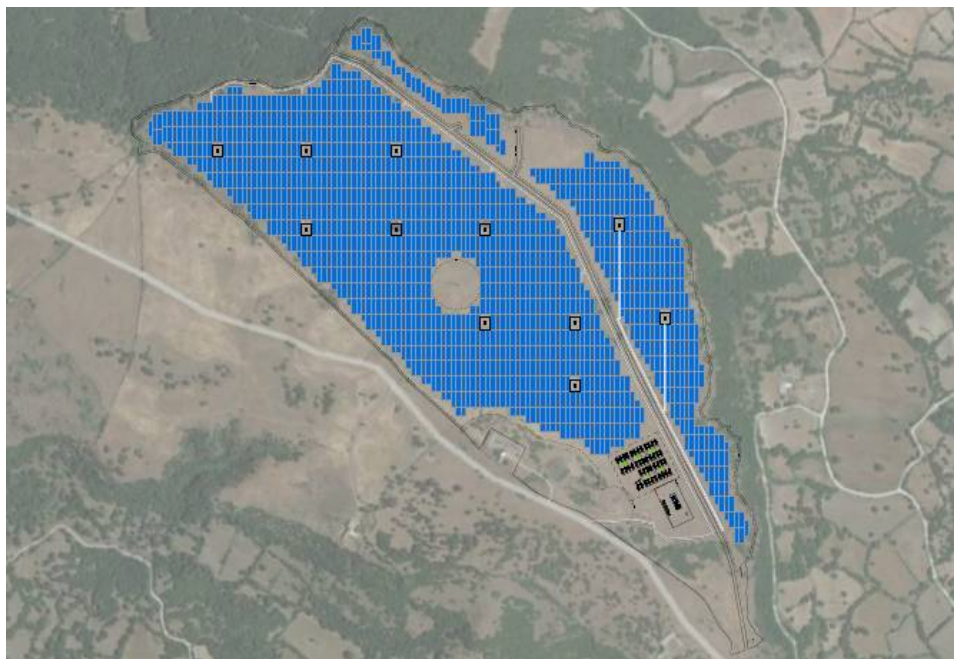


Figura 2 - Posizionamento impianto su ortofoto

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto, si trova ad un'altitudine media di circa 642 m s.l.m. e ricopre un'area lorda di 65,2 Ha. L'intervento contempla la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale in immissione pari a 39.999,18 kWp di picco per la produzione di energia elettrica posato sul terreno livellato mediante l'installazione di inseguitori solari e di un impianto di accumulo (BESS) della potenza di 15 MW. L'agrivoltaico è un sistema costituito da un impianto fotovoltaico posizionato su un terreno che viene utilizzato allo stesso tempo per attività agricole o per l'allevamento. In sintesi, l'impianto fotovoltaico viene integrato con soluzioni agro/zootecniche con l'obiettivo di mantenere la produzione di energia rinnovabile quale attività prevalente.

Nella fattispecie, un impianto agrivoltaico connesso alla rete del Gestore è, in linea di principio, costituito dai seguenti componenti:

- Modulo fotovoltaico (o Pannello solare): capta la radiazione solare durante il giorno e la trasforma in energia elettrica in corrente continua;
- Inverter: trasforma l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata rendendola idonea alle esigenze della rete elettrica a monte e delle utenze a valle (es. stabilizzazione di tensione, sincronia delle forme d'onda di tensione e corrente, ecc.);



• Misuratori di energia: servono a controllare e contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

Nel nostro caso la tipologia dell'impianto fotovoltaico è la seguente:

• inseguitori monoassiali (detti anche "tracker"), ossia strutture poste con asse longitudinale Nord-Sud e angolo di rotazione Est-Ovest fino a $\pm 60^\circ$, che consentono quindi di seguire il sole nell'arco della giornata.

Rispetto alle strutture fisse, i tracker consentono di captare molta più energia solare nelle ore mattutine e pomeridiane in cui il sole è più basso, andando complessivamente a massimizzare la producibilità dell'impianto a parità di potenza installata e occupazione del suolo, in certe condizioni di latitudine e conformazione del sito.

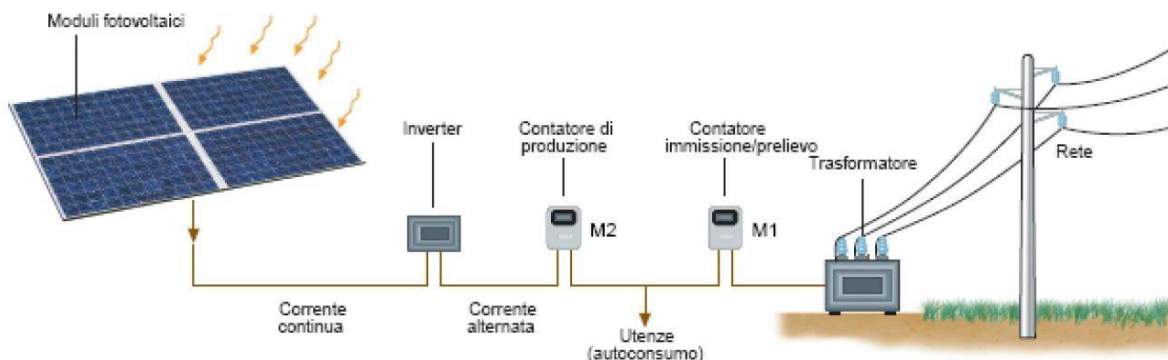


Figura 3 - Sistema fotovoltaico

La tecnologia dei sistemi BESS si basa sull'uso di batterie elettrochimiche, in grado di immagazzinare l'energia prodotta dagli impianti rinnovabili. Una sorta di power bank in grado di restituire l'energia accumulata, restituendola a richiesta. Nel presente progetto si utilizzeranno dei moduli fotovoltaici tipo Tiger Neo N-type 72HL4-BDV da 570 W, tra i più recenti disponibili in commercio, le cui caratteristiche di massima sono riportate nelle schede tecniche allegate nell'elaborato grafico AV09.

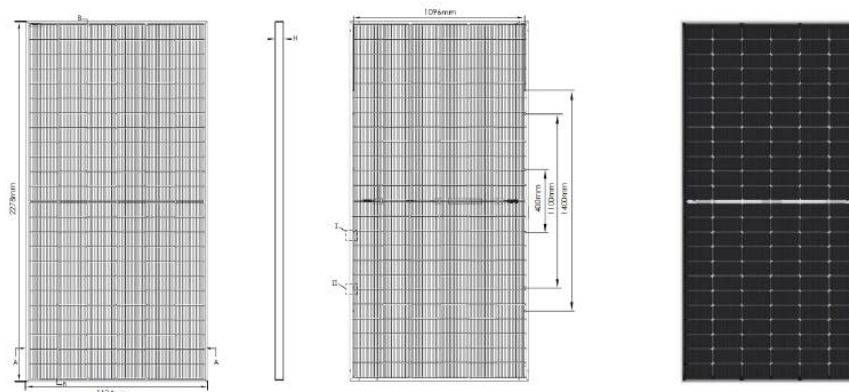


Figura 4 - Pannelli Jinko Solar Tiger Neo N-type 72HL4-BDV da 570 W

I moduli sono costituiti da 144 celle, incapsulate tra due strati di EVA e protetti frontalmente da una lastra di vetro temperato di 32.0 mm. La cornice di fissaggio è caratterizzata da robusti profilati di alluminio anodizzato di colore chiaro. Per le terminazioni elettriche è presente una scatola di collegamento a tenuta stagna, dotata di connettori (collegabili a) MC4, cavo: 2 x 1 m / 4 mm².

La struttura di fissaggio di tipo TRACKER monoassiale sarà orientata con asse NORD/SUD come indicato nelle tavole grafiche e con inseguimento solare EST-OVEST. L'inseguitore solare è un dispositivo che funziona mediante un sistema automatico e meccanico che permette di orientare i pannelli fotovoltaici rispetto ai raggi del sole seguendone il suo percorso apparente.

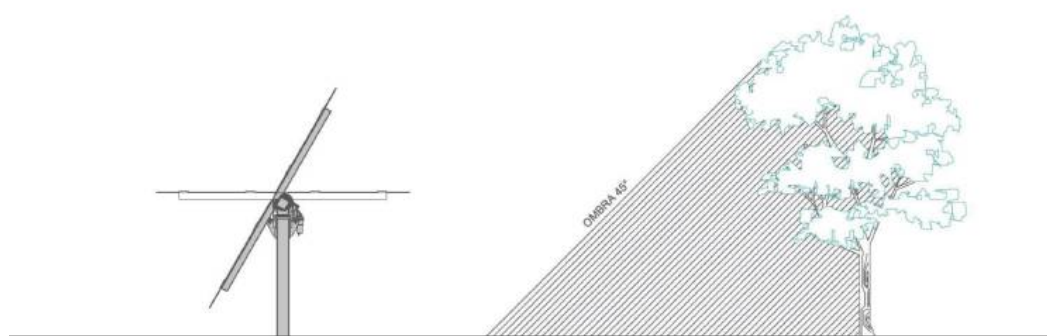


Figura 5 - Posizionamento Tracker, adeguata distanza dai fattori di ombreggiamento

1. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AREA VASTA

La struttura geologica della Sardegna, costituita in prevalenza da plutoniti granitiche e da metamorfici paleozoiche e subordinatamente da formazioni vulcaniche e sedimentarie post-erciniche, consta di due elementi principali: il graben sardo-campidanese (Fossa Sarda di età terziaria), esteso da Nord a Sud lungo l'asse maggiore centro-occidentale dell'Isola, e il sistema di horst in cui si suddivide il basamento

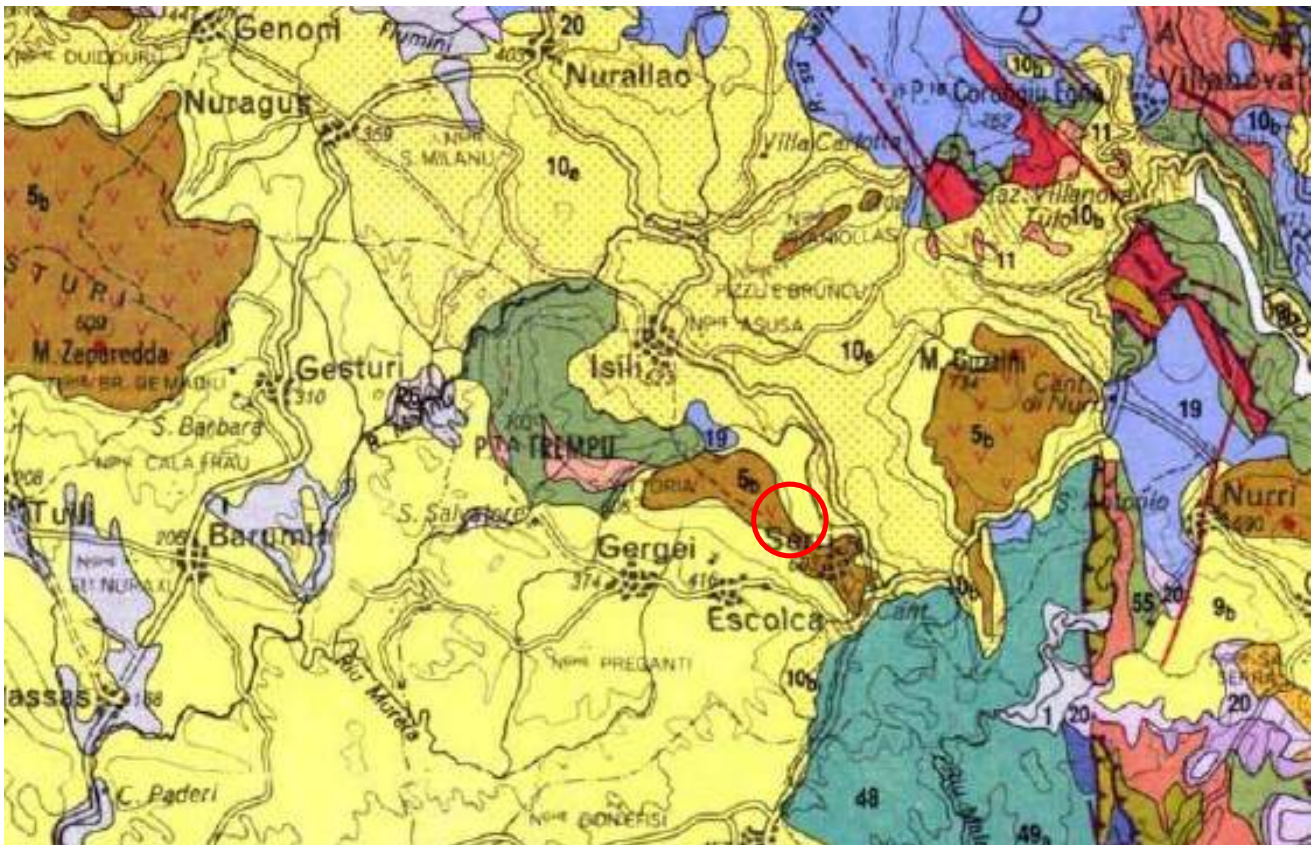


Figura 6 - Estratta da Carta geologica della Sardegna scala 1:200.000 (gruppo scientifico Barca, Carmignani, Oggiano, Pertusati, Salvatori)

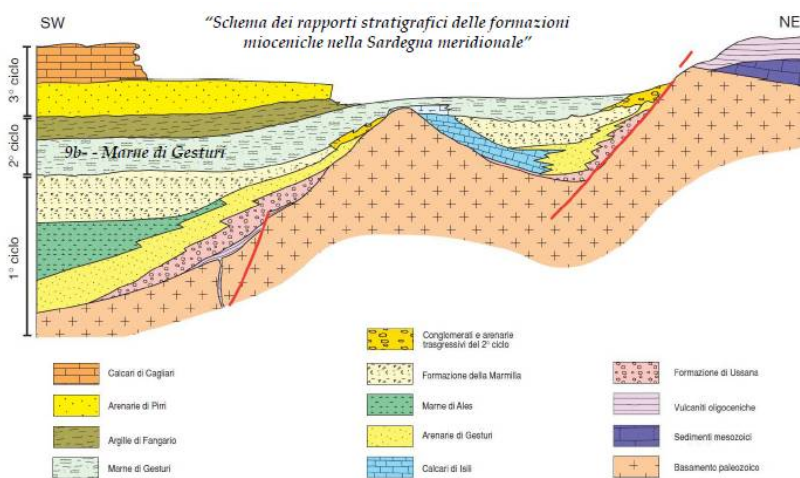
- Successione marina e depositi continentali del Miocene inf. Medio (**9b** marne arenacee e siltose, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee)
- Depositi continentali e successione marina post- Eocene medio – Miocene inf. (**10b** conglomerati e arenarie, arenarie siltitiche, in matrice argillosa ferrettizzata)
- Ciclo vulcanico a diversa affinità del Plio-Pleistocene (**5b** basalti alcalini e transizionali, trachibasalti, andesiti basaltiche e basalti sub alcalini)
- Successioni marine e transizionali del Trias medio – Cretaceo inf. (**19** dolomie, dolomie arenacee e calcari dolomitici da litorali a circa litorali)
- Complesso metamorfico ercinico: falde esterne (**48** metarenarie, filladi, quarziti, metaconglomerati)
- Successione vulcano sedimentaria del Gerrei (**55** metarenarie micacee e quarziti, alternate a metapeliti e rari metaconglomerati)

paleozoico affiorante. La Fossa Sarda, come si può osservare nella carta dei "Principali Lineamenti Strutturali del Basamento Ercinico oggi definito Varisico" è caratterizzato dalle coperture dei depositi quaternari e dalle coperture post-erciniche. Il territorio comunale di Serri è situato nel margine sud-

orientale della Fossa Sarda in prossimità del bordo occidentale dell'horst sud-orientale del Basamento sardo, segmento della Catena ercinica sud Europea separatosi unitamente a quello corso (blocco sardo-corso) dall'Europa solo nel Miocene inferiore (tettonica disgiuntiva postercinica).

In questo quadro strutturale, in corrispondenza dell'Antiforme del Flumendosa, a W dei rilievi paleozoici delle Falde Esterne, si inserisce la porzione di territorio investigata.

Nello Stralcio della Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 si può osservare che la porzione di territorio è costituita, per la quasi totalità, dalla Successione Marina e dai Depositi Continentali Miocenici, appartenenti al complesso connesso con l'Apertura del Bacino Balearico e del Tirreno (Coperture Post-Erciniche), limitatamente al settore orientale, dalla Successione dell'Ordoviciano sup. - Carbonifero inf. delle Falde Esterne del Complesso Metamorfico Ercinico prevalentemente in Facies degli Scisti Verdi e Anchimetamorfico (Basamento Paleozoico) e, in piccoli affioramento nel settore sud-occidentale dai depositi quaternari. Il Complesso Metamorfico Ercinico Prevalentemente in Facies degli Scisti Verdi e Anchimetamorfico (Basamento Paleozoico), secondo quanto riportato in letteratura (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sardegna Note illustrative) è rappresentato dalla Formazione di Pala Manna (48), potente successione terrigena



costituita da irregolari alternanze di metarenarie, quarziti scure e metapeliti grigie con intercalati livelli da metrici fino a deca metrici di quarziti nere (liditi) sottilmente stratificate, meta conglomerati, metabrecce ed olistoliti in cui sono rappresentate buona parte delle formazioni paleozoiche sottostanti.

Il Complesso Connesso con l'Apertura del Bacino Balearico e Del Tirreno, nel quale è inserita l'area di interesse, è rappresentato dalla parte inferiore della serie stratigrafica delle Marne, arenarie, calcareniti e siltiti marine miocenica (9b - Marne di Gesturi: Cherchi, 1974). Questo complesso testimonia il cambiamento del "clima geodinamico" che ha interessato la Sardegna a partire dal Burdigaliano superiore, con lo sviluppo di una serie di fosse tettoniche dal Golfo di Cagliari al Golfo dell'Asinara. L'area, sino a tale periodo sede di intensa attività vulcanica, fu interessata fino al Serravalliano da un'ampia trasgressione marina con sedimentazione silicoclastica e carbonatica di ambiente marino ("2° ciclo" sedimentario miocenico).

Nello "Schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni mioceniche nella Sardegna meridionale" la Successione marina e i depositi continentali del "2° ciclo sedimentario", datata Burdigaliano sup.-Serravalliano inf., è costituita da una successione che inizia con conglomerati e arenarie e prosegue con depositi silicoclastici e carbonatici prevalentemente di ambiente marino di notevole spessore. Questi depositi, divisi nella Carta Geologica della Sardegna in conglomerati e sabbie di ambiente continentale e transizionale (9a) e depositi marini marnoso-arenacei e calcarei (9b, 9c, 9d), nel settore investigato poggiano, in discordanza angolare, sui depositi marnoso-arenacei della Formazione della Marmilla (1° ciclo sedimentario).

Le Marne di Gesturi (9b) sono depositi appartenenti alla parte inferiore della serie stratigrafica delle Marne, arenarie, calcareniti e siltiti marine, notevolmente diffusi nella Sardegna centro-meridionale (Marmilla, Trexenta, Campidano meridionale, ecc.). Si tratta di una monotona successione, potente diverse centinaia di metri, costituita da un'alternanza di marne arenacee e siltitiche con subordinate intercalazioni di arenarie. Localmente, sono presenti intercalazioni di calcari (ad es. calcari a Lithothamnium), calcareniti (Leone et alii, 1984; Iaccarino et alii, 1985) e alcuni livelli di epiclastiti ("tufi pomicei": Pecorini, 1974b). Le associazioni fossili (foraminiferi planctonici, ostracodi, nannoplancton calcareo, pteropodi, bivalvi, ecc.) indicano un'età compresa tra il Burdigaliano sup. e il Langhiano medio-sup. (Cherchi, 1974; Robba & Spano, 1978; Leone et alii, 1984; Cherchi, 1985c; Cherchi et alii, 1985a; Iaccarino et alii, 1985; Odin et alii, 1994). I depositi olocenici sono rappresentati dai depositi ghiaioso-sabbiosi di fondovalle e delle piane alluvionali, gli accumuli detritici spigolosi e più o meno grossolani situati al piede dei versanti più acclivi nei rilievi costituiti dalle rocce del basamento paleozoico o dalle pareti subverticali dei "Tacchi" carbonatici mesozoici e delle "Giare" basaltiche.

Nel foglio di Mandas, preso come riferimento, sono ben rappresentati tutti i complessi geologici che caratterizzano il resto dell'Isola, e precisamente: il basamento metamorfico, il complesso magmatico (intrusivo ed effusivo) tardo-ercinico, le successioni sedimentarie e vulcaniche tardo-paleozoiche, mesozoiche e cenozoiche.

Il prodotto dell'orogenesi ercinica e tardo-ercinica, protrattasi dal Carbonifero Inferiore al Permiano, è riconoscibile in un basamento con una zonazione tettono-metamorfica tipica delle catene collisionali, con direzione di trasporto generalmente da NNE verso SSW e in una diffusa granitizzazione. Nella catena sono individuabili una Zona interna a N (Gallura, Asinara, Anglona), una Zona a falde nella Sardegna centrale e meridionale (Barbagia, Goceano, Ogliastra, Gerrei, Sarrabus, Arburese) ed una Zona esterna nella Sardegna sud-occidentale (Sulcis-Iglesiente).

Nella regione la fase collisionale è caratterizzata da pieghe isoclinali pluri-chilometriche, falde di ricoprimento, scistosità e sovrascorrimenti. CARMIGNANI et alii (1982a; 1987; 1994b) distinguono le "Falde interne", caratterizzate da un grado metamorfico leggermente più alto il cui attuale fronte di

sovrascorrimento affiora nel settore nord-orientale della nostra area. Queste sono sovrascorse sulle cosiddette "Falde esterne", in cui viene riconosciuta una successione litostratigrafica che va dal Cambriano medio al Carbonifero Inferiore, caratterizzata da pieghe sinclinali e sovrascorrimenti, con un metamorfismo in facies degli scisti verdi. Queste ultime, a loro volta si accavallano sulla Zona esterna dell'Iglesiente-Sulcis. Questa fase, nella Zona a falde della Sardegna centrale, esasperò le strutture ad es. l'Antiforme del Flumendosa, originando delle culminazioni tettoniche (C AROSI & PERTUSATI, 1990; CONTI et alii, 1999).

Ciclo vulcanico ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina del Plio-Pleistocene

La dinamica estensionale che ha interessato la Sardegna e il Tirreno nel Pliocene e Pleistocene trova riscontro in un nuovo ciclo vulcanico. Tale ciclo vulcanico è noto nella letteratura come "post-elveziano" (VARDABASSO, 1937). Si tratta di prodotti ascrivibili ad un vulcanismo intraplacca, costituiti essenzialmente da lave basaltiche, da alcaline ad alcaline-transizionali e subalcaline (5) talvolta associati a differenziati più evoluti (BECCALUVA et alii, 1985). I caratteri giacaturali delle vulcaniti plio-pleistoceniche riflettono un'attività essenzialmente fessurale, legata a direttrici tettoniche con orientazione sub-meridiana o anche NE/SW, lungo le quali si allineano colate di modeste dimensioni associate a piccoli coni di scorie, modesti edifici isolati e plateaux basaltici di discreta estensione.

Successione pre-Ordoviciano medio delle Falde Esterne

Una potente successione terrigena (55), nota in letteratura come Arenarie di S. Vito nel Sarrabus e nel Gerrei (CALVINO, 1959) e Formazione di Solanas in Barbagia (MINZONI, 1975), affiora estesamente in tutte le Falde esterne, dal Sarrabus al Sarcidano, dal Sulcis orientale all'Arburese e nel Goceano (Unità di Ozieri: OGGIANO, 1994). In tutte le Falde esterne questi metasedimenti rappresentano i termini più antichi affioranti. La base della successione non affiora, mentre il contatto con la sovrastante successione vulcano-sedimentaria ordoviciana è stratigrafico, marcato da un caratteristico livello di metaconglomerati (Conglomerato di Rio Ceraxa: BARCA & MAXIA, 1982). La successione è costituita da metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigioverastro al grigio scuro. Queste metarenarie formano regolari alternanze, da centimetriche a metriche, con metasiltiti e metapeliti grigio-verdastre e nere.

Successione dell'Ordoviciano superiore-Carbonifero inferiore delle Falde esterne

Questa unità litostratigrafica (BARCA, 1981; 1991) affiora estesamente e con grande continuità nel Sarrabus e costituisce più limitati affioramenti nel Gerrei e nel Sarcidano. Si tratta di una potente successione terrigena (48), costituita da irregolari alternanze di metarenarie, quarziti scure e metapeliti grigie. A questi litotipi sono intercalati livelli da metrici fino a decametrici di quarziti nere (liditi) sottilmente stratificate, metaconglomerati, metabrecce ed olistoliti in cui sono rappresentate buona parte delle formazioni paleozoiche sottostanti. I livelli di metaconglomerati costituiscono affioramenti con scarsa

continuità laterale e con spessori che possono arrivare ad alcune decine di metri. Gli elementi clastici sono rappresentati da liditi, quarziti, metarenarie, metacalcari silicizzati, metavulcaniti e raramente metacalcari nodulari. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, da 1 cm ad alcune decine di cm, dispersi in un'abbondante matrice pelitico-arenacea, sia granulo-sostenuti.

Successione marina e depositi continentali ("2° ciclo": Burdigaliano superiore-Serravalliano inferiore)

I depositi appartenenti a questa successione hanno una notevole diffusione nella Sardegna centro-meridionale, specialmente per quanto riguarda la parte inferiore della serie stratigrafica (9b) (Marne di Gesturi: CHERCHI, 1974).

Le Marne di Gesturi sono rappresentate da una monotona successione, potente diverse centinaia di metri, costituita da un'alternanza di marne arenacee e siltitiche con subordinate intercalazioni di arenarie. Localmente, sono presenti intercalazioni di calcari (ad es. calcari a Lithothamnium) e calcareniti (Genoni, Nuragus, Gesturi, Tuili, ecc.) (LEONE et alii, 1984; IACCARINO et alii, 1985). La parte basale della successione marnosa corrisponde a sequenze torbiditiche multiple, sia complete che distali (HEIDMANN, 1982). L'ambiente di deposizione, stabilito in base alle associazioni fossili, è riferibile a condizioni epibatiali-batiali per quasi tutta la successione marnoso-arenacea, mentre ad ambienti neritici è riconducibile la sedimentazione calcarea (BONADUCE & RUSSO, 1985; CHERCHI et alii, 1985a; IACCARINO et alii, 1985). La successione poggia sui depositi clastici basali continentali (9a) o direttamente in discordanza su un substrato costituito da rocce vulcaniche "oligo-mioceniche" (ignimbriti e subordinatamente andesiti) o vulcanoclastiche-epiclastiche (tufi o tufiti lacustri).

In sintesi in questa area della Regione, le unità litostratigrafiche, sono raggruppate dal basso verso l'alto in: Basamento metamorfico paleozoico → Complesso intrusivo tardo-paleozoico → Successione vulcano-sedimentaria tardo-paleozoica → Successione sedimentaria mesozoica → Successione vulcano-sedimentaria terziaria del Campidano → Depositi quaternari

1.1 – Inquadramento Tettonico generale

In questo contesto territoriale, in grande, è presente il più vasto affioramento di metamorfici di basso grado del basamento sardo che si estende senza interruzioni tra i Monti del Gennargentu e il Sarrabus.. La complessità strutturale è suddivisa in Falde interne e Falde esterne. Questa regione, corrispondente circa alla Zona a falde come definita da CARMIGNANI et alii (1981), comprende tutto il basamento della Sardegna centro-meridionale ed è caratterizzata dall'impilamento di unità tettoniche messe in posto durante le fasi compressive dell'orogenesi ercinica. Nella Zona a falde le deformazioni duttili sono accompagnate da metamorfismo regionale in facies di scisti verdi; solo nell'Unità di M. Grighini, la più profonda della pila di falde affioranti, il metamorfismo raggiunge la facies anfibolitica.

Le unità tettoniche della Zona a falde sono costituite da successioni più o meno complete, le cui età sono comprese tra il Cambriano e il Carbonifero inferiore. Il livello di scollamento delle falde è



generalmente alla base delle metarenarie cambro-ordoviciane: Arenarie di S. Vito nel Sarrabus-Gerrei, Formazione di Solanas nella Sardegna centrale e "Postgotlandiano" Auct. nei Monti del Gennargentu e

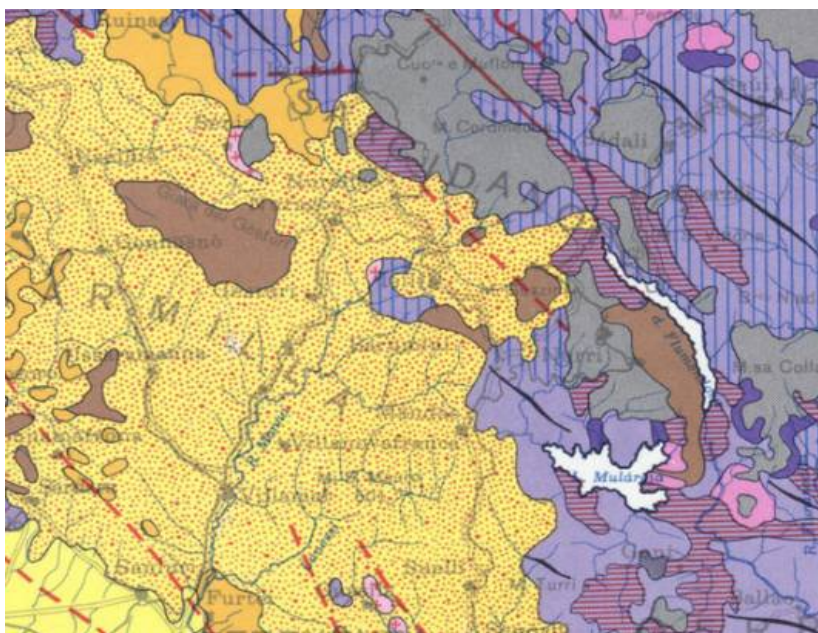


Figura 7 – Estratto da schema stratigrafico - strutturale della Sardegna [T. Cocozza]

nell'Arburese. L'unità strutturalmente più profonda della Zona a falde è l'Unità del M. Grighini che affiora isolata tra i sedimenti e le vulcanite terziarie poco a E di Oristano. Nella bassa valle del Flumendosa affiora la successione più completa delle Falde esterne; qui l'unità più profonda è l'Unità di Riu Gruppa (correlabile con l'Unità del Castello di Quirra e con l'Unità di Castello Medusa che affiora nel Sarcidano: CARMIGNANI et alii, 1979a), sormontata dall'Unità del Gerrei, che a sua volta è ricoperta sul fianco meridionale e settentrionale dell'Antiforme del Flumendosa

rispettivamente dall'Unità del Sarrabus e dall'Unità di Meana Sardo.

Il basamento metamorfico affiorante nel territorio appartiene quindi alla Zona a falde del segmento sardo della catena ercinica sud-europea. L'evoluzione tettonica si articola in una fase di raccorciamento D1, connessa alla collisione continentale, ed una fase post-collisionale D2. Il riconoscimento di diverse strutture come pieghe, sovrascorrimenti, foliazioni, e altro, permette di distinguere all'interno di questi due momenti principali dell'evoluzione ercinica, diverse fasi deformative di minore entità responsabili di un quadro deformativo complesso. La fase di raccorciamento è quella che ha indotto nella successione cambro-carbonifera la deformazione più importante, con metamorfismo sin-cinematico e formazione di sovrascorrimenti che hanno sovrapposto le diverse unità tettoniche, e al loro interno pieghe isoclinali coricate con ampiezza a volte chilometrica ed una marcata scistosità di piano assiale.

Si tratta di unità di copertura completamente sradicate dal loro basamento; le arenarie di San Vito costituiscono il livello di scollamento più profondo. Gli ultimi stadi del raccorciamento sembrano i responsabili della formazione delle grandi strutture antiformali (D1t), che hanno originato l'Antiforme del Flumendosa, che caratterizza il basamento ercinico della Sardegna centro-meridionale. Durante la fase post-collisionale (D2 e D3), la risposta al disequilibrio isostatico nell'edificio di unità tettoniche formatosi, è caratterizzata da pieghe asimmetriche e zone di taglio con cinematica diretta che favoriscono il

sollevamento dei nuclei più profondi delle unità tettoniche, esasperando la geometria antiformale dell'edificio a falde acquisita durante la fase tardiva del raccorciamento.

Fase deformativa collisionale D1

La fase di raccorciamento ha strutturato il basamento ercinico in diverse unità tettoniche, geometricamente sovrapposte; dalla più bassa: Unità di Riu Gruppa, Unità del Gerrei, a sua volta suddivisa nelle due sotto unità di Monte Lora e di Arcu de su Bentu, l'Unità di Meana Sardo, l'Unità della Barbagia. Le prime unità tettoniche sopra citate appartengono alle cosiddette "Falde esterne", mentre l'Unità della Barbagia appartiene alle "Falde interne", caratterizzate da una deformazione più intensa e da una successione terrigena, monotona e poco definita. Le strutture caratteristiche di questa fase deformativa sono pieghe, scistosità e sovrascorrimenti.

Le unità tettoniche sono separate da zone di sovrascorrimento, con caratteristiche fasce milonitiche e cataclastiche, potenti da pochi fino ad un centinaio di metri.

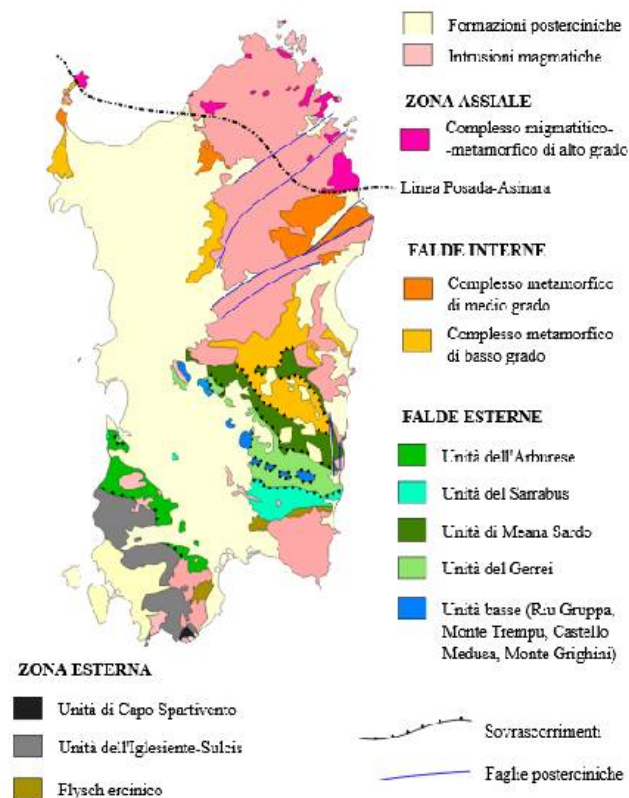


Figura 8 – Estratto da carta del Basamento ercinico della Sardegna

Fase deformativi tardo-collisionale D1t. Culminazioni antiformali

Nell'areale affiorano culminazioni tettoniche antiformali che ripiegano l'edificio a falde e tutti gli elementi strutturali della fase D1, che costituiscono le strutture di maggiore estensione nel basamento ercinico della Sardegna centro-meridionale. Nell'insieme queste strutture formano la megastruttura dell'Antiforme del Flumendosa, che si estende per oltre 50 km dalla costa orientale, fino al M. Grighini, con una immersione assiale di pochi gradi verso SE che permette l'affioramento dei nuclei più profondi spostandosi verso NW. Questo progressivo sollevamento delle antiformi D1t continua, in ambito fragile ed in un diverso contesto geodinamico, anche nel Terziario, come testimoniato dalle faglie dirette orientate N140 che isolano un alto strutturale ancora coincidente con il nucleo dell'Antiforme di Nurri, presente a Est.

Fase deformativa post-collisionale. Strutture D2 e D3

Le strutture D1 e D1t sono ulteriormente deformate da strutture duttili: pieghe, zone di taglio duttili a basso angolo con cinematica diretta, e fragili: faglie dirette ad alto angolo. In questo sistema, le faglie

tipiche di ambiente fragile, si sovrappongono alle strutture di tipo duttile, mostrando un'evidente evoluzione verso livelli strutturali sempre più superficiali.

La struttura ercinica evidenziata è data da una intensa tettonica polifasica di tipo duttile che origina principalmente pieghe e importanti sovrascorrimenti, seguita da una fase con pieghe a direzione assiale variabile, faglie inverse e/o trascorrenti e thrusts. Un primo sistema di pieghe (D2) interessa tutte le unità tettoniche affioranti, con piani assiali sub-orizzontali e assi a direzione variabile. In genere sono confinate in zone di taglio duttili, potenti da pochi decimetri a diverse decine di metri, sviluppate sui fianchi delle antiformi D1t. Un altro sistema di pieghe (D3) deforma le strutture D1 e D1t, e non sembra avere relazioni di sovrapposizione univoche con le pieghe D2 (CAROSI & M ALFATTI, 1995). Sono pieghe simmetriche, a piano assiale sub-verticale con direzione assiale variabile attorno a N/S. Quando sviluppano un clivaggio di piano assiale, si tratta di un clivaggio discontinuo molto spaziato. Raramente costituiscono strutture a scala cartografica, come ad esempio presso Sa Siliqua sulla sponda del Lago di Mulargia. Prevalentemente hanno scala metrica, come presso la diga sul Lago medio del Flumendosa, dove interessano le arenarie di San Vito dell'Unità di Meana Sardo. Le pieghe D2, per la loro geometria e per la loro posizione sui fianchi delle grandi strutture plicative D1t, sembrano correlabili all'evoluzione distensiva, che ha riattivato le strutture D1 (scistosità e sovrascorrimenti) ripiegate sui Fianchi delle antiformi D1t, come zone di taglio dirette, e quindi hanno indotto un ulteriore sollevamento relativo delle zone assiali delle antiformi stesse.

Alla tettonica ercinica è attribuibile anche un sistema di faglie a basso angolo, in quanto il basamento interessato si è trovato in ambito duttile, e quindi a livelli crostali profondi. È questo il caso della Faglia del Mulargia (esterna al nostro contesto), che si sviluppa sulla sponda occidentale del lago, con direzione circa N/S. Una superficie di sovrascorrimento riattivata come faglia diretta, ma orientata E/W ed immergente verso N, è la Faglia di Brevexilis, che riattiva il contatto tra le arenarie cambriane delle Unità di Meana Sardo e del Gerrei. L'età paleozoica di alcune delle faglie ad alto angolo è desumibile in quanto, seppure riattivate a più riprese nel Mesozoico e nel Terziario, sono iniettate da filoni permo-carboniferi rispetto a cui, evidentemente, erano preesistenti.

1.2 – Lineamenti geomorfologici generali

La geomorfologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di una estesa superficie di spianamento, al di sotto dei basalti delle Giare (BGR). Essa taglia indifferentemente tutte le formazioni pre-basaltiche giungendo ad interessare il basamento. Nell'estremo NW, la base dei basalti della Giara di Gesturi è prossima ai 550 m. A NE di Isili, a Pranu Ollas, la base dei basalti è a circa 650 m; nella Giara di Serri è a 600 m. Le differenze altimetriche più significative si osservano nella Giara di Orroli dove nel settore settentrionale è posta a circa 600 m, mentre in quello meridionale (Tacchixeddu) è a circa 400 m, ma

queste variazioni di quota sono probabilmente da imputare alla presenza di un paesaggio a debole energia di rilievo, piuttosto che a movimenti tettonici che abbiano deformato una superficie originariamente pianeggiante. L'età di una superficie di spianamento è data dalle formazioni tagliate dal

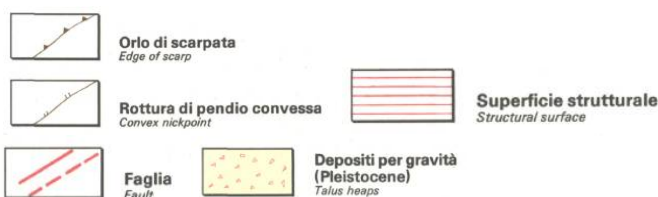
processo erosivo e da quelle che lo seppelliscono. Nel nostro caso le più recenti formazioni tagliate dallo spianamento sono le marne di Gesturi, i cui termini superiori hanno un'età langhiana (circa 15 Ma), mentre i basalti che la seppelliscono hanno un'età pliocenica (circa 3-2 Ma). Lo spianamento si sarebbe dunque modellato tra questi due intervalli cronologici. Data la mancanza di importanti paleosuoli alla base dei basalti è però probabile che la fine del modellamento sia prossimo all'età più recente pliocenica (C. OLTORTI & PIERUCCINI, 2002).

L'approfondimento vallivo,

conseguenza diretta del sollevamento plio-pleistocenico, ha generato profonde valli alcune a drenaggio orientale come quella del Flumendosa. Il reticolo irregolare di questa valle nel settore in esame segue la rete di faglie e fratture presenti nel basamento. L'approfondimento è ha originato versanti acclivi lungo i quali si sono prodotte quantità anche non trascurabili di detriti e colluvi e si sono attivate numerose frane. In tutta l'area la giustapposizione di terreni con differente grado di resistenza all'erosione ha generato numerose forme morfo-strutturali. Le forme più vistose sono le Giare, che rappresentano vere e proprie "mesas", sviluppatesi in corrispondenza dei basalti pliocenici. In genere la scarpata che le delimita, talora anche di varie decine di metri d'altezza, corrisponde allo spessore del basalto. Più a SE questi terreni, che affiorano in posizione sommitale ma con pendenze non trascurabili, generano delle superfici strutturali inclinate simili alle cuestas, da cui si differenziano per l'elevato approfondimento del reticolo idrografico. In corrispondenza di queste variazioni litologiche, in particolare alla testata dei corsi d'acqua principali, si osservano valli sospese dovute all'azione di dinamiche fluviali recenti.



Figura 9 – Estratto Carta geomorfologia della Sardegna marina e continentale



1.3 – Geologia di contesto (Settore di interesse)

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto, si trova ad un'altitudine media di circa 642 m s.l.m. e ricopre un'area lorda di 65,2 Ha., con tipologia delle strutture fotovoltaiche caratterizzata da tracker a pali infissi. Comprende un'area all'interno dei confini amministrativi del Comune di Serri nella località Pranu de Corongiu. Litologicamente è interessato da terreni dalle successioni vulcano sedimentarie Terziarie,

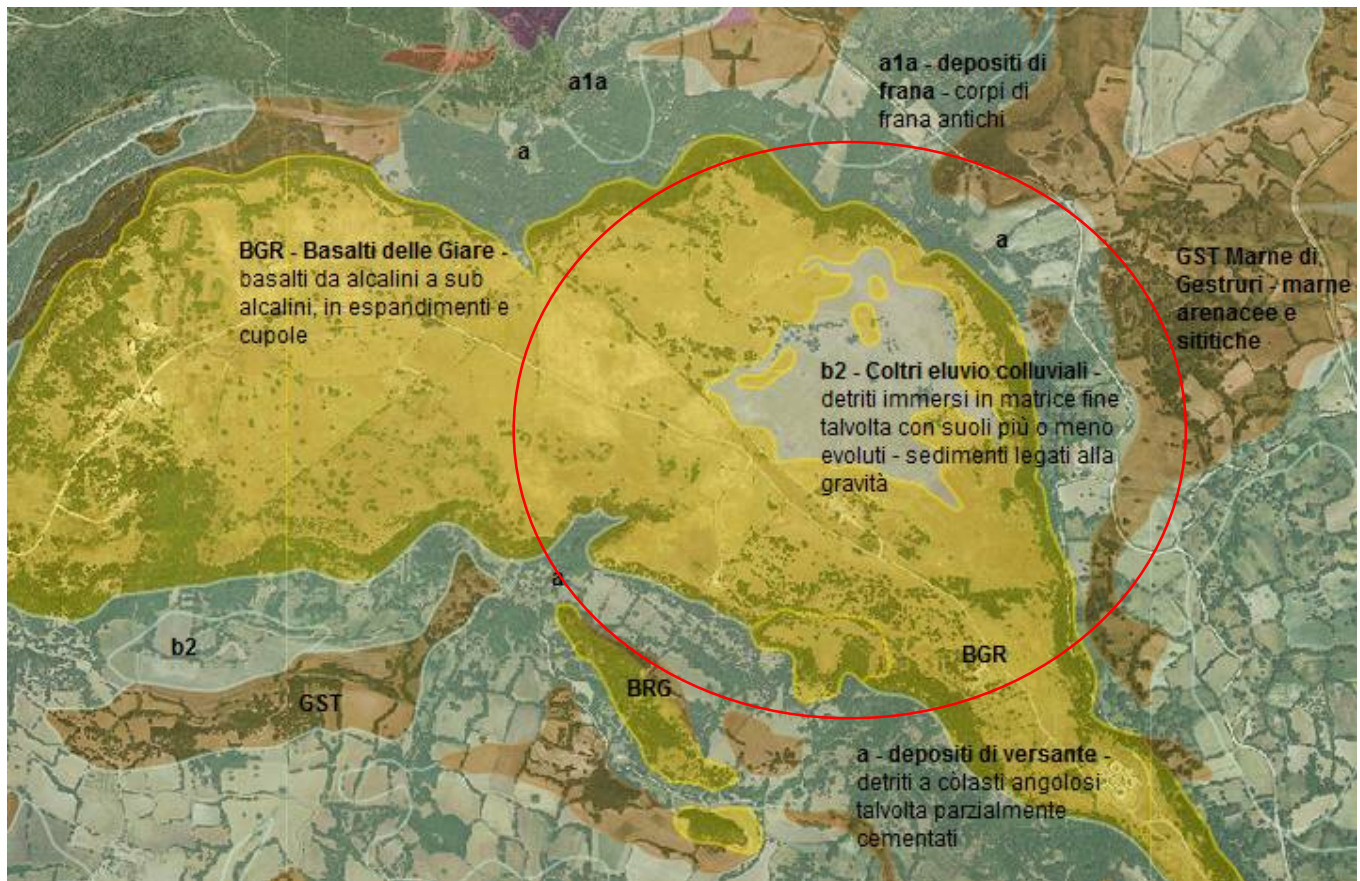


Figura 10 - Inquadramento geologico dell'areale sensibile - Estratto da Sardegna Geoportale

rappresentata dai depositi del II ciclo miocenico rappresentata con le Marne di Gesturi (GST) e dai depositi vulcanici Pliocenici rappresentati dai basalti delle Giare (BGR). Ad essi si contornano, quando non si sovrappongono, i depositi più recenti quaternari rappresentati dalle coltri eluvio colluviali (b2), depositi di versante (a) e corpi di frana antichi (a1a) accumulatisi per gravità.

In particolare, l'areale in progetto preso in esame è costituito dalla sedimentazione oligo miocenica del Campidano rappresentata nel nostro contesto dalle sequenze marnose arenacee, e siltitiche giallastre, a cui si sovrappongono i basalti dei plateau delle Giare. e tutti i depositi quaternari alluvionali di fondo valle e dei corsi d'acqua di contesto, oltre corpi di frana antichi, depositi detritici eluvio colluviali, depositi detritici di base derivati dall'erosione dei rilievi. Geomorfologicamente siamo in un'area della giara basaltica di Serri dove si evidenzia un netto distacco tra il paesaggio delle marne arenacee

mioceniche e lo stesso vulcanico basaltico pliocenico. Il territorio presenta infatti altezze medie variabili da un minimo di circa +620m ad un massimo di circa +649m. Solo verso nord in corrispondenza delle parti di territorio, anche se esterno al progetto, si rilevano acclività più elevate legate alla maggiore resistenza litologica della formazione metamorfica delle arenarie di San Vito, metarenacea micacea antica paleozoica. Le forme più vistose sono legate alla Giara, che rappresentano vere e proprie "mesas", sviluppatesi in corrispondenza dei basalti pliocenici. Le porzioni di scarpata che la delimita, talora anche di varie decine di metri d'altezza, corrisponde allo spessore del basalto. Più a SE spostandoci verso il tessuto urbano e oltre verso est, questi terreni che affiorano in posizione sommitale ma con pendenze non trascurabili, generano delle superfici strutturali inclinate simili alle cuestas, da cui si differenziano per l'elevato approfondimento del reticolo idrografico.

In sintesi: sono di seguito rappresentate le tipologie di terreni descritti in relazione geologica e che possono essere raggruppati secondo il seguente criterio geomeccanico:

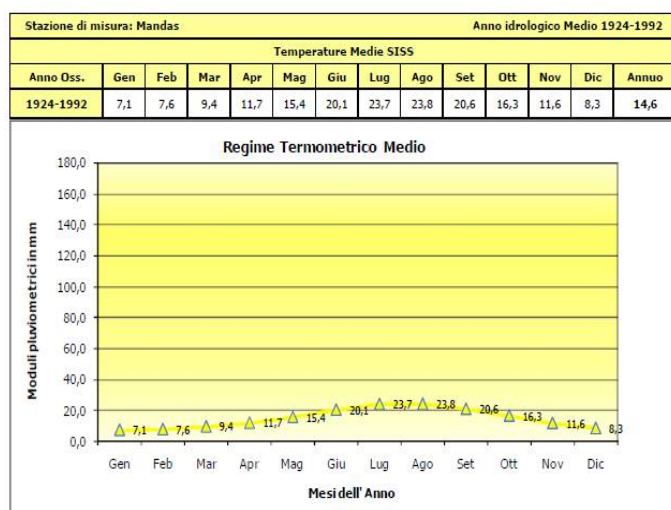
- Sedimenti legati alla gravità: Coltri eluvio colluviali b2 → detriti immersi in matrice fine talvolta con suoli più o meno evoluti – Olocene: si tratta di depositi in genere monogenici, eterometrici, con clasti scarsamente elaborati, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti più ripidi. Si presentano incoerenti o scarsamente cementati, a volte in corso di stabilizzazione da parte di una vegetazione erbacea ed arbustiva. Gli spessori possono essere molto variabili, ma raramente superano i 10.0m. In essi sono presenti percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt) più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica. Generalmente sono mescolati con sedimenti più grossolani, di solito detriti da fini a medi;
- Sedimenti legati alla gravità: Depositi di versante a → detriti a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati – Olocene: si tratta di depositi in genere monogenici, di solito eterometrici e con clasti scarsamente elaborati, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti più ripidi. Essi si presentano incoerenti o scarsamente cementati, a volte in corso di stabilizzazione da parte di una vegetazione erbacea ed arbustiva. Gli spessori possono essere molto variabili, ma raramente superano i 5.0 m;
- Sedimenti legati alla gravità: Corpi di frana antichi a1a → detriti a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati – Olocene: estesi accumuli gravitativi, che di solito non presentano indizi di attività, affiorano diffusamente ai bordi dei rilievi tabulari della Giara di Serri. Sono caratterizzate da spessori anche non trascurabili di depositi detritici e colluviali vegetati, dove il versante è ricoperto da spessori considerevoli ed apparentemente omogenei di suoli.
- Successione sedimentaria oligo miocenica del campidano - Marne di Gestori GST → costituita da una successione prevalentemente marnoso-arenacea. Si tratta prevalentemente di una successione,

- potente alcune centinaia di metri, costituita da un'alternanza monotona di marne arenacee e siltitiche con subordinate intercalazioni di arenarie;
- Unità tettonica di Riu Gruppa – Cambiano – Ordoviciano - Arenarie di San Vito SVI → è una formazione prevalentemente terrigena costituita da metarenarie fini di colore grigio-verde oliva, metasiltiti, quarziti e metargilliti. Nella parte media della formazione sono presenti metaconglomerati a elementi di quarzo e metarenarie in abbondante matrice filladica grigio chiara. La parte alta della formazione è caratterizzata dalla presenza di livelli da centimetrici a decimetrici di metapeliti varicolori da grigio a viola scuro;
 - Basalti dei Plateau – Basalti delle Giare BGR → i basalti costituiscono in genere espandimenti tabulari, che sembrano corrispondere ad altrettanti apparati vulcanici che hanno eruttato separatamente, dei quali si possono osservare localmente la forma, i dicchi alimentatori e i prodotti piroclastici eruttati in prossimità della zona di alimentazione. I prodotti piroclastici sono costituiti da accumuli di piroclastici scoriacee composti da lapilli e bombe a fuso di dimensioni decimetriche. Alla base delle colate sono presenti livelli di scorie autoclastiche (clinker) generatesi per scomposizione in blocchi della lava. Localmente si osservano fenomeni di alterazione termica sul substrato marnoso miocenico generati dal contatto con il magma incandescente. La sequenza tipica di questi depositi è costituita da una porzione basale della colata con la breccia, mentre nella parte alta si hanno bancate anche decametriche di lava massiva.

1.4 – Inquadramento climatico generale

Il clima della Sardegna viene generalmente classificato come "Mediterraneo Interno", caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde. Da un punto di vista più generale, il Mediterraneo può essere considerato come una fascia di transizione tra le zone tropicali, dove le stagioni sono definite in accordo alla quantità di pioggia, e le zone temperate, dove le stagioni sono

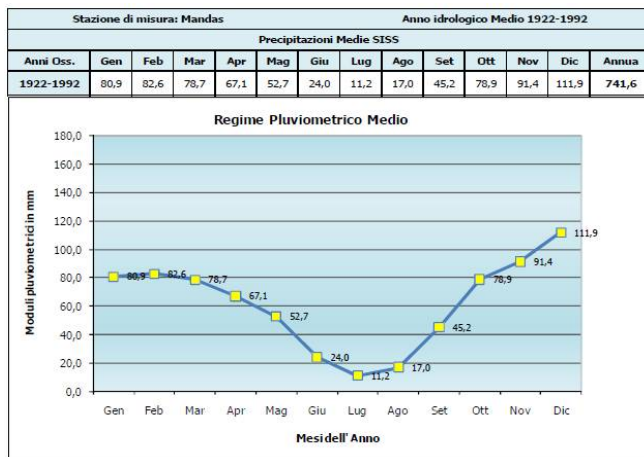
caratterizzate dalle variazioni di temperatura. Di conseguenza si ha a che fare con grandi variazioni interstagionali di precipitazione accompagnate da variazioni di temperatura, senza che però le une e le altre raggiungano i valori estremi tipici delle due aree climatiche (Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna SAR). Per definire le caratteristiche climatiche, che possono influenzare i fattori ambientali a scala locale, si è stato eseguito un inquadramento climatico generale di tutto il



Committente: ENERGYERRI1 S.R.L. - Via Pantelleria 12, Cagliari (CA)

Progetto: Impianto agrivoltaico a terra da 39,99 mw tipo ad inseguimento monoassiale e impianto di accumulo (bess) da 15mw "Serri" (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - **ORG** 441

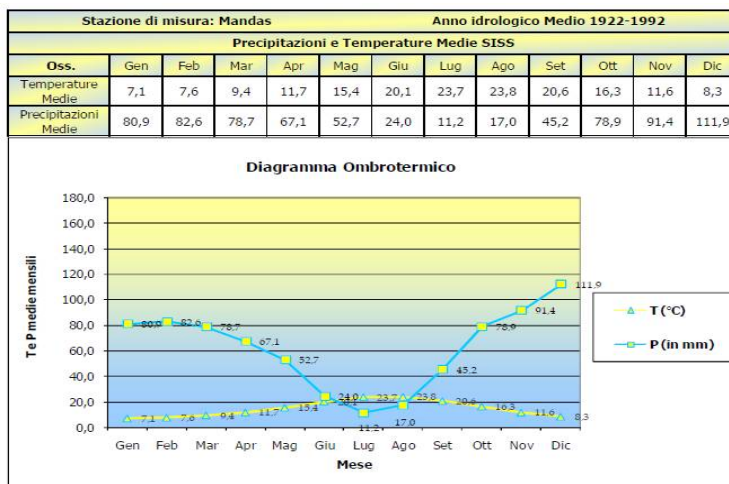


settore circostante il sito di interesse. In particolare, sono stati utilizzati i dati SISS misurati nella stazione di Mandas F.C. I dati di temperatura sono relativi alla stazione di misura di Mandas F.C., la più idonea per distanza ed esposizione, e si riferiscono ad un periodo di osservazione compreso tra il 1924 e il 1992. Di seguito si riportano in Tabella, le temperature medie mensili ed annua.

Dalle tabelle sotto riportata e dal relativo compendio grafico si evince che la temperatura

media annua è di 14,6 °C, Luglio e Agosto sono i mesi più caldi (Tm pari a 23,7 e 23,8 °C), Gennaio e Febbraio sono i più freddi (Tm paria a 7,1 °C e 7,6 °C). Le precipitazioni rilevate nella stazione di Mandas F.C. si riferiscono ad un periodo di osservazione compreso tra 1922 e 1992. In Tabella si riportano le precipitazioni medie mensili ed annua (in mm). I dati in Tabella indicano che la precipitazione media annua è di 741,6 mm. I mesi più piovosi sono Novembre con 91,4 mm e Dicembre, con 111,9 mm; quelli più aridi sono Luglio con 11,2 mm e Agosto con 17,0 mm.

Diagramma Ombrotermico



I Valori di temperatura e di precipitazione medi mensili consentono di ricostruire il diagramma che riproduce il regime termo-pluviometrico medio annuo. Infatti, riportando in ascisse i 12 mesi e in ordinate i corrispondenti valori medi mensili di T e P si può schematizzare il loro andamento nel corso dell'anno. L'andamento delle curve consente di affermare che nei mesi estivi di Luglio e Agosto, dove le temperature medie mensili

raggiungono il valore massimo di 23,7°C e 23,8°C, si riscontrano minimi di piovosità (rispettivamente 11,2 mm e 17,0 mm), mentre nei mesi di Novembre e Dicembre, dove le temperature medie mensili oscillano tra 11,6 °C e 8,3 °C, si raggiungono le piovosità più elevate (rispettivamente 91,4 mm e 111,9 mm).

TIPO DI CLIMA: nel settore esaminato i valori medi di temperatura e precipitazione sono caratteristici di un clima di tipo temperato-caldo: infatti, la temperatura media annua è prossima 15,0 ° C (Tm = 14,6



°C), la temperatura media del mese più freddo è compresa tra 6,5° e 9,9 °C (Tm Gennaio = 7,1 °C), da 3 a 4 mesi l'anno la media mensile è pari o superiore a 20°C (Giugno, Luglio, Agosto, settembre rispettivamente con Tm pari a 20,1°C, 23,7°C, 23,8°C e 20,6°C) e le precipitazioni medie annue sono comprese tra 500,0 e 800,0 mm annui (Pm/annua = 741,6 mm).



Figura 11 – Rappresentazione U.I.O del Fumini Mannu – Cixerri (PTA Regione Sardegna)

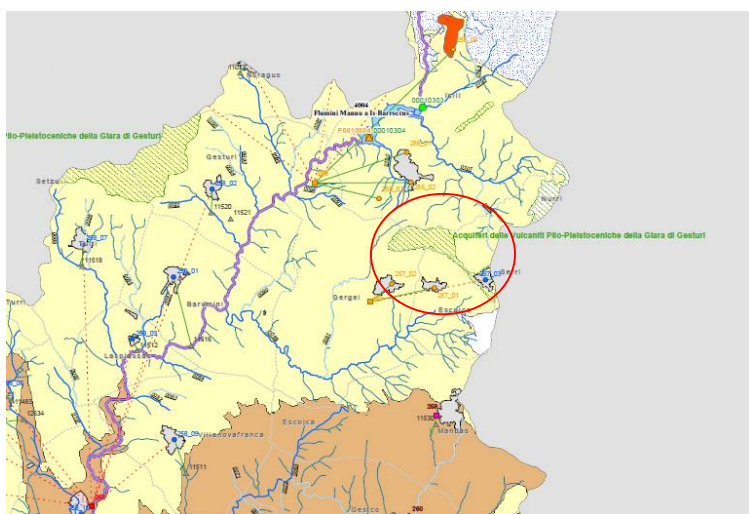


Figura 12 – Rappresentazione U.I.O del Fumini Mannu – Cixerri (PTA Regione Sardegna) - Acquiferi

Acquiferi

- Acquiferi Plio Quaternari
- Acquiferi Vulcanici Plio Quaternari
- Acquiferi Sedimentari Terziari
- Acquiferi Vulcanici Terziari
- Acquiferi Carbonatici Mesozoici Paleozoici

1.5 - Idrogeologia e idrologia superficiale

Dal punto di vista idrografico il settore in esame rientra nell'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu_Cagliari_Cixerri, con un'estensione superficiale di 3.566 Km². Essa comprende, oltre ai bacini principali del Flumini Mannu e del Cixerri, aventi un'estensione rispettivamente di circa 1779,46 e 618,14 km², una serie di bacini minori costieri della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a Capo Carbonara. È delimitata a nord dall'altopiano del Sarcidano, a est dal massiccio del Sarrabus – Gerrei, a ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari. L'altimetria varia con quote che vanno dai 0m (s.l.m.) nelle aree costiere ai 1154 m (s.l.m.) in corrispondenza del Monte Linas, la quota più elevata della provincia di Cagliari. Dal punto di vista idrografico superficiale sono presenti nel nostro contesto una serie di aste fluviali che si dipartono dall'asse morfologico NE > SW di monte, in direzione ad esempio delle aree di Monte Simudis 652m e Monte Marmuri 495m. Da punto di vista idrogeologico, i complessi acquiferi costituiti da una o più unità idrogeologiche omogenee che

caratterizzano il territorio, nell'ambito dell'unità idrografica omogenea di appartenenza, sono i seguenti:

- Acquifero delle vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Giara di Gesturi: basalti, basaniti, trachibasalti, hawaiiti, andesiti basaltiche, trachiti, fonoliti e tefriti in cupole e colate con intercalazioni e coni di scorie e con livelli sedimentari fluvio-lacustri intercalati, rioliti, riodaciti e daciti in cupole e colate, con sporadici depositi piroclastici associati. Permeabilità complessiva per fessurazione da medio-bassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, vescicolari e cavernose, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta;
- Complesso Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale". Questo complesso, con caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee, è costituito dalle seguenti Unità Idrogeologiche:
 - *Unità Detritico-Carbonatica Miocenica Superiore* costituita da: Calcari, calcareniti, arenarie marnose con subordinate marne e siltiti, conglomerati e arenarie con permeabilità complessiva medio-alta; da medio-bassa a medio-alta per porosità nei termini detritici, medio-alta per fessurazione e/o carsismo nei termini carbonatici. Marne, marne arenacee e siltose, conglomerati a matrice argillosa con subordinate arenarie, calcareniti e sabbie, con locali intercalazioni tufacee con permeabilità complessiva medio-bassa per porosità; localmente medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei;
 - *Unità Detritico-Carbonatica Oligo-Miocenica Inferiore* costituita da: Conglomerati, arenarie, marne, tufiti, calcari, di ambiente marino con permeabilità complessiva medio-alta per porosità e subordinatamente per fessurazione e/o carsismo (calcari); localmente medio-bassa in corrispondenza dei termini marnosi e vulcanici. Conglomerati e arenarie con matrice generalmente argillosa, siltiti e argille, con locali intercalazioni di tufi e di calcari selciosi, di ambiente continentale con permeabilità per porosità bassa.

L'alternanza di sedimenti a differente composizione granulometrica, grado d'addensamento e di consistenza, determina, localmente, variazioni di permeabilità. La permeabilità è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché il terreno non è un corpo omogeneo, è intuibile che all'interno dello stesso varino sia le caratteristiche chimico-fisiche, che le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità dei depositi alluvionali, la permeabilità, non è rappresentata da un unico valore del coefficiente "K" in m/s ma da un intervallo di questo.

I terreni esaminati, in base alle caratteristiche geo-litologiche, fisiche e d'alterazione con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere distinti in 2 classi di permeabilità, nello specifico: alle coperture Quaternarie Oloceniche costituite da depositi detritici eluvio-colluviali e alluvionali ghiaioso-sabbiosi, derivati dallo smantellamento delle vulcaniti e non, viene assegnata la

classe più alta per porosità, mentre a quelli colluviali pedogenizzati viene assegnata la classe medio-bassa per porosità, addensati e talvolta cementati. Le parti vulcaniche presentano permeabilità complessiva per fessurazione da medio-bassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta.

Età Geologica	Grado di permeabilità relativa			Litologia
	AP superiore a 10^{-3}	MP $10^{-3} \div 10^{-5}$	BP $10^{-5} \div 10^{-7}$	
QUATERNARIO				Depositi eluvio-colluviali e detritici (Olocenici)
				Alterazione in sito di litologie colluviali pedogenizzate
TERZIARIO				Marne, marne arenacee e siltitiche, calcareniti, basalti

Nell'area è possibile distinguere due pattern principali:

- Zona più elevata, costituita dal litotipo "Basaltico delle Giare";
- Zona più depressa, nel settore morfologicamente di fondovalle.

La densità di drenaggio e, generalmente, le caratteristiche del deflusso idrico superficiale, sono influenzati dalla tipologia delle rocce presenti e dalla configurazione tettonico-strutturale. Le rocce vulcaniche affioranti (aree più elevate) presentano una permeabilità bassa (funzione del grado di fratturazione) che favorisce il deflusso superficiale delle acque meteoriche e, conseguentemente uno sviluppo del reticolo idrografico piuttosto marcato quando le condizioni del territorio permettono lo sviluppo di un reticolo idrografico.

1.6 – Pericolosità geologica

L'insieme dei fenomeni geologici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

1.6.1 - Pericolosità Idrogeologica

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA): il Piano è redatto in ottemperanza alle previsioni del D.Lgs. 23 febbraio 2010, n.49 avente a oggetto "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni". Oltre ai riferimenti normativi, sono stati redatti a livello nazionale e comunitario numerosi documenti tecnici che riportano linee guida e indirizzi applicativi finalizzati a supportare le Autorità di Bacino nella redazione dei Piani di gestione del rischio di alluvione.

Il Comune di Serri è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, Flumini Mannu Cagliari-Cixerri del PTA, così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F.. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale", in un'area a pericolosità geomorfologia da frana (Hg) e idraulica (Hi) assente.



Figura 13 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate in ambito Rev. 59 aggiornate alla data settembre 2020

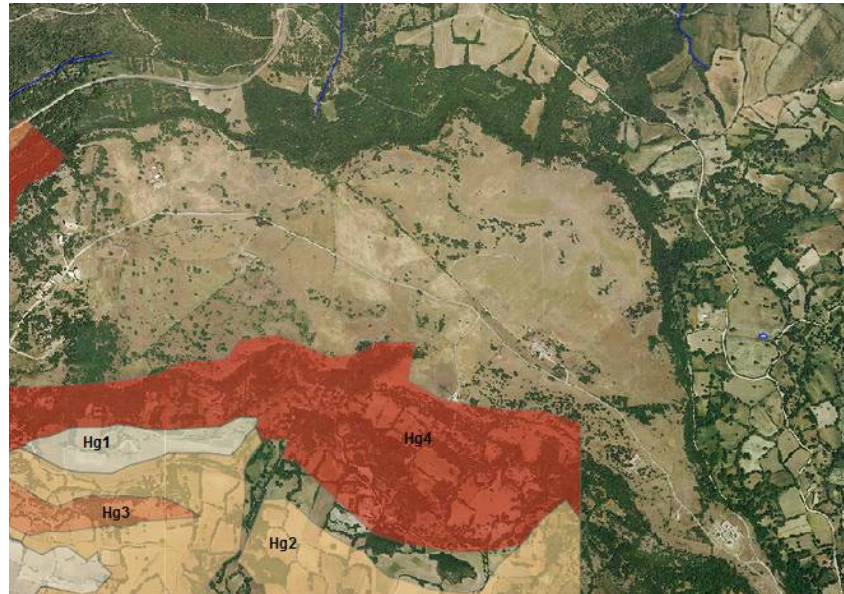


Figura 14 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica (rev. 42) mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018.

1.6.1.1 - Progetto P.S.F.F

Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica.

1.6.1.2 - Progetto I.F.F.I

Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI), non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi, ad eccezione delle parti a contorno in prossimità del contatto litologico tra il vulcanico e il sedimentario marnoso.

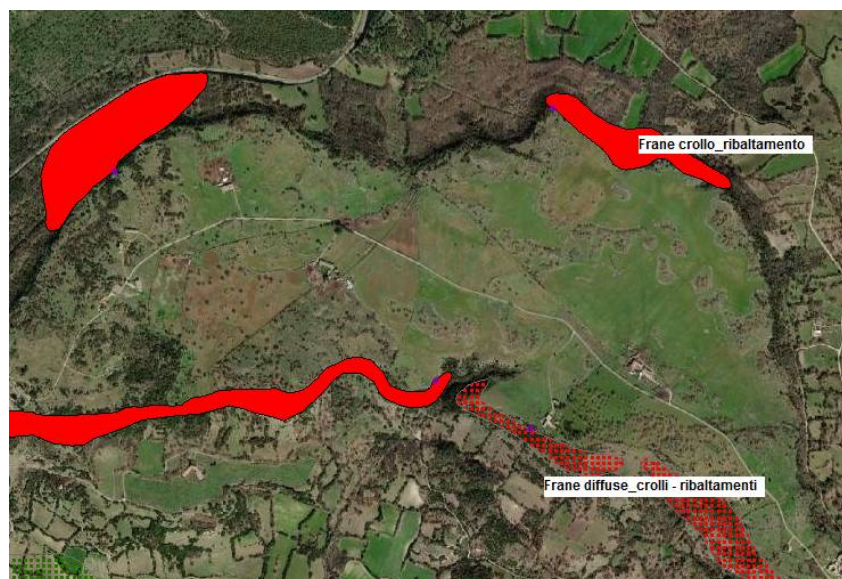


Figura 15 – Progetto IFFI – Sardegna: frane per crollo – ribaltamento - diffuse

1.6.2 - Pericolosità sismica

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è manifestata attraverso la Classificazione Sismica del Territorio, che si basa sull'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e l'applicazione di speciali norme tecniche per le costruzioni (NTC) nelle zone classificate sismiche. Ai fini della caratterizzazione del territorio o di porzioni di esso è pertanto importante individuare l'appartenenza di ciascun comune o porzione di esso ad una delle zone sismiche definite sulla base del valore massimo del parametro di pericolosità sismica valutato all'interno dell'area considerata.

Quadro Normativo e Caratterizzazione Sismica del Territorio

La legislazione antisismica italiana, sino al 2003 classificava il territorio nazionale in tre categorie sismiche. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, corrispondente al 45% della superficie del territorio nazionale nel quale risiede il 40% della popolazione.

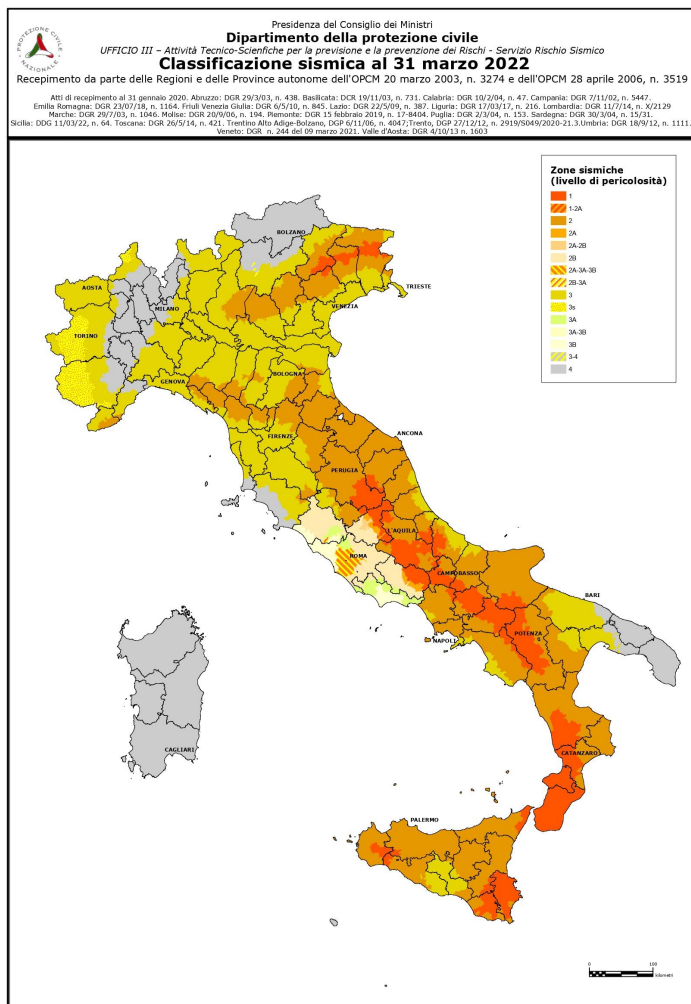
Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazioni e 2003
S=12	Prima categoria	zona 1
S=9	Seconda categoria	zona 2
S=6	terza categoria	zona 3
non classificato	N.C.	zona 4

Nei Decreti emessi fino al 1984 la sismicità fu definita attraverso il "grado di sismicità" S; nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzarono 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC).

La corrispondenza fra le diverse definizioni succedutesi nel tempo è sintetizzata in tabella. Nella Classificazione 2003 la sismicità fu definita da quattro zone omogenee numerate da 1 a 4. I criteri di classificazione sismica del territorio nazionale contenuti nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, furono basati sugli studi e le elaborazioni relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio fosse interessato in un certo periodo (generalmente 50 anni) da un evento che superava una determinata soglia di intensità o magnitudo. L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", affidò alle Regioni l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dando in questo modo attuazione al D. Lgs. 112/1998 ed in particolare agli articoli 93 comma 1g e 94 comma 2a, indicanti la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico. L'Ordinanza, allineando il sistema normativo per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), consentì la razionalizzazione del processo d'individuazione delle zone sismiche.

L'allegato 1 di tale Ordinanza, il cui aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004) previsto dall'O.P.C.M. 3274/03 fu adottato con l' dall'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, stabilì che le zone sismiche erano individuate da 4 valori dell'accelerazione orizzontale di

picco del suolo [ag] con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. In particolare le "Norme tecniche" indicarono 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; pertanto la sismicità fu definita mediante zone omogenee numerate da 1 a 4 in ordine crescente di pericolosità.



- **Zona 1** - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali [ag/g] $\geq 0,25g$.
- **Zona 2** - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,25g > [ag/g] \geq 0,15g$ possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- **Zona 3** - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > [ag/g] \geq 0,05g$ possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- **Zona 4** - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] < 0,05g$ le possibilità di danni sismici sono basse.

Nella Carta della Zonazione Sismica del territorio nazionale (2003-2004) e nella Classificazione Sismica dei Comuni Italiani (OPCM 3274 20/03/2003 Allegato A), il Comune di Serri ricadeva in zona 4. Per la presenza di alcuni errori ed imprecisioni nel testo dell'Ordinanza 3274 furono emendate dalla successiva Ordinanza 3316 del 2 ottobre 2003 "Modifiche ed integrazioni al

testo dell'Ordinanza 3274". L'Ordinanza 3431, pubblicata sulla G.U. del 10 maggio 2005, apportò inoltre ulteriori modifiche, integrazioni e, a volte, semplificazioni all'Ordinanza 3274 del 2003, ne prorogò di ulteriori 3 mesi il periodo sperimentale di applicazione e traslò l'entrata in vigore, a carattere vincolante delle nuove norme sismiche al 8 agosto 2005 (adottato con l'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006). Il periodo di proroga fu ulteriormente esteso da Ordinanze successive fino all'emanazione del "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni (Testo Unico)" del 23 settembre 2005.

L'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003 non entrò mai in vigore come norma vincolante, ma il suo impianto generale fu tuttavia confermato dalle norme successive. Il DM 14/09/2005 "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 23 settembre 2005, che rappresentò la legge di riferimento per l'ingegneria civile, identificò i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unificando sia le norme relative al comportamento e alla resistenza dei materiali e delle strutture sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti. Più specificamente per l'analisi sismica il decreto riprese la caratterizzazione delle azioni con l'impostazione generale introdotta dalle Ordinanze 3274 e 3431. Le procedure operative di dettaglio descritte in queste ultime erano da intendersi solo come suggerimenti esemplificativi e non come imposizioni prescrittive. In particolare ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il D.M. 14 settembre 2005 prescrisse "la necessità di valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale". Qualora tali valori non fossero disponibili, poteva essere utilizzata "la classificazione basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs o il numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media Cu". Nella mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale 2005, edita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il Comune di Serri come l'intero territorio isolano, non presentò alcuna variazione: tutti i Comuni furono inseriti nella classe 4. L'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 al comma 2.1. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", dispone che "In zona 4 è lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica", confermando quanto prescritto nelle precedenti ordinanze.

Il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, stabilisce di recepire in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente all'aggiornamento della nuova mappa di rischi sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 in cui tutti i Comuni isolani sono inseriti in zona 4 rimane in vigore il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, che consente per i Comuni della Sardegna la "non introduzione dell'obbligo della progettazione antisismica. Per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità, nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone. Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), che sostituiscono quelle approvate con D.M. del 14 settembre 2005, hanno, infatti, modificato il ruolo che

la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Va precisato che, in seguito a tale classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Limitatamente alle costruzioni ordinarie presenti nei siti ricadenti in zona 4, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, la norma consente l'utilizzo della "vecchia" metodologia di calcolo alle tensioni ammissibili di cui al D.M. 16 gennaio 1996, ma obbliga comunque a tenere conto dell'azione sismica con l'assunzione di un grado di sismicità convenzionale $S=5$.

La Classificazione Sismica (Zona Sismica di Appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti. L'entrata in vigore della revisione della norma NTC08, nel 2018, segna il definitivo abbandono della metodologia delle tensioni ammissibili: dal 22/03/2018, con l'entrata in vigore delle NTC08 non sarà più possibile utilizzare questa metodologia, neanche per le ex-zone 4, a favore del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite. Inoltre nella norma NTC2018 sparisce ogni riferimento alla classificazione in zone sismiche, un refuso di stampa contenuto nelle NTC08 che contrastava fortemente con la metodologia della norma e con il calcolo a nodi degli scuotimenti attesi.

a) Pericolosità Sismica Locale

L'obiettivo delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) nella progettazione di nuove strutture è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito. L'azione sismica di progetto è definita dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione descritta dalla probabilità che, in un fissato intervallo (periodo di riferimento "VR" espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR".

La *pericolosità sismica* è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);

- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag - accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Poiché le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR variano al variare dello stato limite considerato, nelle verifiche devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo e di esercizio. In particolare, sono da valutare gli Stati Limite di Esercizio SLO (Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) e gli Stati Limite Ultimi SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Per la determinazione di ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è indispensabile conoscere le *coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare*. Si determina, quindi, la maglia di riferimento con l'ausilio delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto: si ottengono in tal modo tre valori: ag (g/10), F_0 e T_c^* → [definiscono le forme spettrali]. I valori di ag, F_0 e T_c^* per gli "stati limite di esercizio", SLO e SLD, e per gli "stati limite ultimi", SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzata la nuova struttura e utilizzando la classe d'uso I (*Presenza occasionale di persone, edifici agricoli*).

b) Categorie di Sottosuolo

Per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori di Vs eq possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le

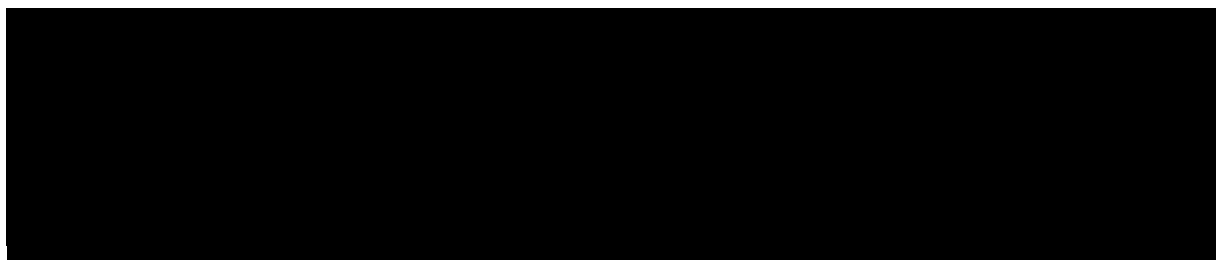
fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla classe C.

Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

c) Condizione Topografica

Il moto generato da un terremoto, oltre che dalle caratteristiche stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, dipende dalle caratteristiche topografiche del sito. Nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che "Gli effetti topografici possono essere trascurati" poiché presentano "un'inclinazione media inferiore a 15°".



Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C _u	0,7	1,0	1,5	2,0

	TIPI DI COSTRUZIONE	Valori minimi di V _N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

1.6.2.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Dati sulla costruzione:

- Classe d'uso: I
- Vita Nominale: 50 anni
- Coefficiente d'uso: 0.700000
- Vita di riferimento: 35.000000 anni

Dati sull'area SENSIBILE:

- **X** = 1511000.0000 Longitudine **E**
- **Y** = 4396000.0000 Latitudine **N**

STATO LIMITE DI ESERCIZIO (S.L.E)

- Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (SLO)
Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0193 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.5975 \rightarrow Tc^* = 0.1749\text{sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)
Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0206 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.6020 \rightarrow Tc^* = 0.1787\text{sec}$

STATO LIMITE ULTIMO (S.L.U)

- Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV)
Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0429 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.6969 \rightarrow Tc^* = 0.2976 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)
Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0508 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.7673 \rightarrow Tc^* = 0.3285\text{sec}$

RELAZIONE GEOTECNICA

Competenze professionali: la redazione relazione geotecnica come riportato all'art. 41, comma 1, lett. e), del citato D.P.R., dispone che formano oggetto dell'attività professionale degli iscritti nella sezione A dell'Albo dei geologi "le indagini e la relazione geotecnica". La competenza del geologo è stata inoltre riconosciuta dal Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701 e dal Consiglio di Stato, IV Sezione n. 1473 del 12.03.2009. Le competenze degli ingegneri in materia di geotecnica sono circoscritte ai soli iscritti alla sezione A dell'Albo, settore "ingegneria civile ed ambientale", ai sensi dell'art. 46, comma 1, lett. a) [Parere del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Ufficio Legislativo prot. n. 1849/500 del 24.07.2002]

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del D.M. 11.03.1988 (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, 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). Le indagini sono state svolte in ottemperanza alle norme fissate dall'A.N.I.S.I.G. (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483 (punto A3): istruzioni 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, Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - N.T.C. 2008 sulle costruzioni - Nuove NTC 2018 sulle costruzioni (§ 2.6 - § 3.2. ÷ 3.2.2. - § 7.11.3.), secondo le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Stesura di una relazione geotecnica sulla base di specifiche indagini geognostiche e prove in sito, a supportato dalle conoscenze dei luoghi litologici per esperienze pregresse svolte dallo scrivente sull'areale sensibile¹, oltre consultazione di miscellanee e bibliografia.

2. Considerazioni geotecniche di contesto

L'analisi dell'area sensibile conferma una situazione geomorfologica locale stabile, essendo il progetto ubicato in una zona sub pianeggiante leggermente degradante verso NE/SE, e una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del substrato essenzialmente vulcanico (basalti dei Plateau) appartenente ai basalti delle Giare (BGR). Allo stesso è associata la presenza di una copertura quaternaria a giacitura sub orizzontale e omogenea di materiale detritico eluvio colluviale e/o detritico di versante a clasti angolos, entrambi in matrice fine coesiva diversamente distribuita. Le opere previste in progetto non comporteranno scavi importanti per la posa delle fondazioni, né sbancamenti, né determineranno una modificazione nell'equilibrio morfologico dell'area d'intervento. Più precisamente le strutture verranno realizzate mediante infissione di un palo (tracker a pali infissi) del diametro di circa 20cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c..

¹ Impresa Geotest srl



Nel nostro contesto specifico, andrà ad interessare essenzialmente una diffusa copertura superficiale (b2/a) di materiale fine detritico eluvio colluviale soventemente frammisto a materiale incoerente detritico di versante a clasti angolosi, per la stessa conformazione morfologica dell'area. Ad esso si dovrà tenere conto anche di un interessamento delle strutture su materiali più consistente di natura vulcanica in quanto siamo su di in una superficie di spianamento antica, costituiti da basalti in espandimenti e colate. Allo stato attuale, l'area di progetto inserita in un paesaggio morfologico sub pianeggiante, non è interessata da processi gravitativi, vista la modesta pendenza né da fenomeni di erosione idrica concentrata. Pertanto, i processi morfogenetici attivi si limitano a fenomeni di dilavamento diffuso lungo le aree di compenetrazione, durante i periodi intensamente piovosi, ed a localizzata sedimentazione eluvio-colluviale. Le uniformità locali di compattazione, la maggiore o minore presenza del legante (limo ed argilla), la presenza (%) o meno di elementi più grossi (sabbie grosse – ghiaie, sino a ciottolame), influenzano la condizione geotecnica generale propria di questi strati, dello spessore stimato superiore ai 4.0 metri da p.c., comunque variabile a seconda del tipo di deposizione considerata, come ad esempio nei depositi detritici eluvio colluviali gli spessori si attestano nell'ordine di qualche metro.

Nel nostro caso, ci si potrà attestare con lo scavo per la realizzazione delle fondazioni su palo infisso, all'interno di una stessa litologia detritica (b2/a) quaternaria recente, con in subordine quota parte del substrato vulcanico basaltico delle Giare, sub superficiale, così descritta:

- Sedimenti legati alla gravità: Coltri eluvio colluviali b2 → detriti immersi in matrice fine talvolta con suoli più o meno evoluti – Olocene: si tratta di depositi in genere monogenici, eterometrici, con clasti scarsamente elaborati, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti più ripidi.
- Sedimenti legati alla gravità: Depositi di versante a → detriti a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati – Olocene.
- Basalti dei Plateau – Basalti delle Giare BGR → i basalti costituiscono espandimenti tabulari, costituiti da accumuli di piroclastici scoriaee composti da lapilli e bombe a fuso di dimensioni decimetriche. La sequenza tipica di questi depositi è costituita da una porzione basale della colata con la breccia, mentre nella parte alta si hanno bancate anche decametriche di lava massiva.

2.1 - Stima dei parametri geotecnici

Nota la costituzione geostrutturale del sito, per la determinazione specifica della portanza del terreno e del suo carico limite è stata ritenuta sufficiente la caratterizzazione puntuale dei materiali situati poco al di sotto del piano campagna su cui sarà intestato direttamente il palo a supporto dei pannelli fotovoltaici previsti in progetto. Lo stesso graverà su di un terreno costituito da detriti immersi in matrice fine talvolta con suoli più o meno evoluti, monogenici, eterometrici, con clasti scarsamente elaborati, e/o materiali detritici a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati, su di un substrato basaltico in parte affiorante a seconda dell'assetto morfologico del tabulato.



Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera d'intervento, sono state ricavate da esperienze lavorative pregresse eseguite in aree limitrofe e litologicamente omogenee, correlabili, il tutto supportato da dati bibliografici e miscelanee. Le considerazioni che seguono hanno tenuto conto della correlazione esistente tra la formula di "Parry" e i valori rilevati dalle prove dinamiche discontinue N/SPT $\rightarrow R_{\text{terreno}} = 30N_{\text{spt}} / F_s$ coefficiente di sicurezza.

I parametri geotecnici dell'unità litostratigrafica che insiste per la maggiore al piano di fondazione sono indicati nella tabella sottostante:

Unità A \rightarrow Depositi detritici eluvio colluviali e/o detritici di versante – Olocenici: ghiaie sabbiose con inclusioni clastiche eterometriche, con subordinati livelli fini di limi argillosi e/o argille limose derivanti dalla stessa alterazione del substrato vulcanico.

Peso di volume naturale (γ_N)	19,12 KN/M ³
Peso di volume saturo (γ_w)	20,50 KN/m ³
Angolo di attrito interno (φ)	28° ± 2
Coesione c_{nd}	19,61 ÷ 29,42 KN/m ²
Modulo Elastico (E)	14121,57 KN/m ² (Schmertmann)
Modulo Edometrico (M)	15984,83 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT medio	15
Resistenza terreno R	1,47 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$	1,92
Caratteristiche strato	da addensato a molto addensato

Unità B \rightarrow Substrato basaltico in espandimenti tabulari. La sequenza tipica di questi depositi è costituita da una porzione basale della colata con la breccia, mentre nella parte alta si hanno bancate anche decametriche di lava massiva.

Peso di volume naturale (γ_N)	21,0 KN/M ³
Angolo di attrito interno (φ)	40°
Modulo Elastico (E)	58839,90 KN/m ² (Schmertmann)
Modulo Edometrico (M)	55015,31 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT medio	50
Resistenza terreno R	4,90 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$	6,66
Caratteristiche strato	da consistente a duro (coerente)

2.2 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018

Premessa: Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2008) la verifica di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (S.L.U) di resistenza, si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite la disequazione: $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto (risultante della combinazione delle azioni agenti sulle costruzioni), R_d è la resistenza di progetto del terreno, che equivale al carico limite calcolato con il metodo delle tensioni ammissibili (D.M.11/03/88) ridotto di un certo coefficiente parziale (γ_R). Il valore di progetto si ottiene con una combinazione delle azioni sulle costruzioni e di coefficienti parziali, che tiene conto del massimo carico d'esercizio trasmesso sulla fondazione, dato da $N = G + Q$, che è la somma dei carichi permanenti sfavorevoli (G) e dei carichi variabili sfavorevoli (Q). La combinazione delle azioni è funzione del tipo di calcolo, se finalizzato agli stati limite ultimi (SLU) o agli stati limite d'esercizio (SLE). Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) si possono adottare 2 metodi:

Il primo metodo tiene conto di 2 combinazioni:

- ❖ **Strutturale (STR):** è lo stato limite di resistenza della struttura e riguarda gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno; è definito dalla combinazione $A_1+M_1+R_1$;
- ❖ **Geotecnico (GEO):** è lo stato limite di resistenza del terreno, si utilizza per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno che interagiscono con il terreno; è definito dalla combinazione $A_2+M_2+R_2$.

Il secondo metodo si basa su di una combinazione unica, che considera sia gli stati limite ultimi strutturali che geotecnici, definita da $A_1+M_1+R_3$.

Le combinazioni sono formate da gruppi di coefficienti parziali γ con:

- A = coefficienti parziali per le azioni, γ_F ;
- M = coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, γ_M (resistenza dei materiali);
- R = coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali γ_R (resistenza globale del sistema)

Con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2018) le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate al § 2.6. Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), come definito al §2.6.1, deve essere rispettata la condizione: $E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$

dove $E_{inst,d}$ è il valore di progetto dell'azione instabilizzante, $E_{stb,d}$ è il valore di progetto dell'azione stabilizzante. La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori γ_F riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I. Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$ [§ 6.2.1] essendo E_d il valore di progetto

dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni [6.2.2a] o [6.2.2b]. Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle [6.2.2a] e [6.2.3] rispettivamente in funzione delle azioni di progetto γF_k , dei parametri geotecnici di progetto $X_k/\gamma M$ e dei parametri geometrici di progetto a_d . Il coefficiente parziale di sicurezza γR opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla [6.2.2b] con $\gamma E = \gamma F$. In accordo a quanto stabilito al §2.6.1, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

La verifica della stabilità globale deve essere effettuata secondo quanto previsto nel capitolo 6.8 secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali delle tabelle 6.2.1 e 6.2.11 per le azioni e i parametri geotecnici, e nella tabella 6.8.1 per le resistenze globali. Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica $[A_1+M_1+R_3]$ in condizioni drenate (piano di infissione): la verifica è stata svolta per un palo del diametro minimo di 20cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c..

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Diametro della fondazione (tracker)	0,20m
Profondità piano di posa	2,0 m

SISMA

Accelerazione massima (a_{max}/g)	0.002
Effetto sismico secondo NTC:	Cascone Maugeri
Fattore di comportamento [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.194
Coefficiente intensità sismico terreno [K _{hk}]	0.0005
Coefficiente intensità sismico struttura [K _{hi}]	0.0061

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]



Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.0193	2.5975	0.1749
S.L.D.	35.0	0.0206	2.602	0.1787
S.L.V.	332.0	0.0429	2.6969	0.2976
S.L.C.	682.0	0.0508	2.7673	0.3285

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0232	0.2	0.0005	0.0002
S.L.D.	0.0247	0.2	0.0005	0.0003
S.L.V.	0.0515	0.2	0.001	0.0005
S.L.C.	0.061	0.2	0.0012	0.0006

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [kN/m ²]	Coesion e non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Descrizione
0.3	17.65	18.63	28.0	0.0	0.0	7354.99	0.0	0.30	Copertura - suolo
1.5	19.12	20.5	28.0	9.81	19.61	14121.57	15984.83	0.30	Detritico – unità A
5.0	21.0	21.0	40.0	0.0	0.0	58839.9	55015.31	0.35	Vulcanico – unità B

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	SISMA	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità à portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

- Carico limite [Qult] 3226.29 kN/m²
- Resistenza di progetto [Rd] 1792.39 kN/m²
- Tensione [Ed] 1075.43 kN/m² (ipotesi di verifica cedimenti 100 KN/m²)
- Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3,0



COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 129051.7 kN/m³

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

===== A1+M1+R3

Fattore [Nq] 81.27
 Fattore [Nc] 95.66
 Fattore [Ng] 100.39
 Fattore forma [Sc] 1.3
 Fattore forma [Sg] 0.6
 Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0
 Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0
 Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 3229.0 kN/m²
 Resistenza di progetto 1403.91 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

===== SISMA

Fattore [Nq] 81.27
 Fattore [Nc] 95.66
 Fattore [Ng] 100.39
 Fattore forma [Sc] 1.3
 Fattore forma [Sg] 0.6
 Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0
 Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.98
 Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

Carico limite 3226.29 kN/m²
 Resistenza di progetto 1792.39 kN/m²

2.2.1 – CEDIMENTI

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto 100 kN/m²
 Cedimento dopo T anni 15,0
 Distanza 0,04 m
 Angolo 118.19 °
 Cedimento totale 0,03cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
3	4.4	88.575	3.427	Edometrico	0.0299	--	0.0299

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Livello non liquefacibile



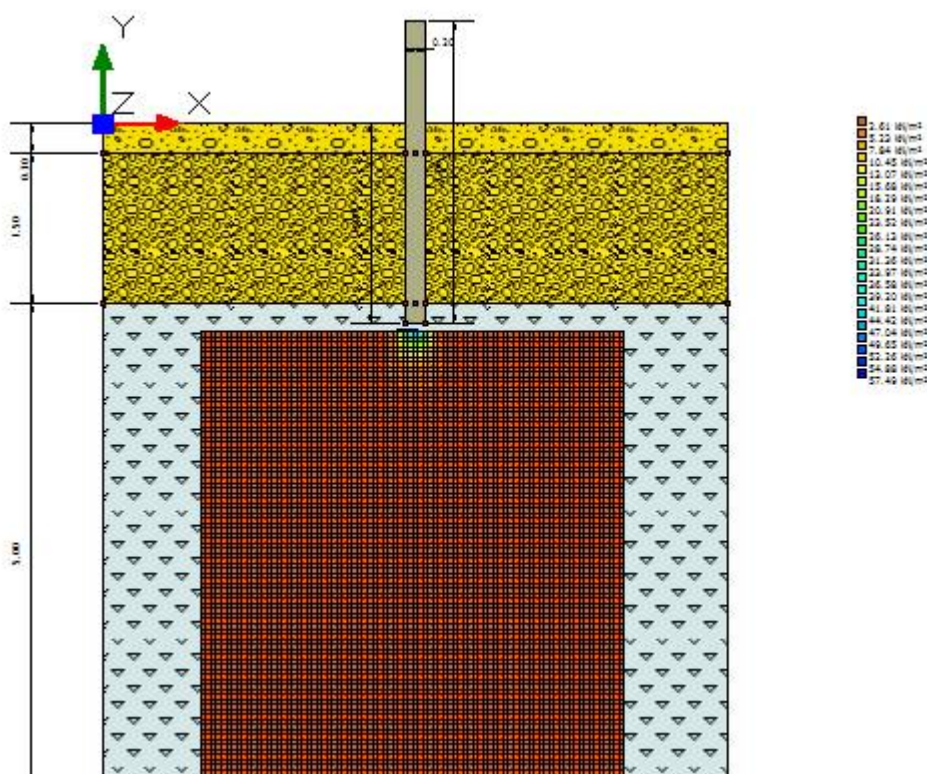


Figura 16 - bulbo sviluppo delle pressioni (ipotesi di verifica 100 KN/m²)

2.3 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo

L'area è costituita da depositi detritici eluvio colluviali, monogenici e eterometrici, con clasti scarsamente elaborati, a cui si contrappongono depositi di versante detritici a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati. Il substrato sub affiorante e/o affiorante a seconda dell'assetto morfologico è di natura vulcanica dettata dalla presenza dei basalti della Giara di Serri.

In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili, se necessario in quanto il sistema è ad infissione, con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna nei livelli più superficiali interessati dalla posa di una eventuale fondazione su "palo infisso". Si ricorda che l'eventuale presenza del substrato duro vulcanico, a breve profondità, non deve escludere l'uso di un eventuale martellone per roccia. La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. E' infatti possibile dare allo scavo un'inclinazione (inclinazione di sicurezza) tale per cui essa risulti stabile nel breve periodo senza che vi sia pericolo di crollo. La stabilità nei livelli detritici Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice fine coesiva, è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo al valore dell'angolo di attrito interno del materiale. Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come $FS = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$, dove ϕ = angolo di attrito interno del materiale e β = inclinazione della parete di scavo, per cui lo

scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie Oloceniche un $\varphi = 28^\circ$, per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo minima di circa 27° . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali (riconducibili ad un unico livello di interesse) $\rightarrow c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2$ - $\gamma_n = 19.12 \text{ KN/m}^3$ e utilizzando la seguente relazione: $H_c = 4 c/\gamma_n$ si ottiene un'altezza critica di scavo $H_c = \sim 4.10 \text{ m}$. Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (Hc) (Terzaghi) risulta ridotto per $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.0\text{m}$

Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo dello scavo, se presente, sia da quelle (eventuali) di debole falda idrica se risalita per incremento idrico al contatto tra il detritico di copertura e il substrato resistente vulcanico terziario.

3. CONCLUSIONI

In conformità a quanto fin qui esposto si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Gli interventi in progetto, relativi ad un impianto fotovoltaico a terra, sono ricompresi in un'area lorda di circa 65,2Ha all'interno dei confini amministrativi del Comune di Serri. Litologicamente è interessato da terreni quaternari a giacitura sub orizzontale e omogenea di materiale detritico (b2), costituito essenzialmente da coltri eluvio colluviali in genere monogenici, eterometrici, con clasti scarsamente elaborati e, depositi di versante (a) a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati. – Olocene. Essi ricoprono un substrato basaltico (BGR) (basalti delle Giare) che costituiscono espandimenti tabulari, costituiti da accumuli di piroclastici scoriacee composti da lapilli e bombe a fuso di dimensioni decimetriche. La sequenza tipica di questi depositi è costituita da una porzione basale della colata con la breccia, mentre nella parte alta si hanno bancate anche decametriche di lava massiva. Ad essi si contornano sia sedimenti marnosi arenacei e siltitici oligo miocenici appartenenti alle mame di Gestori (GST), sia l'unità tettonica di Rio Grappa costituita dalle Arenarie di San Vito (SVI).

Le tipologie di terreni descritti in relazione sono stati raggruppati secondo il seguente criterio geomeccanico:

- Sedimenti legati alla gravità: Coltri eluvio colluviali b2 → detriti immersi in matrice fine talvolta con suoli più o meno evoluti – Olocene: si tratta di depositi in genere monogenici, eterometrici, con clasti scarsamente elaborati, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti più ripidi.
 - Sedimenti legati alla gravità: Depositi di versante a → detriti a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati – Olocene.
 - Basalti dei Plateau – Basalti delle Giare BGR → i basalti costituiscono espandimenti tabulari, costituiti da accumuli di piroclastici scoriacee composti da lapilli e bombe a fuso di dimensioni decimetriche. La sequenza tipica di questi depositi è costituita da una porzione basale della colata con la breccia, mentre nella parte alta si hanno bancate anche decametriche di lava massiva.
- Nell'area d'interesse non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto né segni che ne lascino presagire l'occorrenza; non è stata riscontrata la presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possa favorire l'innescarsi di dissesti di qualsiasi natura e provocare ripercussioni sulla stabilità delle opere in progetto. Essa, inoltre, non è interessata da fenomeni di subsidenza, né sono stati rilevati altri fenomeni morfogenetici attivi in grado di influire in maniera significativa sulla stabilità dell'area. In considerazione delle caratteristiche tecniche dei terreni

unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono, l'area rimane caratterizzata da buone condizioni di stabilità.

- I terreni esaminati, in base alle caratteristiche geo-litologiche, fisiche e d'alterazione con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere distinti in 2 classi di permeabilità, nello specifico: alle coperture Quaternarie Oloceniche costituite da depositi detritici eluvio-colluviali e alluvionali ghiaioso-sabbiosi, derivati dallo smantellamento delle vulcaniti e non, viene assegnata la classe più alta per porosità, mentre a quelli colluviali pedogenizzati viene assegnata la classe medio-bassa per porosità, addensati e talvolta cementati. Le parti vulcaniche presentano permeabilità complessiva per fessurazione da medio-bassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta. Nell'area di progetto, la soggiacenza della falda superficiale si colloca raramente entro i -10.0m e l'andamento dei deflussi segue, in linea di massima la morfologia superficiale. La distribuzione dei pozzi per lo più impostati nelle coltri alluvionali quaternarie non è omogenea. Altre zone di alimentazione sono presumibili alla base dei versanti, lungo il contatto tra i sedimenti quaternari e le altre litologie a permeabilità bassa più antiche. Dall'analisi delle perforazioni per acqua censite dall'ISPRA (<http://portalesgi.isprambiente.it/>), si rilevano nell'areale esaminato pozzi con falde impostate sui basalti delle giare a contatto con il complesso marnoso arenaceo di base, non inferiori ai 50m, con punte di scorrimento sotterraneo anche di 100m da p.c..
- Il Comune di Serri è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, Flumini Mannu Cagliari-Cixerri del PTA, così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F.. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale", in un'area a pericolosità geomorfologia da frana (Hg) e idraulica (Hi) assente. Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica. Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI), non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi, ad eccezione delle parti a contorno in prossimità del contatto litologico tra il vulcanico e il sedimentario marnoso (cornici).
- Pericolosità Sismica Locale: la pericolosità sismica è definita in termini di:
 - accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
 - ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

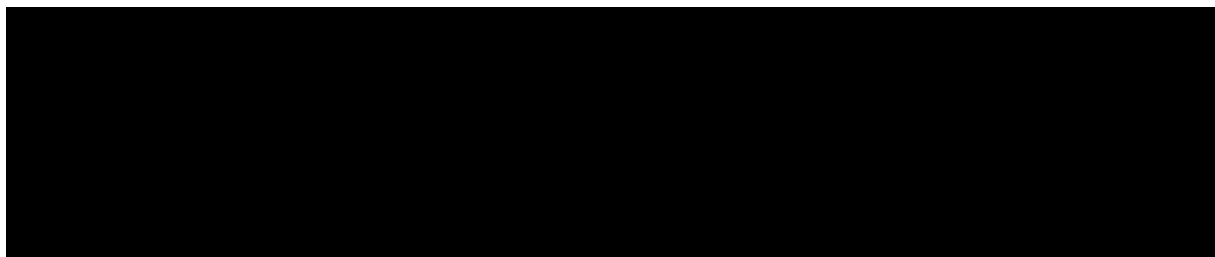
- a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di a_g , F_0 e T_c^* per gli "stati limite di esercizio", SLO e SLD, e per gli "stati limite ultimi", SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzata la nuova struttura e utilizzando la classe d'uso I (*Presenza occasionale di persone, edifici agricoli*).

Categorie di Sottosuolo: per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla classe C. Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

Condizione Topografica: nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che "Gli effetti topografici possono essere trascurati" poiché presentano "un'inclinazione media inferiore a 15°".



Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

	TIPI DI COSTRUZIONE	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Dati sulla costruzione:

- Classe d'uso: I
- Vita Nominale: 50 anni
- Coefficiente d'uso: 0.700000
- Vita di riferimento: 35.000000 anni

Dati sull'area SENSIBILE:

- $X = 1511000.0000$ Longitudine **E**
- $Y = 4396000.0000$ Latitudine **N**

STATO LIMITE DI ESERCIZIO (S.L.E)

- Dati sulla costruzione **(SLO)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (SLO)
Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0193 \text{ g} \rightarrow F_o = 2.5975 \rightarrow T_c^* = 0.1749 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione **(SLD)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)
Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0206 \text{ g} \rightarrow F_o = 2.6020 \rightarrow T_c^* = 0.1787 \text{ sec}$

STATO LIMITE ULTIMO (S.L.U)

- Dati sulla costruzione **(SLV)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV)
Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0429 \text{ g} \rightarrow F_o = 2.6969 \rightarrow T_c^* = 0.2976 \text{ sec}$
 - Dati sulla costruzione **(SLC)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)
Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0508 \text{ g} \rightarrow F_o = 2.7673 \rightarrow T_c^* = 0.3285 \text{ sec}$
- Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera in progetto, sono state ricavate da esperienze lavorative pregresse eseguite in aree limitrofe, litologicamente omogenee correlabili, oltre da osservazioni dirette dei luoghi litologici, miscellanee e bibliografia. Le considerazioni che seguono hanno tenuto conto della

correlazione esistente tra la formula di "Parry" e i valori rilevati dalle prove dinamiche discontinue N/SPT → $R_{\text{terreno}} = 30N_{\text{spt}} / F_s$ coefficiente di sicurezza

I parametri geotecnici dell'unità litostratigrafica che insiste per la maggiore al piano di fondazione sono indicati nella tabella sottostante:

Unità A → Depositi detritici eluvio colluviali e/o detritici di versante – Olocenici: ghiaie sabbiose con inclusioni clastiche eterometriche, con subordinati livelli fini di limi argillosi e/o argille limose derivanti dalla stessa alterazione del substrato vulcanico.

Peso di volume naturale (γ_N)	19,12 KN/M ³
Peso di volume saturo (γ_w)	20,50 KN/m ³
Angolo di attrito interno (φ)	28° ± 2
Coesione _{nd}	19,61 ÷ 29,42 KN/m ²
Modulo Elastico (E)	14121,57 KN/m ² (Schmertmann)
Modulo Edometrico (M)	15984,83 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT medio	15
Resistenza terreno R	1,47 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$	1,92
Caratteristiche strato	da addensato a molto addensato

Unità B → Substrato basaltico in espandimenti tabulari. La sequenza tipica di questi depositi è costituita da una porzione basale della colata con la breccia, mentre nella parte alta si hanno bancate anche decametriche di lava massiva.

Peso di volume naturale (γ_N)	21,0 KN/M ³
Angolo di attrito interno (φ)	40°
Modulo Elastico (E)	58839,90 KN/m ² (Schmertmann)
Modulo Edometrico (M)	55015,31 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT medio	50
Resistenza terreno R	4,90 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$	6,66
Caratteristiche strato	da consistente a duro (coerente)

Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica [A₁+M₁+R₃] in condizioni non drenate. Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica [A₁+M₁+R₃] in

condizioni drenate (piano di infissione): la verifica è stata svolta per un palo del diametro massimo di circa 20cm, con incastro di punta a -2.0m da p.c.:

- Combinazione A1+M1+R3 - TERZAGHI (1955) – condizione drenata: Il valore minimo del carico limite ultimo $Q_{ult} = 3226.29 \text{ KN/m}^2$, con una resistenza di progetto (R_d) = 1792.39 KN/m^2 , con una tensione (E_d) ipotesi di verifica (cedimenti) pari a 100 KN/m^2 ;
 - I Cedimenti per ogni strato (W_t) relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro ($0,03\text{cm}$), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a 100 KN/m^2 (ipotesi di verifica);
 - I terreni presenti nell'area in oggetto non sono suscettibili al fenomeno di liquefazione in seguito a sollecitazioni dinamiche, in considerazione delle caratteristiche granulometriche, nonché dell'assenza di una vera e propria falda nei primi metri dal piano campagna - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss.
- L'area è costituita da depositi detritici eluvio colluviali, monogenici e eterometrici, con clasti scarsamente elaborati, a cui si contrappongono depositi di versante detritici a clasti angolosi, talvolta parzialmente cementati. Il substrato sub affiorante e/o affiorante a seconda dell'assetto morfologico è di natura vulcanica dettata dalla presenza dei basalti della Giara di Serri. In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili, se necessario in quanto il sistema è ad infissione, con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna nei livelli più superficiali interessati dalla posa di una eventuale fondazione su "palo infisso". Si ricorda che l'eventuale presenza del substrato duro vulcanico, a breve profondità, non deve escludere l'uso di un eventuale martellone per roccia. La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. E' infatti possibile dare allo scavo un'inclinazione (inclinazione di sicurezza) tale per cui essa risulti stabile nel breve periodo senza che vi sia pericolo di crollo. La stabilità nei livelli detritici Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice fine coesiva, è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo al valore dell'angolo di attrito interno del materiale. Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come $FS = \text{tg } \varphi / \text{tg } \beta$, dove φ = angolo di attrito interno del materiale e β = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie Oloceniche un $\varphi = 28^\circ$, per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo minima di circa 27° . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità

litologiche locali (riconducibili ad un unico livello di interesse) $\rightarrow c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2 - \gamma_n = 19.12 \text{ KN/m}^3$ e utilizzando la seguente relazione: $H_c = 4 c/\gamma_n$ si ottiene un'altezza critica di scavo $H_c = \sim 4.10 \text{ m}$. Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (Hc) (Terzaghi) risulta ridotto per $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.0\text{m}$

Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo dello scavo, se presente, sia da quelle (eventuali) di debole falda idrica se risalita per incremento idrico al contatto tra il detritico di copertura e il substrato resistente vulcanico terziario.

- L'area, che ospiterà l'opera in progetto, non evidenzia ostacoli di:
 - Natura geologica, idrogeologica o morfologica che impediscano l'utilizzazione prevista dal progetto, a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche;
 - Turbamento alle caratteristiche morfologiche del paesaggio. La stratigrafia, tipica dei terreni locali analizzati in situ, evidenzia la compatibilità della stessa in funzione delle opere (interventi) da realizzarsi, a supporto del progetto "Impianto fotovoltaico - Serri".
 - Natura geotecnica che impedisca l'utilizzazione prevista dal progetto a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche. Il progettista, verificata la compatibilità degli interventi previsti con la stessa natura del terreno, secondo le esigenze di progetto e di sue considerazioni di prudenza, si potrà intervenire per avere l'opera finita a regola d'arte.

Cagliari li 28 Giugno 2023



GEOLOGO [sez. A]

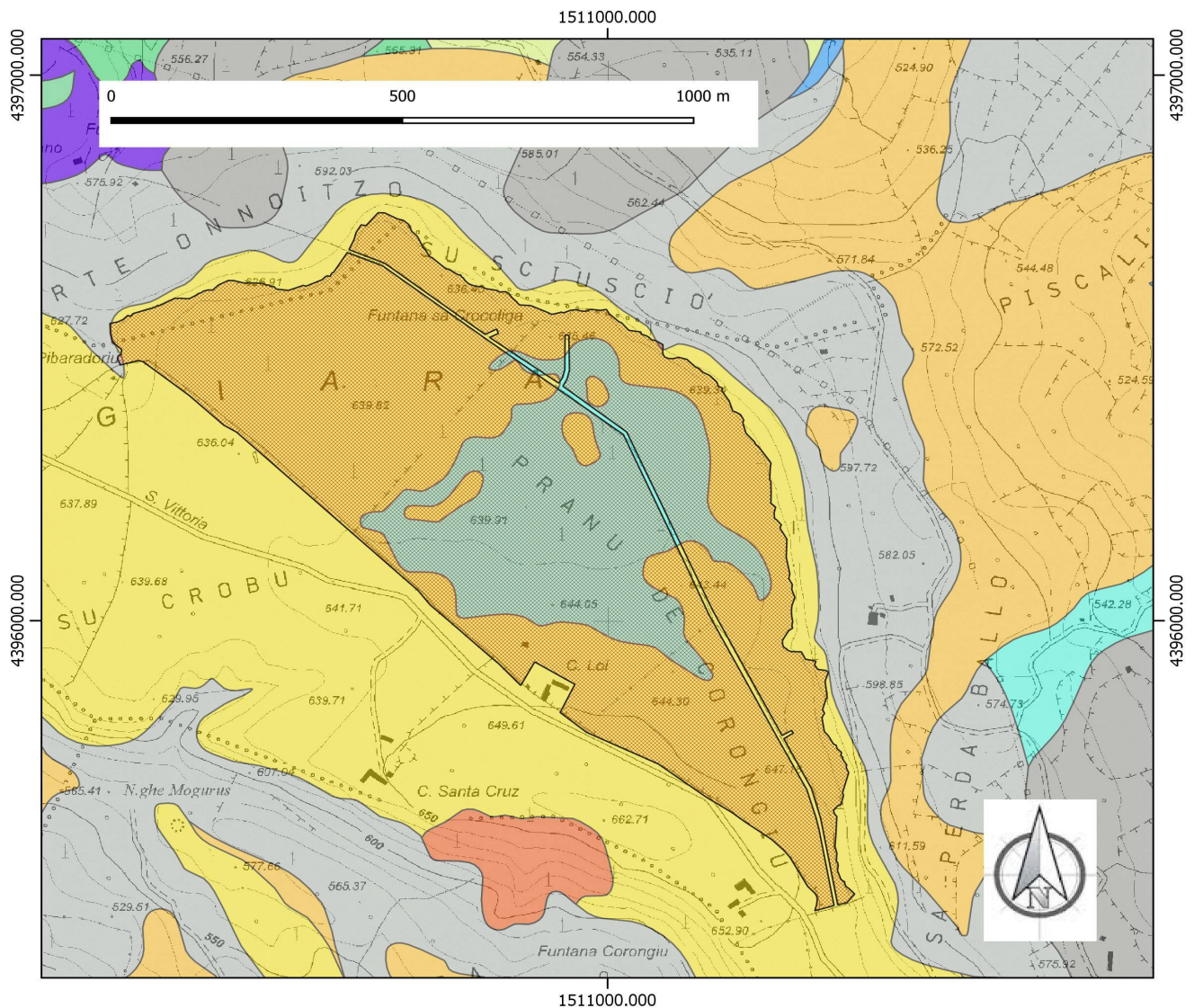
Dott. Mario STRINNA

La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)













INQUADRAMENTO GEOLOGICO
SU BASE CTR FOGLIO 540 - 060 [ISILI]
SCALA 1:10.000



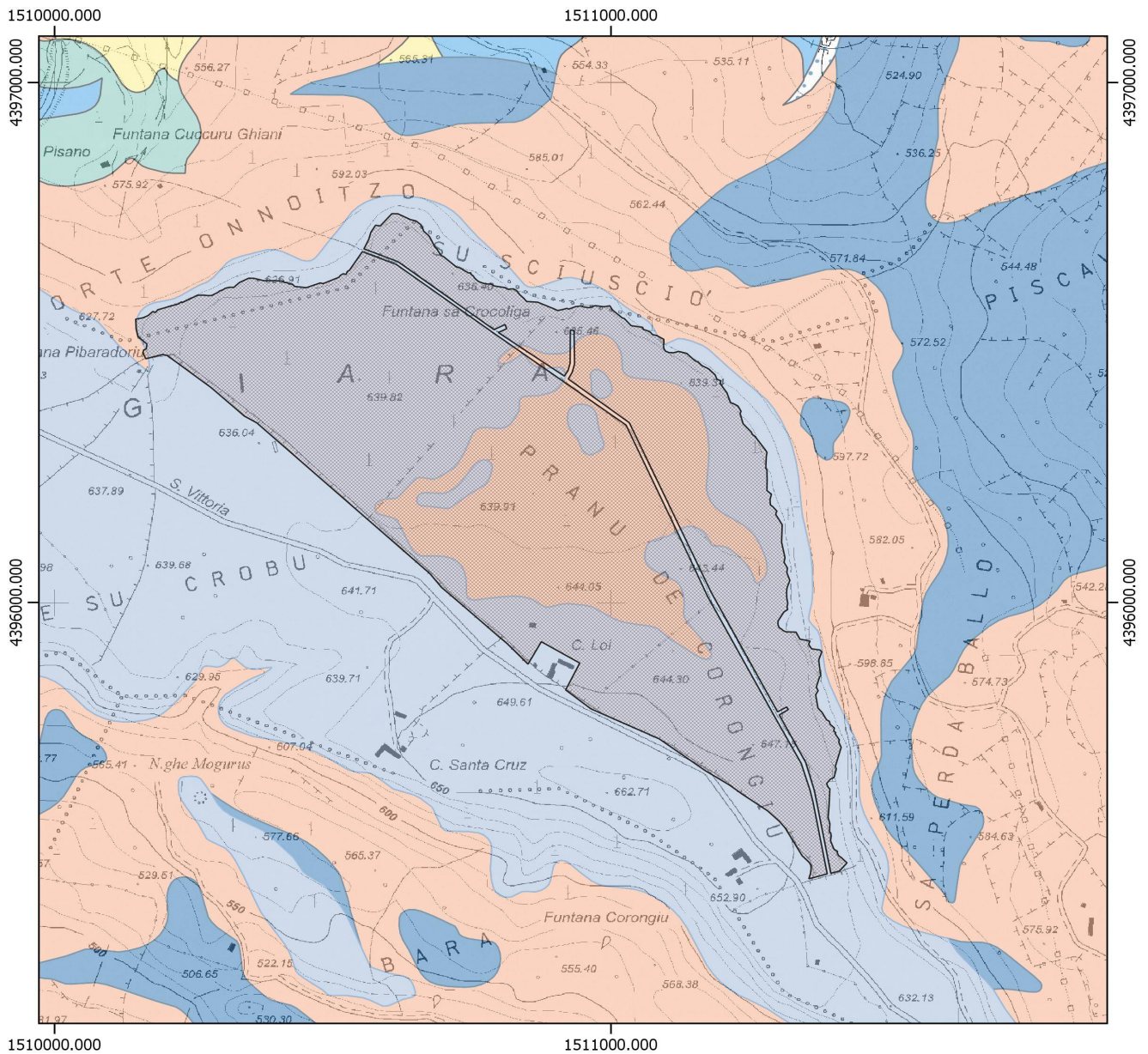
 Impianto Serri

geologiaAreali2008

-  ARENARIE DI SAN VITO. Alternanze irregolari di metaquarzoareniti, metarenarie micacee e metapeliti. CAMBRIANO MEDIO - ORDOVICIANO INF.
-  BASALTI DELLE GIARE. Basaltici, da alcalini a sub-alcalini, in espandimenti e colate. PLIOCENE MEDIO-SUP.
-  Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine. OLOCENE
-  Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE
-  Depositi di frana. Corpi di frana antichi. OLOCENE
-  Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
-  Litofacies dei BASALTI DELLE GIARE. Breccie scoriacee prossimali ai centri eruttivi e rari dicchi (Cuccuru de Corongiu). PLIOCENE MEDIO-SUP.
-  Litofacies nelle MARNE DI GESTURI. Generalmente alla base della formazione, arenarie grossolane e conglomerati.
-  MARNE DI GESTURI. Mame arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti. BURDIGALIANO SUP.
-  MUSCHELKALK AUCT. Calcarei laminati sottilmenti stratificati e calcari dolomitici in grossi strati. TRIASSICO MEDIO (LADINICO)



CARTA DELLE PERMEABILITA'
SU BASE CTR FOGLIO 540 - 060 [ISILI]
SCALA 1:10.000



Impianto Serri

carta_permeabilita_2019

AP - Permeabilità alta per porosità

BF - Permeabilità bassa per fratturazione

MACF

MAP - Permeabilità medio alta per porosità

MBF - Permeabilità medio bassa per fratturazione

MBP - Permeabilità medio bassa per porosità

MF - Permeabilità media per fratturazione

0 500 1000 m

