







REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI VILLASOR
Provincia del Sud Sardegna (SU)



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO VILLASOR

Loc. "Su Pranu", Villasor (SU) - 09034, Sardegna, Italia

Potenza Nominale 72'063 kWp + Sistema di accumulo di Potenza Nominale 26'340 kW

	<p>Coordinamento Progettisti INNOVA SERVICE S.r.l. Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it</p>	<p>Gruppo di lavoro VIA (S.I.G.E.A. S.r.l.) Dott. Geol. Luigi Maccioni - Coordinamento VIA Ing. Manuela Maccioni - Paesaggio Dr. Nat. Roberto Cogoni - Fauna Flora Vegetazione Dott.ssa Cristiana Cilla - Archeologia Dott. Geol. Stefano Demontis – Georisorse Dott. Geol. Valentino Demurtas – Georisorse</p> <p>Gruppo di lavoro Progettazione Agronomica Agr.Stefano Atzeni – Agronomo</p>
	<p>Coordinamento gruppo di lavoro VIA S.I.G.E.A. S.r.l. Via Cavalcanti n. 1 - 09047 Selargius (CA) P.IVA 02698620925, PEC: sigeamaccioni@pec.it</p>	
	<p>Committente - Sviluppo progetto FV: ALFA ARIETE S.r.l Via Mercato n. 3/5 - 20121 Milano (MI) P.IVA 11850890960, PEC: alfaarietesrl@lamiapec.it</p>	<p>Gruppo di lavoro Progettazione Elettrica Ing. Silvio Matta – Ing. Elettrico</p> <p>Altri Progettisti Ing. Luca Marmocchi – Ing. Civile - Strutturista Arch. Giorgio Roberto Porpiglia – Progettista Geom. Aurora Melis – Progettista</p> <p>Rilievo Piano-altimetrico - La SIA S.p.a. Viale Luigi Schiavonetti n. 286 – Roma (RM) P.IVA 08207411003, PEC: direzione.lasia@pec.it</p>
	<p>Sviluppo progetto Agricolo: Azienda Agricola Lotta Marco Michele Via Ponti sa Murta n. 21 - 09097 San Nicolò D'Arcidano (OR) P.IVA 01134970951, PEC: marcomichelelotta@pec.it</p>	

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA

<p>Codice elaborato REL_SP_GEO</p>			<p>Scala</p>	<p>Formato</p>
<p>REV.</p>	<p>DATA</p>	<p>ESEGUITO</p>	<p>VERIFICATO</p>	<p>APPROVATO</p>
<p>02</p>	<p>Luglio 2023</p>	<p>Dott. Geol. St. Demontis</p>	<p>Dott. Geol. V. Demurtas</p>	<p>ALFA ARIETE S.r.l.</p>
<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>
<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>

Note

1. INTRODUZIONE	2
2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA.....	3
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E VINCOLISTICA.....	3
3.1. NORMATIVA.....	3
3.2. VINCOLISTICA	5
3.2.1. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	5
3.2.2. PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI (PSFF)	6
3.2.3. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	7
3.2.4. PIANO PAESAGGISTICO (PPR)	8
4. MODELLO GEOLOGICO	9
4.1 PREMESSA	9
4.2 MODELLO GEOLOGICO	10
4.2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO	10
4.2.2 GEOLOGIA.....	11
5. MODELLO SISMICO.....	12
5.1 PREMESSA	12
5.2. VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ' SISMICA LOCALE.....	13
5.2.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	13
5.2.2 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA.	15
5.2.3 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI FINI SISMICI	16
5.2.4 APPROCCIO DI CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL).....	16
5.2.5 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	18
5.2.6 PARAMETRI SISMICI DELL'AREA DI INTERVENTO	21
5.2.7 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	23
6. MODELLO GEOTECNICO	24
6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE	24
6.2 PARAMETRI E MODELLAZIONE GEOTECNICA	24
ALLEGATI:.....	28
UBICAZIONE INDAGINI E STRATIGRAFIE	28

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riporta i risultati degli studi finalizzati a definire il modello geologico, sismico e geotecnico dei terreni interessati dalla realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico da realizzarsi in agro di Villasor (CA) dal cui abitato dista circa 2.5 km.

L'area di progetto occupa complessivamente 132 ettari sui quali è prevista la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra con sistema ad inseguitori monoassiali, con una potenza complessiva installata pari a 72'063,68 KWp e una potenza in immissione alla RTN (P.O.I.) pari a 64'450,00 Kw ed una produzione di energia annua pari a circa 134,54 GWh.



Figura 1 – Area di intervento

Per quanto concerne la descrizione delle caratteristiche delle opere in dettaglio si rimanda alla apposita relazione tecnica.

Il modello geologico, sismico e geotecnico è teso alla ricostruzione della successione stratigrafica nonché alla caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e di tutti gli altri elementi significativi del sottosuolo.

2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

L'area di intervento è compresa nei seguenti ambiti cartografici:

- nella Cartografia I.G.M. in scala 1:25.000, F. 556 , I quadrante (Villasor)
- nella Cartografia Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, F. 556-030
- nel Foglio geologico alla scala 1:50.000 Assemini Foglio 556

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E VINCOLISTICA

Di seguito si riporta il quadro normativo settoriale di riferimento.

3.1. NORMATIVA

Lo studio e le indagini sono stati eseguiti in conformità alla seguente normativa:

- d.m.11 marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare del Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n.30483: istruzioni riguardanti le indagini di cui al D.M. 11 marzo 1988.

-
-
- Decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180 e successive m. e i.: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da fenomeni franosi nella regione Campania";
 - Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112: Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59, (G.U. n. 92 del 21 aprile 1998, s.o. n. 77/L);
 - Opcm del 20 marzo 2003, n. 3274: primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Supplemento Ordinario n. 72 della Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003);
 - d.m 14 gennaio 2008, approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (Supplemento Ordinario n. 30 della Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008);
 - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, circolare 2 febbraio 2009 recante istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al d.m 14 gennaio 2008;
 - Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica:
 1. UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
 2. UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica:
 1. UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Regole generali;
 2. UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
 - Legge Regionale 25 novembre 2004, n. 8: Norme urgenti di provvisoria salvaguardia per la pianificazione paesaggistica e la tutela del territorio regionale.
 - d.m 17/01/2018 – Aggiornamento Norme Tecniche Costruzioni -

-
-
- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al d.m. 17.01.2018»;

3.2. VINCOLISTICA

3.2.1. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano di Assetto Idrogeologico è stato approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10 luglio 2006, successivamente integrato e modificato con specifiche varianti. Con deliberazione n. 12 del 21 dicembre 2021 sono state adottate le modifiche e integrazioni delle Norme di Attuazione del PAI. Le disposizioni delle nuove Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Allegato 2 alla delib.g.r. n. 2/8 del 20 gennaio 2022 - disciplinano il coordinamento tra il PAI e i contenuti e le misure del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) e del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e pertanto, ogni qualvolta si riferiscono al PAI si intendono riferite anche al PGRA ed al PSFF. Obiettivo prioritario del PAI è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

L'area di intervento non ricade in aree classificate a pericolosità e rischio di frana, mentre ricade a pericolosità idraulica in aree a pericolosità media (Hi2) e moderata (Hi1), come si evince dalla cartografia sotto riportata.

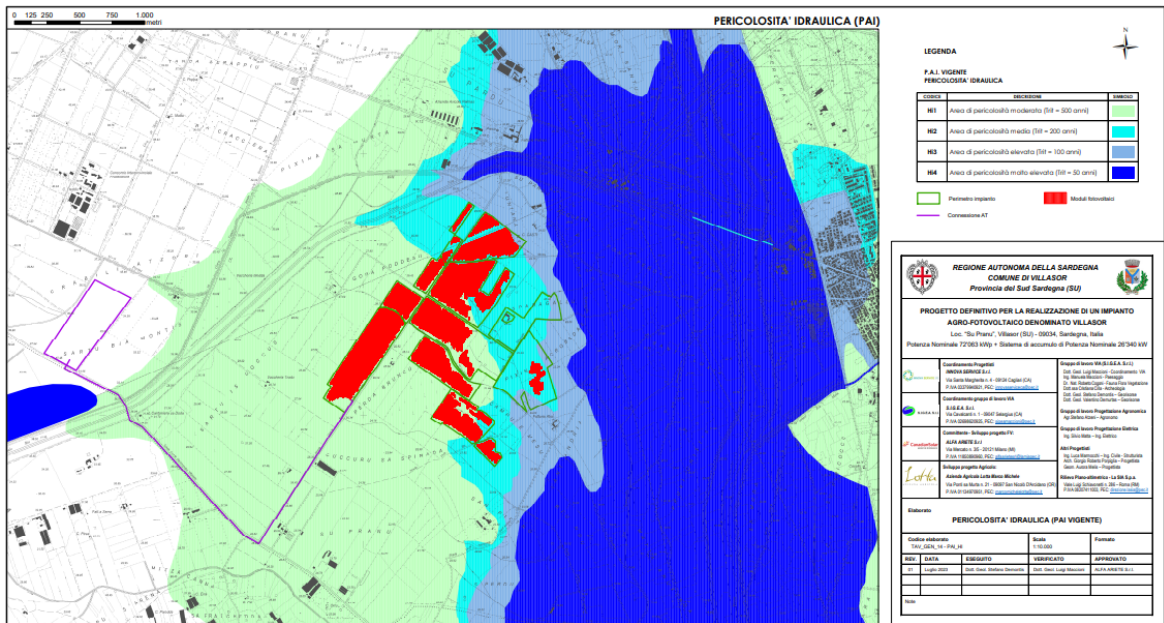


Figura 2 : Pericolosità idraulica (PAI)

Per quanto riguarda l'invarianza idraulica, essa rimane sostanzialmente inalterata in quanto per le caratteristiche dell'intervento consente alle piogge di defluire come in origine. Anzi, considerato che attualmente lo strato di alterazione superficiale è piuttosto compatto e conseguentemente dotato di modesta permeabilità poiché non viene arato, la futura destinazione ad uso agricolo consentirà di "rompere" l'epipedon e quindi favorire l'infiltrazione delle acque piovane nel sottosuolo e allo stesso tempo di attenuare locali fenomeni di ristagno. Per detto motivo non necessita di alcuna misura di compensazione.

3.2.2. PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI (PSFF)

Il PSFF costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica,

l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

In estrema sintesi il PSFF ha perimetrato le fasce di inondabilità, ovvero le porzioni di territorio costituite dall'alveo e dalle aree limitrofe, sia dei corsi d'acqua principali che degli affluenti, caratterizzate da uguale probabilità di inondazione.

Nell'immagine seguente è riportato uno stralcio della cartografia relativa alla perimetrazione delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate in ambito P.S.F.F., in cui ricade. Come si evince dall'elaborato, l'impianto fotovoltaico ricade in massima parte in aree con tempo di ritorno $T_r >$ di 500 anni e $T_r > 200$ anni, associabili secondo il PAI rispettivamente ad Hi2 e Hi1.

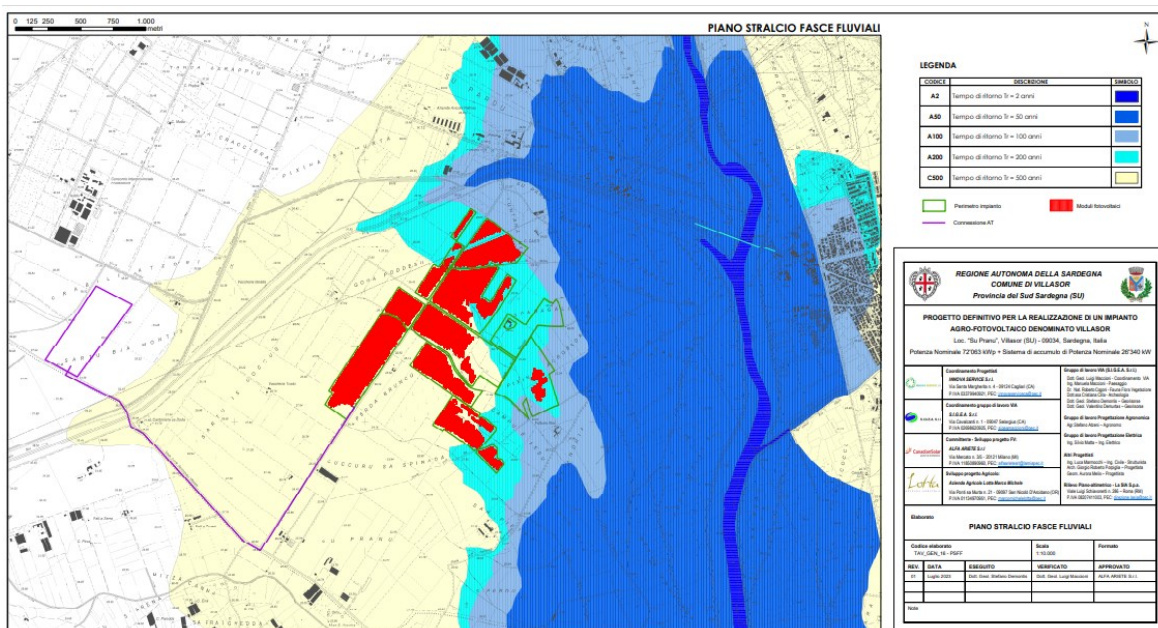


Figura 3 – Pericolosità idraulica (PSFF)

3.2.3. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal d.lgs. 49/2010 è finalizzato alla riduzione delle conseguenze negative sulla salute umana,

sull’ambiente e sulla società derivanti dalle alluvioni. Esso individua interventi strutturali e misure non strutturali che devono essere realizzate nell’arco temporale di 6 anni, al termine del quale il Piano è soggetto a revisione ed aggiornamento. Il secondo ciclo di pianificazione è stato approvato nel 2019 e adottato nel 2020 con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21 dicembre 2021. Dall’analisi della documentazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni emerge che le aree interessate dalla realizzazione dell’impianto fotovoltaico in progetto risultano soggette a pericolosità idraulica. Tuttavia, le verifiche effettuate hanno rivelato l’idoneità del sito in funzione dell’intervento proposto pertanto il PGRA non contiene elementi ostativi alla realizzazione delle opere in progetto.

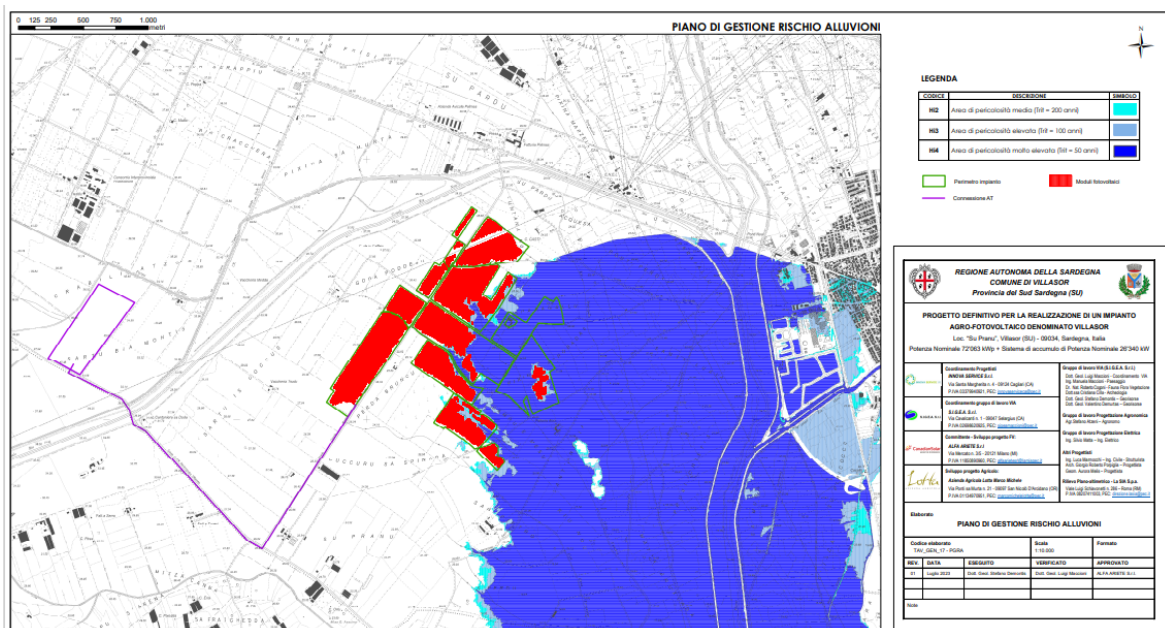


Figura 4 - Carta della Pericolosità Idraulica PGRA

3.2.4. PIANO PAESAGGISTICO (PPR)

Non risultano essere sia nelle aree di intervento che in quelle limitrofe, beni paesaggistici, beni identitari né beni culturali e architettonici. Nelle aree circostanti il settore proposto per

l'impianto sono invece presenti alcuni corsi d'acqua aventi una fascia di rispetto di 150 metri dagli argini: Il Canale Riu Nou a Nord, il Flumini Mannu a Est e il Gora Terramaini a Sud.

L'area proposta per la realizzazione dell'impianto è attraversata in direzione NO- SE da Gora Terramaini per cui vengono rispettati i limiti di 150 metri e dal Riu Gora s'Andria per il quale è previsto un rispetto della distanza di almeno 10 metri dagli argini in ottemperanza all'art. 96, lett. f), r.d. 25 luglio 1904, n. 523.

4. MODELLO GEOLOGICO

4.1 PREMESSA

Al fine di pervenire ad una precisa definizione del modello geologico, gli studi e le indagini hanno riguardato un areale sufficientemente rappresentativo in rapporto al tipo di opera da realizzare ed al contesto geologico in cui questa si colloca.

Lo studio e le indagini geologiche sono stati eseguiti con l'obiettivo di pervenire alla:

1. ricostruzione della successione stratigrafica e della distribuzione dei litotipi, del loro stato di alterazione, di fratturazione e alterabilità;
2. ricostruzione dei caratteri geomorfologici e della loro tendenza evolutiva;
3. definizione della circolazione idrica superficiale e sotterranea del sito.

4.2 MODELLO GEOLOGICO

4.2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO

L'area sulla quale ricade l'impianto agro-fotovoltaico è inserito in un contesto sub-pianeggiante di natura alluvionale che si estende dall'abitato di Villasor verso Villacidro, fino alle pendici dei rilievi paleozoici, nei pressi del limite comunale ovest.

Tutta l'area è caratterizzata da "terrazzi" variamente disposti e della potenza di alcuni metri e da antiche "gore", ora canalizzate. L'idrologia superficiale è contraddistinta dalla presenza del Flumini Mannu e da alcuni suoi affluenti, tra cui il Canale Riu Nou in destra idrografica. L'area proposta per la realizzazione dell'impianto è attraversata in direzione NO- SE da Gora s'Andria, e parzialmente, dal Riu Sparagallu, affluenti di destra del Flumini Mannu. Si tratta di linee di drenaggio superficiali, canalizzate, a regime occasionale.

In considerazione della morfologia pianeggiante e della stratigrafia in cui sono assenti litologie che possono dar luogo a fenomeni di sink hole, il settore non presenta alcuna pericolosità da frana.

Come invece sottolineato nel capitolo precedente, il settore è caratterizzato da vaste aree, localizzate per lo più nelle aree morfologicamente più depresse poste in destra idrografica del Rio Mannu, a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1)

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche, i terreni alluvionali sono dotati di buona permeabilità per porosità che possono dar luogo a falde superficiali, per lo più fortemente dipendenti dalle precipitazioni. Decisamente importanti invece gli acquiferi profondi, che danno luogo a falde perenni e con portate molto elevate come dimostrano i pozzi per acqua potabile dello stabilimento delle acque "Federica" e del Pozzo comunale sito in località Pranu de is Frisas.

4.2.2 GEOLOGIA

L'area oggetto di studio interessa una ampia superficie di territorio che abbraccia da Est verso Ovest, parte del cosiddetto Graben Campidanese. Si tratta di una "fossa" riempita di materiale d'ambiente fluvio-lacustre, costituito da sabbie, limi, argille, conglomerati etc., che formarono il potente deposito detritico sedimentario a giacitura caotica, noto come "formazione di Samassi".

Su questa formazione, sono andati poi a deporsi i sedimenti Quaternari antichi e recenti, costituiti da depositi alluvionali ciottolosi eterometrici, sabbie limi, argille etc.

I depositi quaternari rilevati nell'area cartografata sono costituiti esclusivamente da sedimenti di facies continentale, in particolare:

- Depositi alluvionali incoerenti, costituiti da ciottoli e massi poligenici, eterometrici, da sani a poco alterati, arrotondati, in matrice sabbiosa e ghiaiosa prevalenti.
- Depositi alluvionali terrazzati costituiti da ciottoli poligenici a spigoli arrotondati e con grado di alterazione medio-elevato, in matrice ghiaio-sabbioso in prevalenza, subordinatamente limo-argilloso, da poco a mediamente cementati.

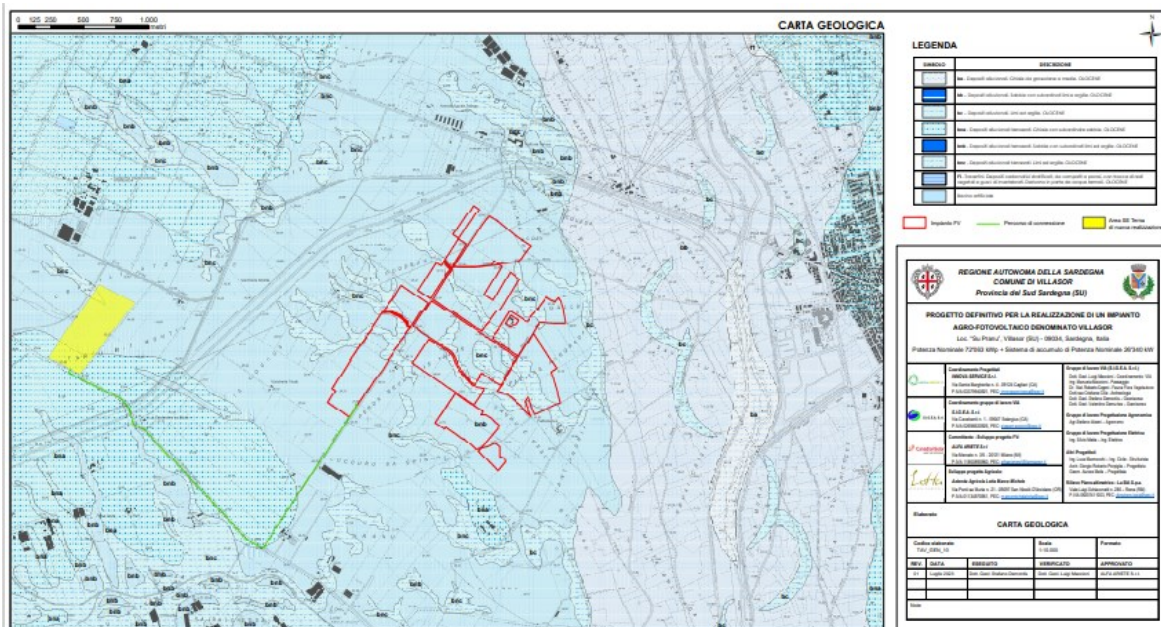


Figura 5: Carta geologica

5. MODELLO SISMICO

5.1 PREMESSA

La normativa antisismica italiana disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Con l'Ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica», entrata in vigore dal 25.10.2005, in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dalla successiva o-p--c-m. n. 3519/2006, sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale.

5.2. VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

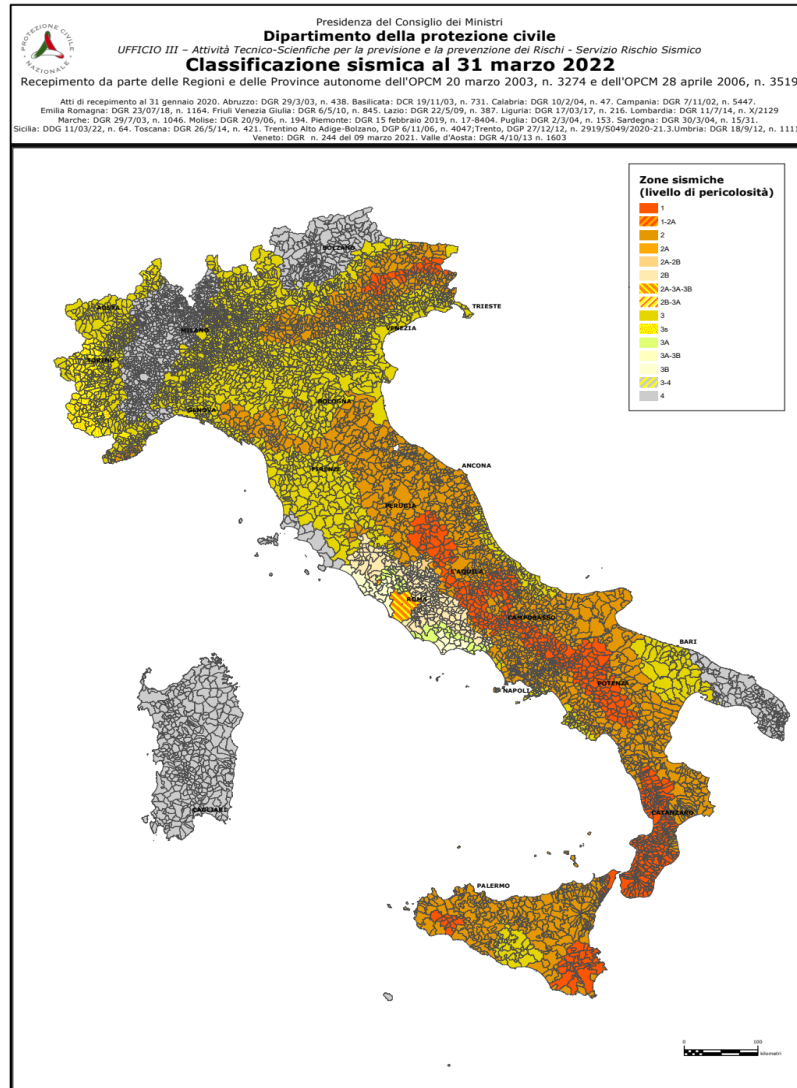
5.2.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In relazione alla pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, il territorio nazionale è stato suddiviso in **quattro zone** con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_g 475), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_s > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g, come riportato nella seguente tabella.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

La classificazione sismica del territorio nazionale è invece rappresentata nella figura successiva.



Come si può osservare dalla figura sopra riportata, **l'intera regione Sardegna ricade in zona "4"**, ossia tutti i comuni sono contraddistinti da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro a_g è assegnato un valore di $0,025 \div 0,05$ g da adottare nella progettazione.

5.2.2 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA.

La storia sismica del territorio interessato dall'opera in progetto è stata ricostruita attraverso il database Macrosismico Italiano e il catalogo storico.

Il primo evento storico risale al 1616 con intensità stimata 4 avvenuta a Cagliari; nel 1771 è registrato un sisma a Cagliari, Villacidro e Teulada con area epicentrale nella Sardegna Meridionale. Nel secolo successivo l'evento del 1838, il più forte, che raggiunse il VI grado della scala Mercalli, poi nel 1850, nel 1870 e successivamente il più forte, registrato a Teulada con intensità 5 nel 1897 e con area epicentrale nel Tirreno meridionale.

Nel XX secolo si segnalano gli eventi del 1944, 1948, 1960 e del 1977. In tempi più recenti si segnala il sisma del 26 aprile 2000, del 3 marzo 2001, del 12 dicembre 2004, del 5 febbraio 2009, del 9 novembre del 2010 (grado 3.3 della scala Richter) che ha colpito il settore NO della Sardegna. Nel medio Campidano, si segnalano quelli del : 13 luglio 2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23 aprile 2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 2 ottobre 2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini.

Infine nel 2011, in cui una serie di sismi con epicentro nel settore poco a ovest della Corsica sono stati registrati anche nel settore settentrionale della Sardegna.

Si tratta, pertanto, di eventi di bassa energia, generalmente con intensità inferiore a 5, rari e piuttosto superficiali (profondità inferiori a 20 km). Dal punto di vista della pericolosità sismica, ossia della probabilità di occorrenza di questi eventi, il livello è così basso che non è possibile valutare in maniera adeguata e affidabile; pertanto, per tutta la Sardegna è stato assegnato un valore di "default" di accelerazione massima molto pari a 0,050 g.

5.2.3 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI FINI SISMICI

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del d.m. del 17.01.2018 deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_s eq di propagazione delle onde di taglio entro gli strati caratterizzati da una velocità delle onde sismiche inferiore a 800 m/s. Per identificare la categoria di sottosuolo 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, V_s .

5.2.4 APPROCCIO DI CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

I valori di V_s 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 (Es. prove penetrometriche).

Di seguito è riportata la suddivisione del sottosuolo in categorie in base al d.m. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficiale terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Nel caso specifico e in assenza di misura diretta della Vs30, in relazione all'assetto geologico e da quanto emerso dall'esame delle stratigrafie di indagini eseguite nel territorio si ritiene verosimile l'appartenenza alla **categoria di sottosuolo C**.

La normativa contempla anche le condizioni morfologiche del sito in esame; essa per configurazioni topografiche superficiali semplici, individua le seguenti classi:

Tab. 3.2.III - Categorie topografiche	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

L'area in oggetto è posizionata su area pianeggiante per cui è inserita in categoria **T1**.

5.2.5 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

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
- **F₀** - 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 a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito

di riferimento rigido) è indispensabile conoscere le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare che nel caso in esame sono state poste come latitudine 39.38109 e longitudine 8.90415.

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 dovranno essere attuati gli interventi, utilizzando **la classe d'uso II** di cui alla tabella successiva.

CLASSE I	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
CLASSE II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente.
CLASSE III	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
CLASSE IV	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente.

I dati sismici locali sono calcolati sulla base della Vita nominale V_N di un'opera, convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Tab. 2.4. I - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	≤ 10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	≥ 50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	≥ 100

Nelle NTC 2018 i valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. **Nel caso in esame si tratta di costruzioni con livelli di prestazioni ordinari " V_N . 50**

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate, inoltre, in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N \cdot C_U.$$

Nelle NTC 2018 scompare la limitazione di 35 anni come periodo minimo di riferimento per la valutazione dell'azione sismica. Questo comporta valutazioni differenti del periodo di ritorno T_R per le Costruzioni temporanee e provvisorie. Rimangono inalterati i valori del coefficiente d'uso C_U , definito al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_U				
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Vita Nominale	Classe d'uso dell'opera	Periodo di riferimento per l'azione sismica
$V_N \geq 50$	II	$V_R = 50$

5.2.6 PARAMETRI SISMICI DELL'AREA DI INTERVENTO

In base ai dati di localizzazione, tipologia dell'opera e classe d'uso sono stati calcolati i parametri sismici relativi alle verifiche SLO, SLD, SLV e SLC

Per quanto sopra, posto come coordinate geografiche dell'area:

Latitudine : 39.38109 ; Longitudine 8.90415

per $V_R=50$ anni si ottengono i seguenti periodi di ritorno T_R associati allo Stato Limite di Operatività SLO, Stato Limite del Danno SLD, Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV e Stato Limite di prevenzione del Collasso SLC:

81% Operatività (SLO) $T_R = 30$ anni

63% Danno (SLD) $T_R = 50$ anni

10% Salvaguardia della vita (SLV) $T_R = 475$ anni

5% Collasso (SLC) $T_R = 975$ anni

le forme spettrali previste dalle NTC/2018 definite dai parametri a_g , F_o , e T_c^* (calcolati con il programma AMV Softwarecompany) sono riportate nella tabella sottostante.

STATO LIMITE	T _R (anni)	a _g /g	F _o	T _c *
SLO	30	0,0186	2,61	0,273
SLD	50	0,0235	2,67	0,296
SLV	475	0,05	2,88	0,34
SLC	975	0,0603	2,98	0,372

L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} si ricava dal valore dell'accelerazione orizzontale massima del sito a_g su suolo rigido con la seguente relazione

$$a_{max} = a_g \cdot S_s \cdot S_T$$

in cui

S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica indicato nella Tab. 3.2.II delle NTC/2018 relativo a ciascuna classe di sottosuolo.

S_T coefficiente di amplificazione topografica riportato nella Tab. 3.2.III delle NTC/2018.

Utilizzando per i terreni in esame un sottosuolo di categoria C, quindi caratterizzati da un coefficiente S_s=1.5 ed essendo la morfologia dell'area pianeggiante, quindi una configurazione topografica di categoria T1 (S_T=1), le accelerazioni orizzontali massime del sito riferite ai vari stati limite sono le seguenti:

STATO LIMITE		a _{max}
Stati limiti di esercizio	SLO	0,0279
	SLD	0,03525
Stati limiti ultimi	SLV	0,075
	SLC	0,09045

5.2.7 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni avviene soprattutto nelle litologie costituite da sabbie fini da limi saturi quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e, conseguentemente, gli sforzi efficaci da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Le verifiche vengono omesse in quanto le caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e sismiche nell'area permettono di escludere l'instaurarsi di fenomeni di liquefazione.

6. MODELLO GEOTECNICO

6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In considerazione delle modeste opere da realizzare e del contesto geolitologico in cui si opera, il modello geotecnico è stato definito attraverso una serie di pozzetti esplorativi eseguiti nell'area di sedime della proposta progettuale, associato a test in sito mediante l'uso di pocket penetrometer e scissometro tascabile, nonché a correlazioni con prove e analisi di laboratorio eseguite su terreni simili e in aree circostanti.

I pozzetti esplorativi sono stati eseguiti mediante escavatore a braccio rovescio, spinti sino alla profondità massima di 2,70 metri.

Nell'allegato, l'ubicazione dei pozzetti

6.2 PARAMETRI E MODELLAZIONE GEOTECNICA

L'indagine ha evidenziando una copertura di terreni di natura alluvionale, costituita prevalentemente da depositi a granulometria grossolana quali ghiaie con ciottoli in matrice sabbio-limosa, con poca argilla.

Si tratta di una copertura sedimentaria caotica, non omogenea, da addensata a mediamente addensata, disposta in lenti e pertanto con variazioni granulometriche, anche significative, in brevissimo spazio sia lateralmente che in profondità. Tali terreni sono ricoperti da uno strato d'alterazione limo-sabbioso più o meno argilloso, molto compatto, dello spessore generalmente compreso tra 40 e 55 cm.

La sequenza stratigrafica rilevata nell'area di progetto può essere così sintetizzata:

- da m 0,00 a m 0,50 - Strato d'alterazione pedogenetico limo argilloso con sabbia e presenza di radici, di colore nocciola scuro, molto compatto da secco. Caratteristiche geotecniche mediocri.

- da m 0,50 a m 2,70 Materiale di natura alluvionale costituito da ghiaie e ciottoli poligenici, eterometrici di diametro prevalente inferiore a 5 cm, sani, in matrice prevalentemente sabbiosa e limosa, subordinatamente in matrice argillo-limosa. Da addensato a molto addensato, incoerente ma con presenza di lenti più o meno coesive dotate di discreta plasticità. Caratteristiche geotecniche buone.

I dettagli sono riportati nelle allegate colonne stratigrafiche.

Sulla base delle conoscenze acquisite, è stato definito un modello geotecnico al quale sono stati associati i seguenti parametri:

PARAMETRI GEOTECNICI	Profondità (m)		
	0,0 – 0,50 m Orizzonte d'alterazione	0,50 -2,70 m Ghiaie e ciottoli a matrice sabbiosa	0,50 -2,20 Ghiaie e ciottoli a matrice argillo-sabbiosa
Peso di volume (γ)- kN/m ³	17,5	18,8	19,2
Peso di volume saturo (γ)- kN/m ³	19,0	20,0	21,0
Angolo d'attrito (ϕ°)	22°	35°	29°
Coesione drenata (kPa) c_k		0	10
Coesione non drenata (C_u) kPa	49	0	30

Le caratteristiche geotecniche di questi materiali, fatta eccezione per il toposil che contiene materiale organico, sono da considerarsi buone in quanto dotate di elevato angolo attrito e di basso indice plastico, pertanto non soggetti a contrazioni o ritiro in dipendenza delle variazioni del contenuto in acqua.

Secondo la classificazione C.N.R. U.N.I. 10006 si tratta di terre ascrivibili alla classe A2 (vedasi figura sotto), in buona parte al sottogruppo A2-4 e pertanto idoneo all'utilizzo di sottofondo stradale.

Classificazione generale	Terre ghiaio - argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri
	A 1		A 3	A 2				A 4	A 5	A 6	A 7		
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Analisi granulometrica Frazione passante allo staccio													
2 UNI 2332 %	≤ 50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	–	–	–	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	–	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	IP ≤ 11,30	IP > 11,30	IP > 11,30
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente						Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna e lieve			Media				Molto elevata	Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elev.		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa				Scarsa o nulla					
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto. Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo. Aspri al tatto. Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla.				Reagiscono alla prova di scuotimento*. Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto. Non facilmente modellabili allo stato umido.	Non reagiscono alla prova di scuotimento*. Tenaci allo stato asciutto. Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido.				Fibrosi di color bruno o nero. Facilmente individuabili a vista.

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

In considerazione delle modeste opere da realizzare, quali appunto l'installazione dei moduli fotovoltaici su apposite strutture metalliche di sostegno infisse sul terreno, il posizionamento di cabine elettriche su strutture prefabbricate su fondazioni superficiali a platea, e in virtù delle ottime caratteristiche geotecniche dei terreni, in questa fase si omettono le verifiche sugli stati limite.

7. CONCLUSIONI

Lo studio è stato realizzato attraverso rilevamenti di superficie, indagini dirette mediante pozzetti esplorativi con escavatore, test in sito e correlazioni con indagini e prove eseguite su terreni simili in aree limitrofe al centro abitato di Villasor.

Il territorio è contraddistinto da una morfologia sub-pianeggiante, stabile, soggetta nelle aree prossime al Rio Mannu a pericolosità idraulica di varia significatività. Il settore in cui

verranno installati i pannelli solari, la pericolosità idraulica risulta essere media (Hi2) e moderata (Hi1).

Dal punto di vista geolitologico, l'area è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati Olocenici, costituita prevalentemente da ghiaie con ciottoli in matrice sabbio-limosa, con poca argilla, da addensati a mediamente addensati, caotica, non omogenea, disposta in lenti e pertanto con variazioni granulometriche, anche significative, in brevissimo spazio sia lateralmente che in profondità. Su queste litologie si è sviluppato uno strato d'alterazione limo-sabbioso più o meno argilloso, molto compatto, dello spessore generalmente compreso tra 40 e 55 cm.

Le caratteristiche geotecniche di questi materiali, fatta eccezione per lo strato di alterazione che contiene materiale organico, sono da considerarsi molto buone in rapporto alle opere da realizzare. Infatti, si tratta di litologie dotate di elevato angolo attrito e di basso indice plastico, pertanto non soggette a contrazioni o ritiro in dipendenza delle variazioni del contenuto in acqua.

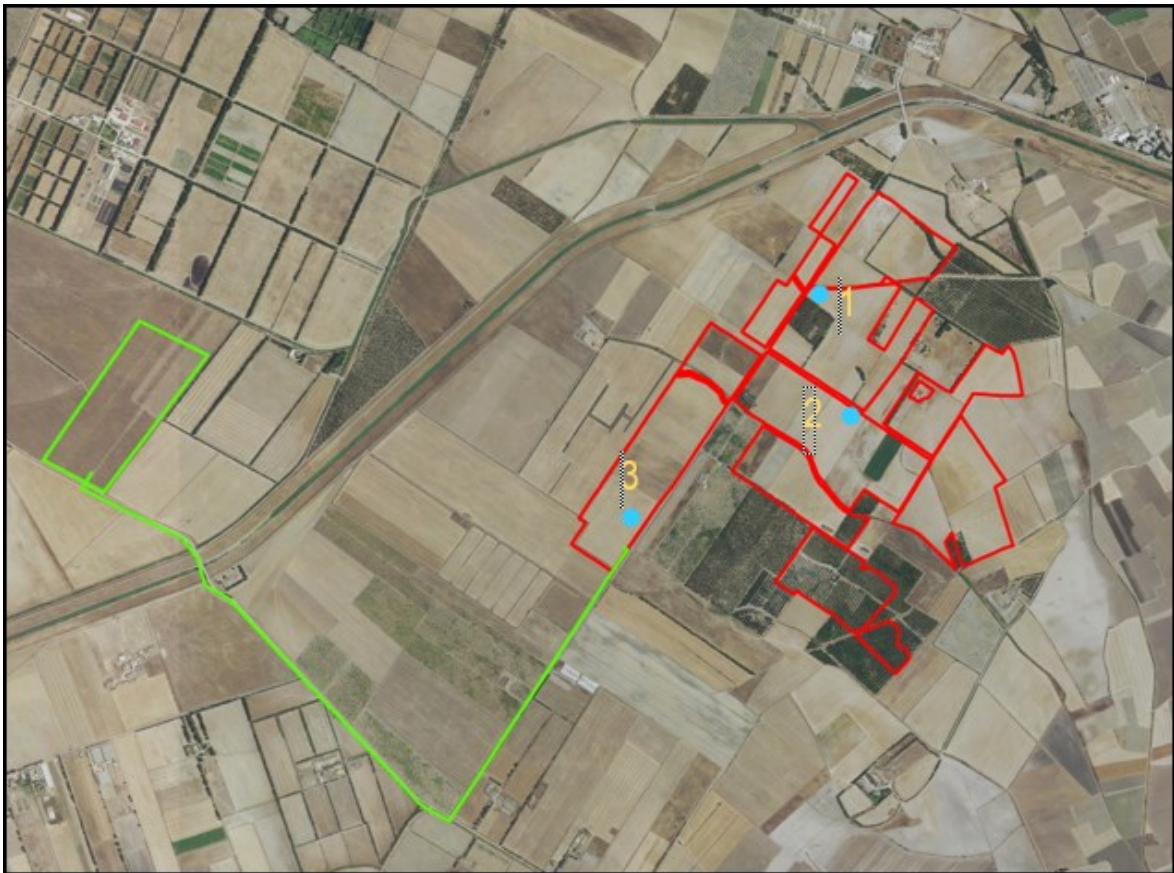
Secondo la classificazione C.N.R. U.N.I. 10006 si tratta di terre ascrivibili alla classe A2 di cui in buona parte al sottogruppo A2-4 e pertanto idoneo all'utilizzo di sottofondo stradale.

Per la realizzazione delle piste all'interno dell'impianto, sarà quindi necessario unicamente scarificare i primi 50 cm circa e sostituirlo con materiale arido da cava, eventualmente con lo stesso materiale in eccesso proveniente dagli scavi previo verifiche in sito.

Le buone caratteristiche geotecniche consentono di ottenere portanze significative e senza apprezzabili cedimenti anche con fondazioni impostate a profondità inferiori al metro.


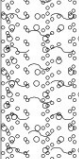
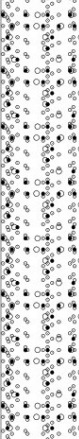
ALLEGATI:

UBICAZIONE INDAGINI E STRATIGRAFIE



Ubicazione pozzetti

Stratigrafia N. P1


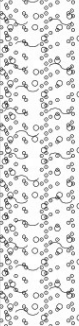


Committente: EVOLVES		Scala	1:15
Oggetto Lavori: Villasor		Data:	25/06/2022
Località: Villasor		Coordinate:	1491676 E - 4359140 N
Impresa esecutrice:		Quota:	25m
Attrezzatura:		Redattore:	
metri	Litologia	Prof. m	DESCRIZIONE
		0,55	Limo argilloso debolmente sabbioso con ghiaia grossa e rari ciottoli; presenza di radici; molto compatto; colore nocciola scuro; secco.
1		1,00	Ciottoli arrotondati, poligenici ed eterometrici immersi in una matrice costituita da argilla limosa; plastica; molto umida; addensata; colore nocciola scuro.
2		2,20	Ghiaia e ciottoli (dimensione massima 4 cm) appiattiti poligenici immersi in una matrice costituita da sabbia limo-argillosa, debolmente plastica, presenza di radici; umida, molto addensata; colore nocciola scuro.

Stratigrafia N. P2

Committente: EVOLVES		Scala: 1:15
Oggetto Lavori: Villasor		Data: 25/06/22
Località: Villasor		Coordinate: 1491775 E, 4358690,44151
Impresa esecutrice:		Quota: 23.5
Attrezzatura:		Redattore:
metri	Litologia	DESCRIZIONE
	0,40	Limo argilloso debolmente sabbioso con ghiaia grossa e ciottoli di piccole dimensioni; presenza di radici; molto compatto; secco; colore nocciola scuro.
1	1,20	Ciottoli arrotondati (dimensione massima 6 cm), poligenici ed eterometrici immersi in una matrice sabbio-argillosa, debolmente plastica; addensata; debolmente umida; colore nocciola scuro.
2	2,50	Sabbia limo argillosa con rari ciottoli (dimensione massima 5 cm) arrotondati e appiattiti, sani, debolmente plastici; molto umido; colore nocciola scuro.
	2,70	Limo argilloso debolmente sabbioso con ciottoli eterogenei, poligeni talvolta alterati; presenza di radici; poco plastico; molto compatto.

Stratigrafia N. P3

Committente: EVOLVES			Scala: 1:15
Oggetto Lavori: Villasor			Data: 25/06/2022
Località: Villasor			Coordinate: 1490976 E - 4358264 N
Impresa esecutrice:			Quota: 26m
Attrezzatura:			Redattore:

metri	Litologia	RP	Prof. m	DESCRIZIONE
			0,40	Sabbia limo-argillosa con ghiaia e ciottoli eterometrici (dimensione massima 5 cm) e poligenici arrotondati; presenza di radici; molto compatto; secco; colore nocciola scuro.
			1,30	Ciottoli arrotondati poligenici ed eterometrici immersi in una matrice sabbio-argillosa; colore nocciola scuro.
1			2,00	Sabbia ghiaiosa con limo argilloso con ciottoli poligenici ed eterometrici in prevalenza di piccole dimensioni; con radici; addensato, secco; colore nocciola chiaro.
2		3,5	2,20	Sabbia grossa con limo-argilloso con rari ciottoli poligenici, in prevalenza di piccole dimensioni; presenza di radici; addensata; umida; colore nocciola chiaro.