



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.024.01

PAGE

1 di/of 31

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# IMPIANTO EOLICO "SANLURI-SARDARA"

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.024.01 - Relazione Geologica, geomorfologica e sismica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	09/02/2024	Seconda emissione	A. Santambrogio	G. Alfano	G. Prospero
00	12/12/2022	Prima emissione	A. Santambrogio	G. Alfano	G. Prospero

#### GRE VALIDATION

COLLABORATORS		VERIFIED BY	G. Alfano
		VALIDATED BY	

PROJECT / PLANT Sanluri-Sardara	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	7	2	7	9	0	0	0	2	4	0

CLASSIFICATION	<b>PUBLIC</b>	UTILIZATION SCOPE	<b>BASIC DESIGN</b>
----------------	---------------	-------------------	---------------------

This document is property of Enel Green Power Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power Spa.

## INDEX

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE .....	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE.....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
3. CARATTERI CLIMATICI.....	7
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	8
5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO .....	11
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	13
7. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI .....	14
7.1. campagna geofisica 2022 .....	16
7.2. dati bibliografici .....	18
7.3. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	21
8. INQUADRAMENTO SISMICO.....	23
8.1. Quadro normativo e pericolosità sismica dell’area .....	23
8.2. Zone sismogenetiche .....	25
8.3. Storia sismica dell’area.....	26
8.4. Sismicità dell’area .....	26
8.4.1. Premessa.....	26
8.4.2. Effetti di amplificazione topografica .....	27
8.4.3. Categoria sismica dei terreni.....	28
8.4.4. Pericolosità sismica di base.....	29
8.5. Pericolosità sismica di sito.....	29
9. CONCLUSIONI.....	31

## ALLEGATI

Allegato 1: Report “GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00-WIND – Villanovaforru - Indagini geofisiche preliminari”

## 1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Marte Srl di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo impianto eolico denominato "Sanluri-Sardara" ubicato nei comuni di Sardara, Sanluri e Villanovaforru, che si trovano in provincia di Sud Sardegna.

Il progetto proposto prevede l'installazione di 12 nuove turbine eoliche ciascuna di potenza nominale fino a 6 MW, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, per una potenza installata totale fino a 72 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione, verrà convogliata ad una stazione di trasformazione 33/36 kV di nuova realizzazione, all'interno del comune di Sanluri, e poi da qui convogliata alla futura Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri - Selargius", situata nel comune di Sanluri.

In aggiunta alla stessa sottostazione sarà connesso un sistema di accumulo elettrochimico BESS (Battery Energy Storage System) da 35 MW, con un tempo di scarica di 8h, per un totale di capacità di stoccaggio pari a 280 MWh.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, legate a processi di produzione di energia elettrica.

Si precisa che il progetto della stazione elettrica SE "Sanluri" e dei relativi raccordi aerei è stato oggetto di un'altra iniziativa, proposta dalla società GREENENERGYSARDEGNA2 e sviluppata dalla società di ingegneria GEOTECH S.r.l.. Il progetto è stato sottoposto per l'approvazione al gestore di rete Terna S.p.a. e ha ottenuto il benestare tecnico. Nel presente documento, in relazione alle lavorazioni relative alla costruzione della stazione elettrica di Terna e ai raccordi aerei, sono riportati nel seguito alcuni stralci della documentazione afferente al Piano Tecnico delle Opere benestariato da Terna S.P.A.. Per gli approfondimenti si rimanda alla lettura dei documenti di progetto del PTO.

La revisione del progetto riguarda la modifica della posizione della turbina V01 e relative piazzola e strada di accesso, del sistema BESS, della SSE e della SE di Terna. Le modifiche sulla turbina V01, BESS e SSE derivano dalla volontà del Proponente di ridurre al minimo l'interferenza con le aree tutelate; lo spostamento della Stazione Elettrica 150/380 kV "Sanluri" e dei relativi raccordi aerei deriva da una specifica richiesta di Terna al fine di contenere, il più possibile, i movimenti scavo-riporti necessari alla costruzione della Stazione Elettrica.

### 1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Marte Srl, in qualità di soggetto proponente del progetto, è una società del Gruppo Enel che si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili facente capo a Enel Green Power Spa.

Il Gruppo Enel, tramite la controllata Enel Green Power Spa, è presente in 28 Paesi nei 5 continenti con una capacità gestita di oltre 46 GW e più di 1200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato dalle seguenti tecnologie rinnovabili: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

### 1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione ha l'obiettivo di illustrare lo studio geologico e geotecnico preliminare realizzato e finalizzato a fornire una indicazione del contesto geologico di base, dei principali aspetti geomorfologici, delle condizioni di pericolosità idrogeologica ed una caratterizzazione di massima dei litotipi che verranno interessati dalle opere in progetto.

L'indagine in oggetto al presente elaborato si è basata su dati e studi di origine bibliografica e sulla documentazione relativa alla campagna di indagini descritte nel successivo 8.1.

Lo studio, dunque, ha affrontato e approfondito i seguenti temi:

- Inquadramento del contesto geotecnico-strutturale.
- Assetto geomorfologico e idrogeologico insieme ad una valutazione preliminare sulle condizioni di pericolosità dell'area.
- Ricostruzione della stratigrafia locale mediante la consultazione della letteratura disponibile e dei risultati delle campagne di indagini geognostiche condotte in sito e in aree limitrofe.
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni, tramite la rielaborazione di tutti i dati disponibili, ottenuti durante le campagne geognostiche in prossimità delle opere e tramite la consultazione di lavori, eseguiti nelle vicinanze sugli stessi materiali.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito di studio si trova nella provincia di Sud Sardegna ed interessa il territorio dei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri. La SE "Sanluri" 380/150 kV ricade parzialmente nel territorio del comune di Furtei.

L'area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 39°35'49,84"N
- Longitudine: 8°52'32,16"E

L'impianto in progetto, nel suo complesso, ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Comune di Sanluri: n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, n° 5, n° 7, n° 8, n° 11, n° 12, n° 13, n° 14, n° 17, n° 19, n° 22;
- Comune di Sardara: n° 31, n° 43, n° 44, n° 45, n° 58, n° 59;
- Comune di Villanovaforru: n° 10, n° 11, n° 12, n° 14, n° 15, n° 16;
- Comune di Furtei: n° 5.

L'area di progetto ricade all'interno dei fogli I.G.M. in scala 1:25.000 codificati 225-I-NE, denominato "Lunamatrona" e 225-I-SE denominato "Sanluri".

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.

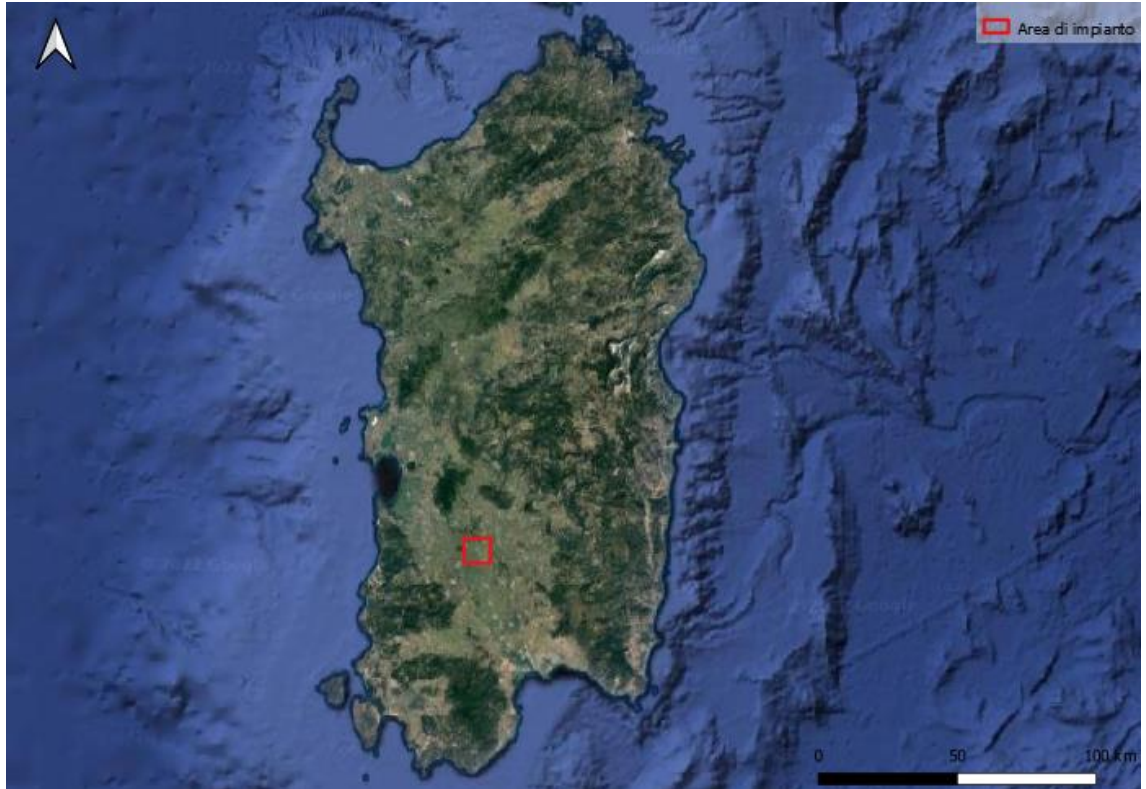
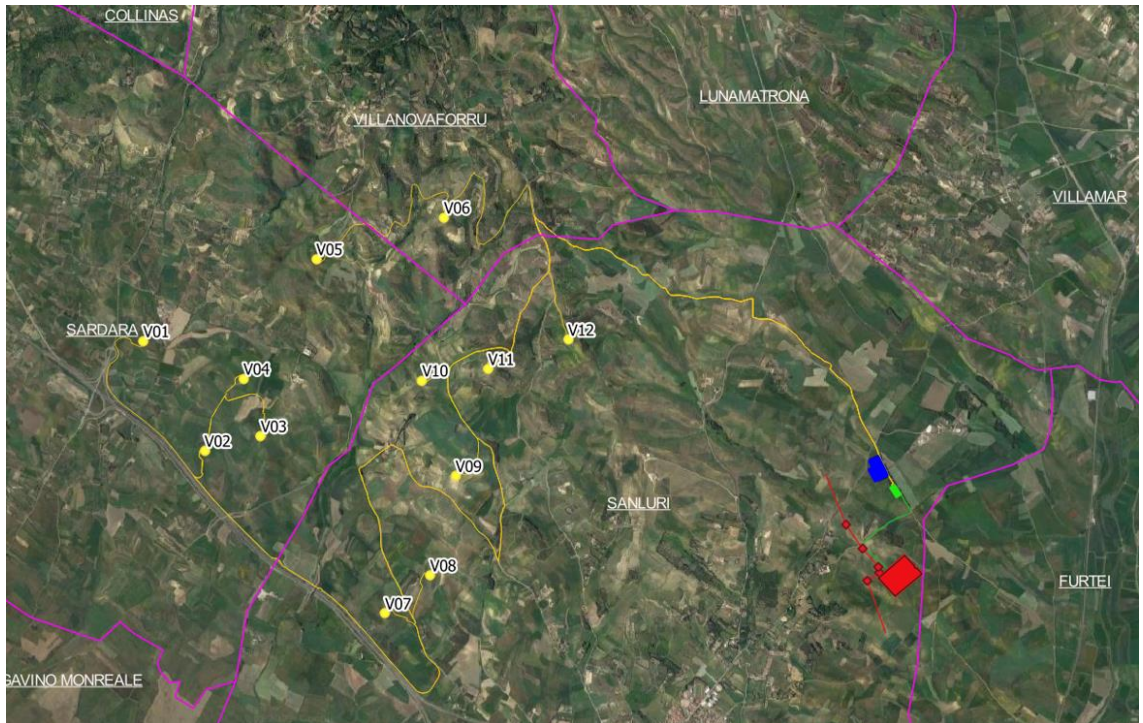


Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto



- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Limite comunale                      | Tralacci_Elettrodo SE Sanluri-Selargius            |
| WTG                                  | Nuovo raccordo aereo a 380 kV Ittiri-SE Sanluri    |
| BESS                                 | Nuovo raccordo aereo a 380 kV SE Sanluri-Selargius |
| SSE 33/150 kV                        | Cavidotti MT                                       |
| SE 380/150 kV                        | Cavidotto AT                                       |
| Tralacci_Elettrodo Ittiri-SE Sanluri |  |

Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto

Si riporta invece in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle WTG di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

**Tabella 2-1: Coordinate aerogeneratori**

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
V01	Sardara	486759	4383418	157
V02	Sardara	487322	4382411	160
V03	Sardara	487838	4382546	186
V04	Sardara	487680	4383073	193
V05	Sardara	488349	4384173	265
V06	Villanovaforru	489520	4384555	287
V07	Sanluri	488979	4380917	157
V08	Sanluri	489393	4381267	187
V09	Sanluri	489627	4382180	229
V10	Sanluri	489319	4383057	236
V11	Sanluri	489926	4383162	283
V12	Sanluri	490660	4383432	297

### 3. CARATTERI CLIMATICI

L'area in esame è ubicata nella zona di entroterra centro-meridionale della Sardegna, a circa 30 Km di distanza in direzione Sud-Est dal Golfo di Oristano; è un areale che può risentire dunque di differenti tipologie di clima.

In questo territorio si riscontra un clima caldo e temperato, con il periodo con maggiori precipitazioni in inverno rispetto che in estate; la media annuale di pioggia è 644 mm, mentre la temperatura media è pari a 16.5 °C. La classificazione climatica stabilita da Koppen-Geiger è CSA, ovvero un clima "temperato" caratterizzato da estati secche; la piovosità di almeno un mese invernale deve essere il triplo delle precipitazioni di un mese estivo.

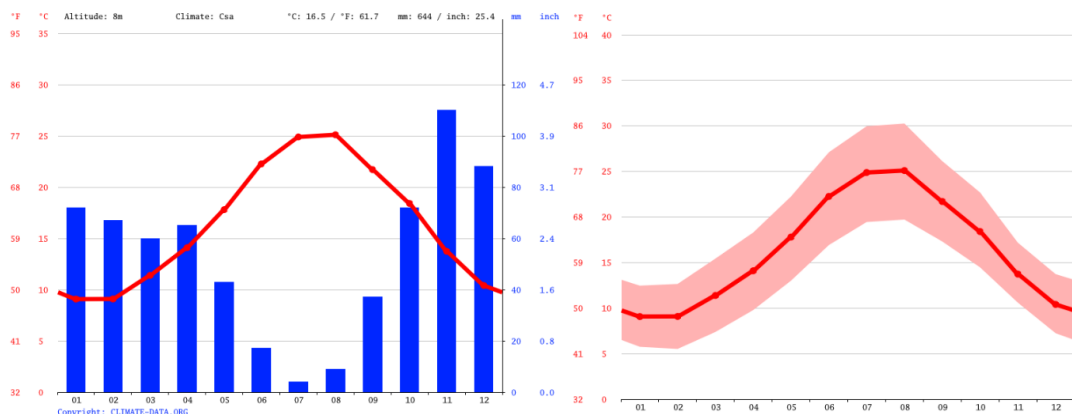
Di seguito si riporta nella seguente Figura 3.1, i principali caratteri climatici dell'area di studio:

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.1	9.1	11.4	14.1	17.8	22.3	24.9	25.1	21.7	18.4	13.7	10.4
Temperatura minima (°C)	5.7	5.5	7.4	9.8	13	18.9	19.5	19.7	17.3	14.5	10.6	7.2
Temperatura massima (°C)	12.5	12.7	15.4	18.3	22.3	27.1	30	30.3	28.1	22.7	17.2	13.7
Precipitazioni (mm)	72	67	60	65	43	17	4	9	37	72	110	88
Umidità(%)	81%	78%	76%	75%	70%	62%	59%	60%	67%	74%	79%	80%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	6	7	5	2	1	1	4	7	9	9
Ore di sole (ore)	5.6	6.5	8.1	9.8	10.9	12.2	12.5	11.7	9.9	8.3	6.6	5.8

**Figura 3.1: Grafico temperatura - precipitazioni min/max nell'area di studio**

Il mese in cui si osserva una minore piovosità è luglio, con una media di 4 mm, mentre novembre è il mese che fa registrare una piovosità maggiore, con una media di 110 mm; per quanto riguarda le temperature, agosto è il mese più caldo con una media di 25,1°C, mentre gennaio e febbraio sono i mesi più freddi con una temperatura media di 9,1°C.

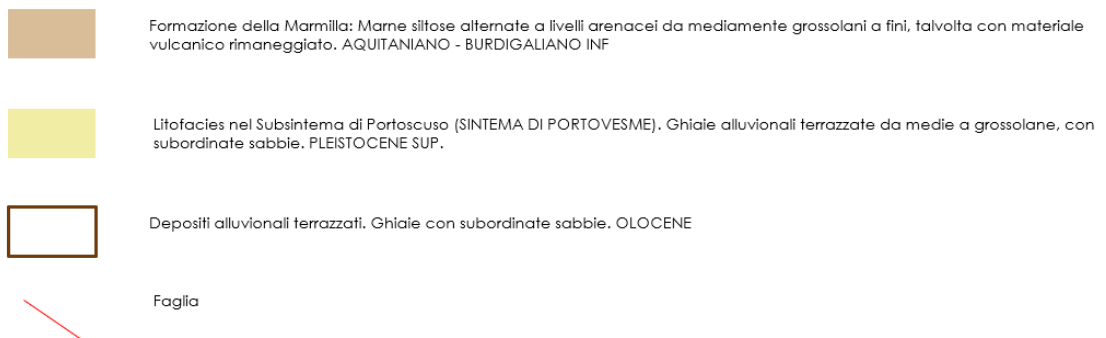
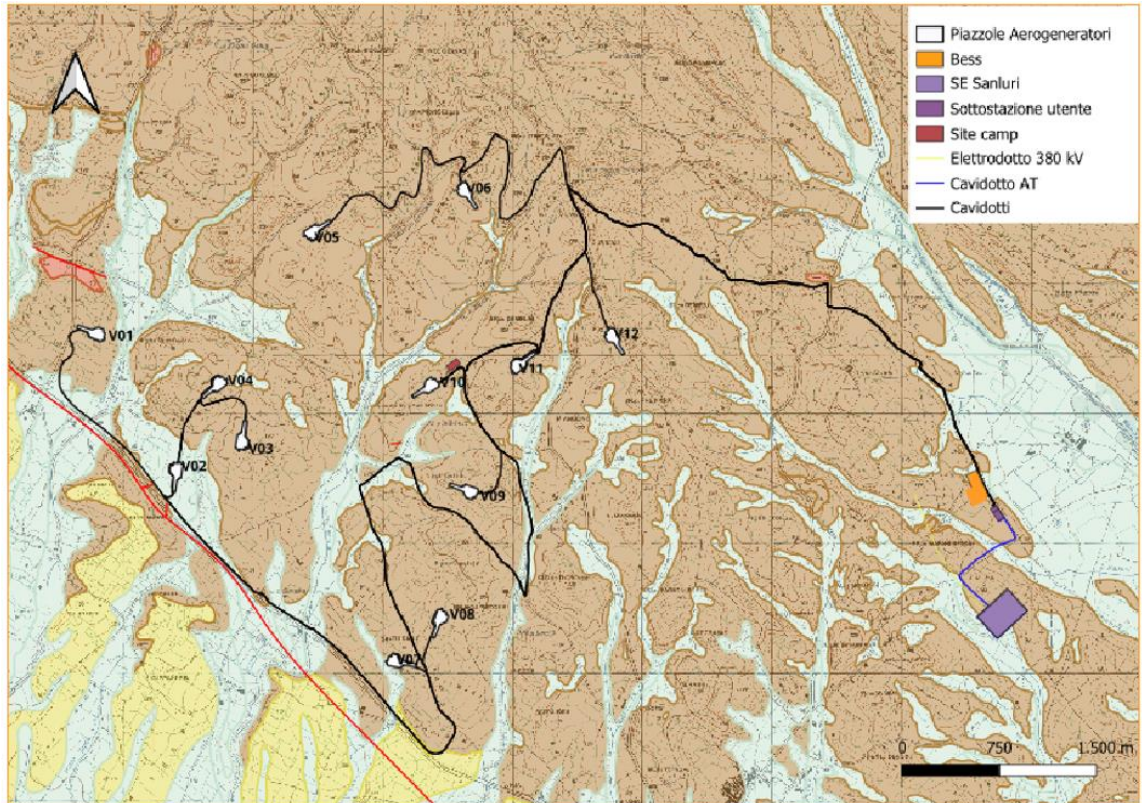
Nella seguente Figura 3.2 si possono osservare i grafici dell'andamento delle precipitazioni e temperature su base annuale:



**Figura 3.2: grafici dell'andamento delle temperature e delle precipitazioni nel corso dei dodici mesi**

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'areale in studio risulta ubicato all'interno del foglio geologico "Villacidro" n. 547, alla scala 1:50 000 della carta geologica d'Italia (ed. ISPRA). Tale cartografia non copre totalmente l'area di progetto, poiché quest'ultima si trova a cavallo dell'adiacente foglio 539 non ancora edito. Dunque, per una rappresentazione generale si riporta la cartografia a scala (1:25000), ottenuta dal geoportale regionale (Figura 4.1 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

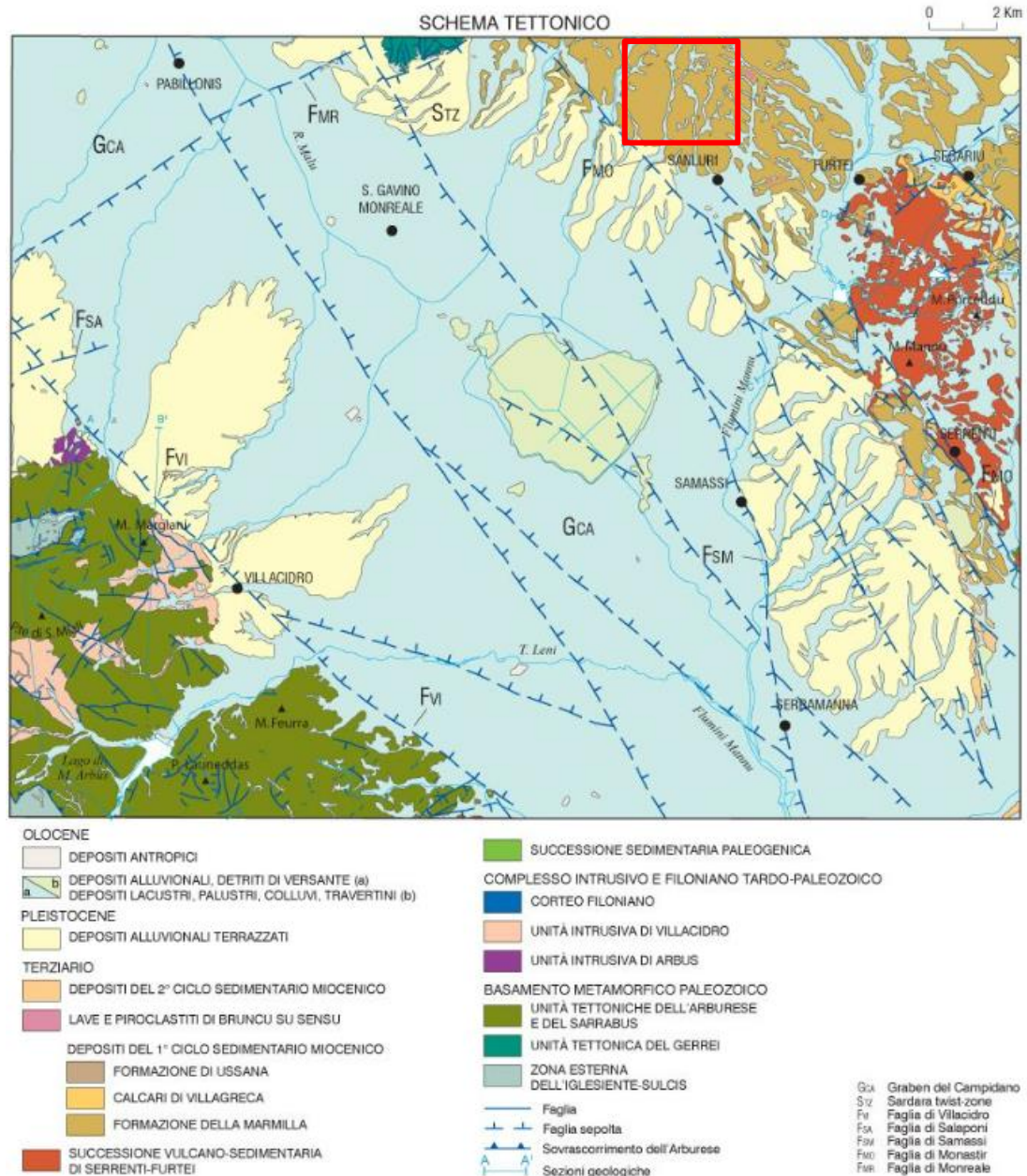


**Figura 4.1: Stralcio carta geologica geoportale regionale, con legenda**

Il sito in esame risulta ubicato ai margini settentrionali di una fossa tettonica, successivamente colmata da un potente spessore di sedimenti formatasi a seguito della fase distensiva plio-quadernaria, responsabile della formazione del Graben Campidanese; si osservano infatti in carta (figura 4-1 e figura 4-2), uno dei lineamenti tettonici di tipo "normale" associati al graben, orientati in direzione circa Nord/Ovest - Sud/Est.

Di seguito si riporta lo schema tettonico dell'area in studio (Figura 4-2):





**Figura 4-2: schema tettonico annesso alla carta geologica n. 547 (ISPRA) con legenda: in rosso l'ubicazione dell'area in studio.**

A partire dal Miocene superiore e fino al Pliocene-Pleistocene, tutta l'isola è interessata da un'importante fase distensiva da riferire all'apertura del Tirreno centro-meridionale, la quale favorisce una breve e localizzata (Penisola del Sinis, Campidano di Cagliari e di Oristano, Orosei) ingressione marina nel Pliocene Inferiore. A questa tettonica distensiva sono da imputare le estese manifestazione vulcaniche plio-pleistoceniche dell'Isola, prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeiitica, di età isotopica compresa tra 5,3 e 0,14 Ma, nonché l'impostazione del graben sudsidente del Campidano, colmato da potenti depositi detritici continentali plio-pleistocenici (formazione di Samassi).

La quasi totalità degli aerogeneratori risultano ubicati all'interno di una zona in cui affiora la Formazione della Marmilla (RML), nota da tempo come "Complesso marnoso-arenaceo Miocene del Campidano", in cui prevalgono sedimenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigio giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro e il metro. Lo spessore complessivo è di circa qualche centinaio di metri. I rilievi collinari a nord dell'abitato di Sanluri, nell'area di progetto, presentano una successione della formazione RML disturbata da piccole faglie con rigetti di ordine metrico e immersioni variabili a causa di fenomeni plicativi che hanno modificato la precedente

struttura monoclinale. Qui, i depositi marnosi risultano infine fittamente incisi e terrazzati dal reticolo idrografico impostatosi in epoca recente, nei cui alvei sono contenuti i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi quaternari.

A seguito di consultazione dei dati di indagini dirette disponibili sul database "Archivio indagini nel sottosuolo" dell'ISPRA, è stato possibile ottenere delle stratigrafie di pozzi perforati al fine della captazione della falda idrica nelle vicinanze dell'area in studio.

Le stratigrafie di pozzo sostanzialmente confermano le indicazioni ottenute dallo studio delle carte geologiche, in quanto identificano delle potenti successioni marnose, con alternanze costituite da livelli arenacei fino a profondità anche maggiori di 80-100 m da p.c; localmente qualche pozzo risulta totalmente perforato in filoni di roccia basaltica.

## 5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Nel Campidano l'acquifero è essenzialmente costituito da una successione sabbioso-conglomeratica intercalata da strati limoso-argillosi, con potenze fino ai 60 m, all'interno della quale si individuano spesso differenti livelli piezometrici. A scala regionale la falda può essere considerata del tipo multistrato, essendo stati accertati i collegamenti verticali e orizzontali tra i vari livelli. La Figura 5-2 mostra i caratteri idrogeologici a piccola scala del territorio; si osserva come all'interno della piana del Campidano esista uno spartiacque nella zona centrale, che divide i drenaggi della falda acquifera in direzione Nord-Ovest lungo l'asse del Rio Malu e verso Sud-Est lungo l'asse del Rio Fiumini Mannu.

Nell'areale in esame, la falda acquifera che per mezzo di dati di pozzo risulta presentare un livello statico entro i 10 m da p.c., presenta un asse di drenaggio verso il Campidano orientato con direzione circa Sud/Sud-Ovest. Come già accennato, la soggiacenza della falda risulta essere prossima al piano campagna, con profondità che si attestano intorno i 6 m.

Da un punto di vista idrografico e della permeabilità dei suoli il territorio presenta differenti caratteristiche a seconda dei litotipi affioranti. Infatti, laddove sono presenti le successioni marnose (areale in studio, nord di Sanluri - Figura 5-2) la permeabilità dei suoli risulta molto bassa, in virtù delle caratteristiche di bassa porosità che contraddistinguono questo litotipo. Tale evidenza risulta inoltre confermata dal diffuso reticolo idrico superficiale, prova della prevalente tendenza al ruscellamento da parte delle acque meteoriche, rispetto all'infiltrazione. Le conoidi che bordano il margine del graben del Campidano a nord di Sanluri, insieme alle successioni di depositi quaternari che lo hanno colmato, presentano invece una buona permeabilità per porosità dimostrando dunque una bassa cementazione dei litotipi. Stessa condizione caratterizza i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi impostati negli alvei del reticolo fluviale superficiale, che terrazzano incidendo le formazioni marnose arenacee presenti a nord dell'abitato di Sanluri.

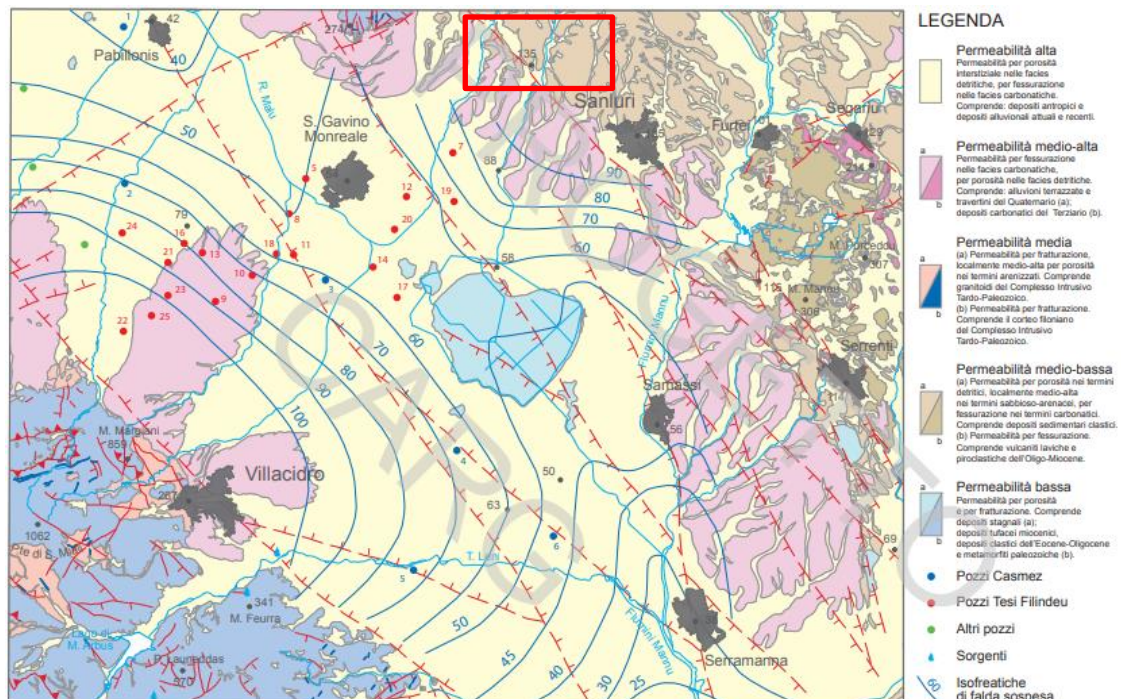
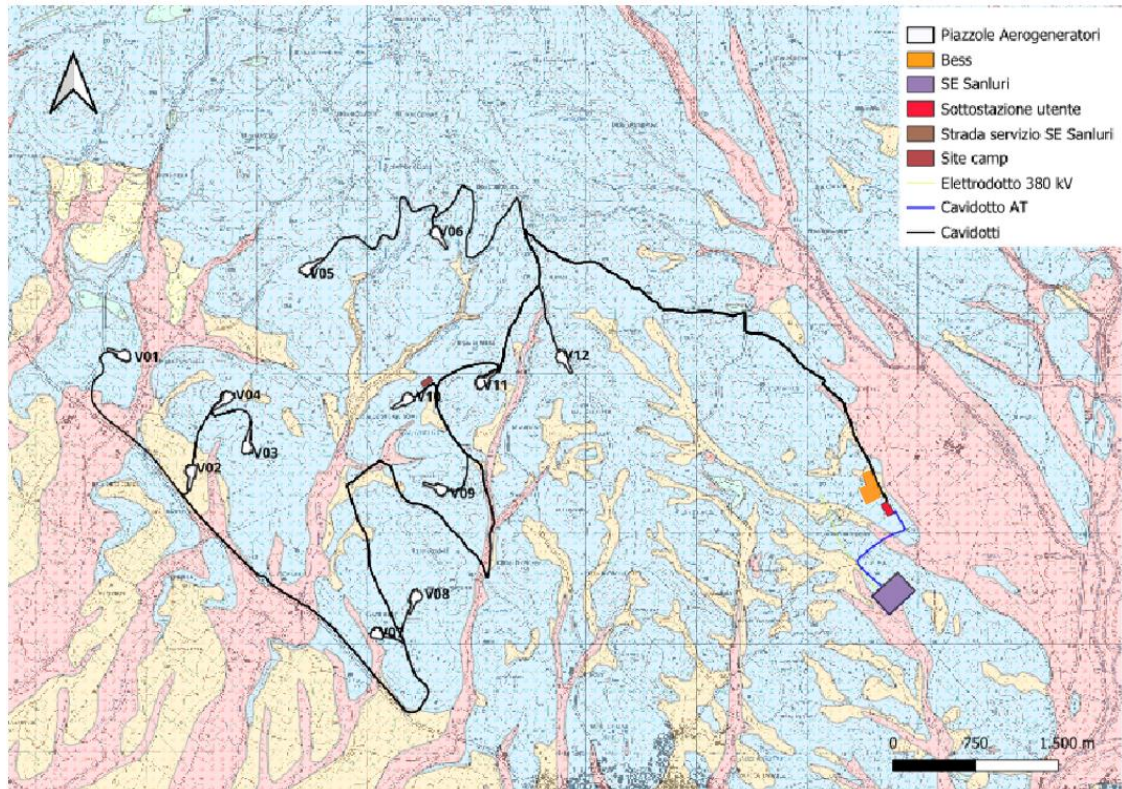


Figura 5.1: stralcio carta idrogeologica foglio 547 "Villacidro" Progetto CARG - ed. ISPRA; In rosso, l'area in studio



- BF: Permeabilità bassa per fratturazione
- BP: Permeabilità bassa per porosità
- MBF: Permeabilità medio bassa per fratturazione
- MBP: Permeabilità medio bassa per porosità
- MF: Permeabilità media per fratturazione
- MCF: Permeabilità media per carsismo e fratturazione
- MP: Permeabilità media per porosità
- MAF: Permeabilità medio alta per fratturazione
- MACF: Permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione
- MAP: Permeabilità medio alta per porosità
- ACF: Permeabilità alta per carsismo e fratturazione
- AP: Permeabilità alta per porosità
- Lg: Laghi e canali

**Figura 5.2: stralcio carta delle permeabilità dei suoli relativa all'area in esame, con legenda e sovrapposizione dell'idrografia (fonte Geoportale Regione Sardegna)**

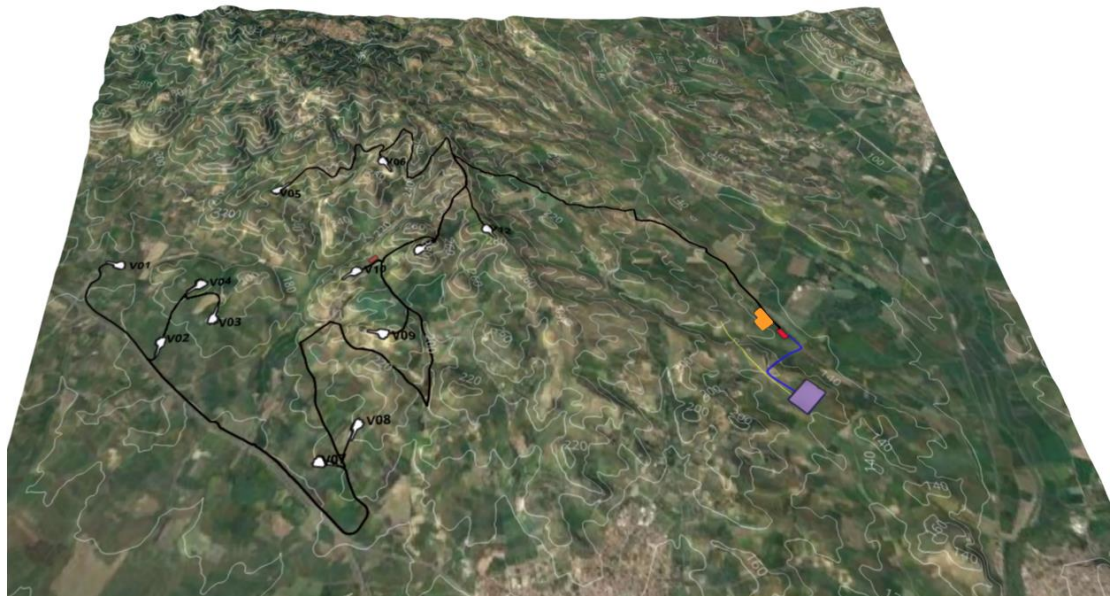
## 6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia dell'area in esame è fortemente influenzata dal contesto geo-litologico e strutturale della regione del Campidano, che ha interagito con gli effetti dei cambiamenti climatici quaternari.

Il Campidano è interpretato come un graben la cui formazione viene riferita al Pliocene Medio-Superiore con presenza nel suo sottosuolo di oltre 500 m di sedimenti continentali. Dato che estese conoidi del Pleistocene superiore e dell'Olocene mascherano i bordi del Campidano, non è possibile discriminare quanto dell'attuale forma dei rilievi sia da attribuire a processi di erosione selettiva eventualmente sovrapposti ad attività tettonica.

Questo areale, comprendente sia i rilievi collinari vulcanici sia quelli sedimentari oligo-miocenici, presenta versanti di tipo prevalentemente erosivo; risultano infatti modellati a spese dei sedimenti marnosi-arenacei terziari, con morfologie collinari dolci e poco acclivi. Invece, l'area interessata dalle rocce vulcaniche oligo-mioceniche è invece caratterizzata da dossi più elevati e versanti più acclivi. La morfologia dei versanti è quindi condizionata dall'erosione selettiva e dai processi di riesumazione.

Caratteri importanti del territorio, però, sono anche dati dai depositi alluvionali, che appartengono a due grandi cicli morfogenetici, uno più antico Pleistocenico e uno più recente Olocenico. Dai versanti che delimitavano il Campidano, infatti, durante il Pleistocene superiore si sono originate estese conoidi alluvionali coalescenti. La loro morfologia era caratterizzata da una più elevata acclività nei pressi del versante e da una progressiva diminuzione della stessa nella parte distale fino a generare conoidi con profilo concavo. Sulla loro superficie le irregolarità topografiche dovute alla presenza di canali distributori sono state in genere livellate dai processi erosivi. Tutte queste conoidi sono state interessate da importanti processi di incisione che hanno condotto al loro terrazzamento. Le morfologie dei depositi di pianura legati alle dinamiche oloceniche sono state sovente cancellate dagli interventi antropici.



**Figura 6.1: Estrazione da GIS del Digital Elevation Model (DEM), con osservazione della morfologia delle aree di progetto**

## 7. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.

Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano. Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica-geotecnica e idraulica, predisposti ai sensi dell'art.8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione, e rappresentate su strati informativi specifici.

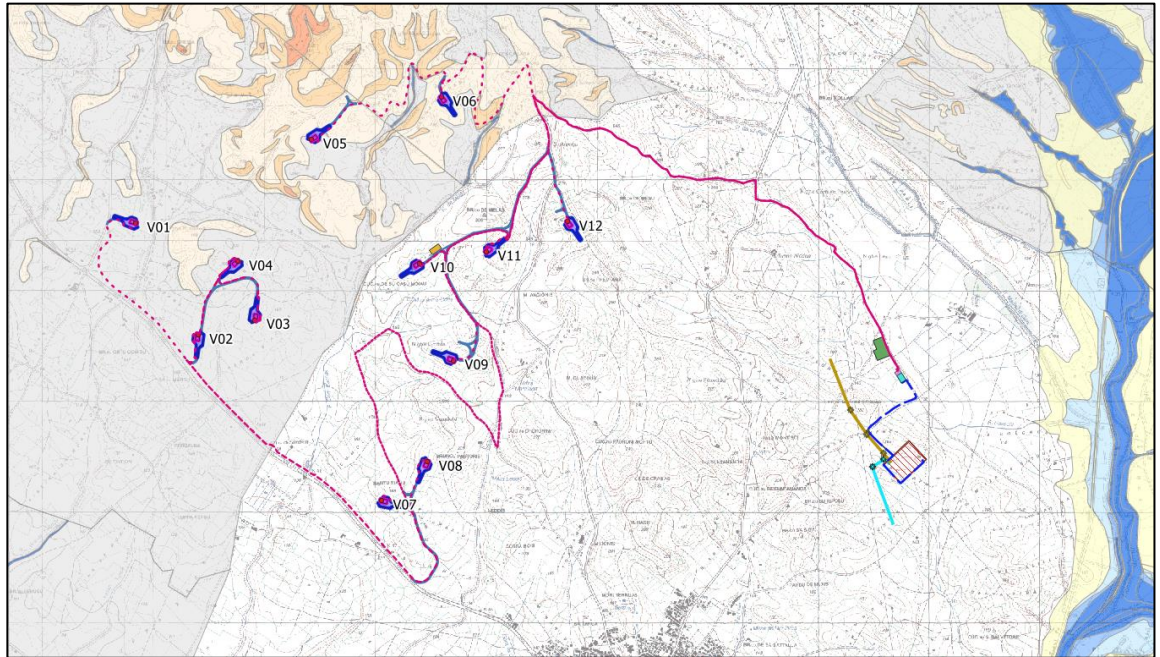
Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali 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.

Come osservabile in Figura 7-1 riportante le aree di pericolo da frana e da alluvione, si osserva che le wtg 01, 02, 03, 04, 05, 06 e parte dei cavidotti, ricadono in aree con pericolosità identificata HG1. Le NTA del PAI per tale livello di rischio non riportano limitazioni ostative alle opere di progetto.

Nel contesto in esame, a seguito della particolare morfologia del reticolo idrografico e dei litotipi affioranti, si potrebbe ipotizzare a fenomeni di dissesto per lo più riconducibili a colate di fango (debris flow) incanalate all'interno degli impluvi esistenti durante i periodi di forti e/o straordinarie precipitazioni (con elevati tempi di ritorno).

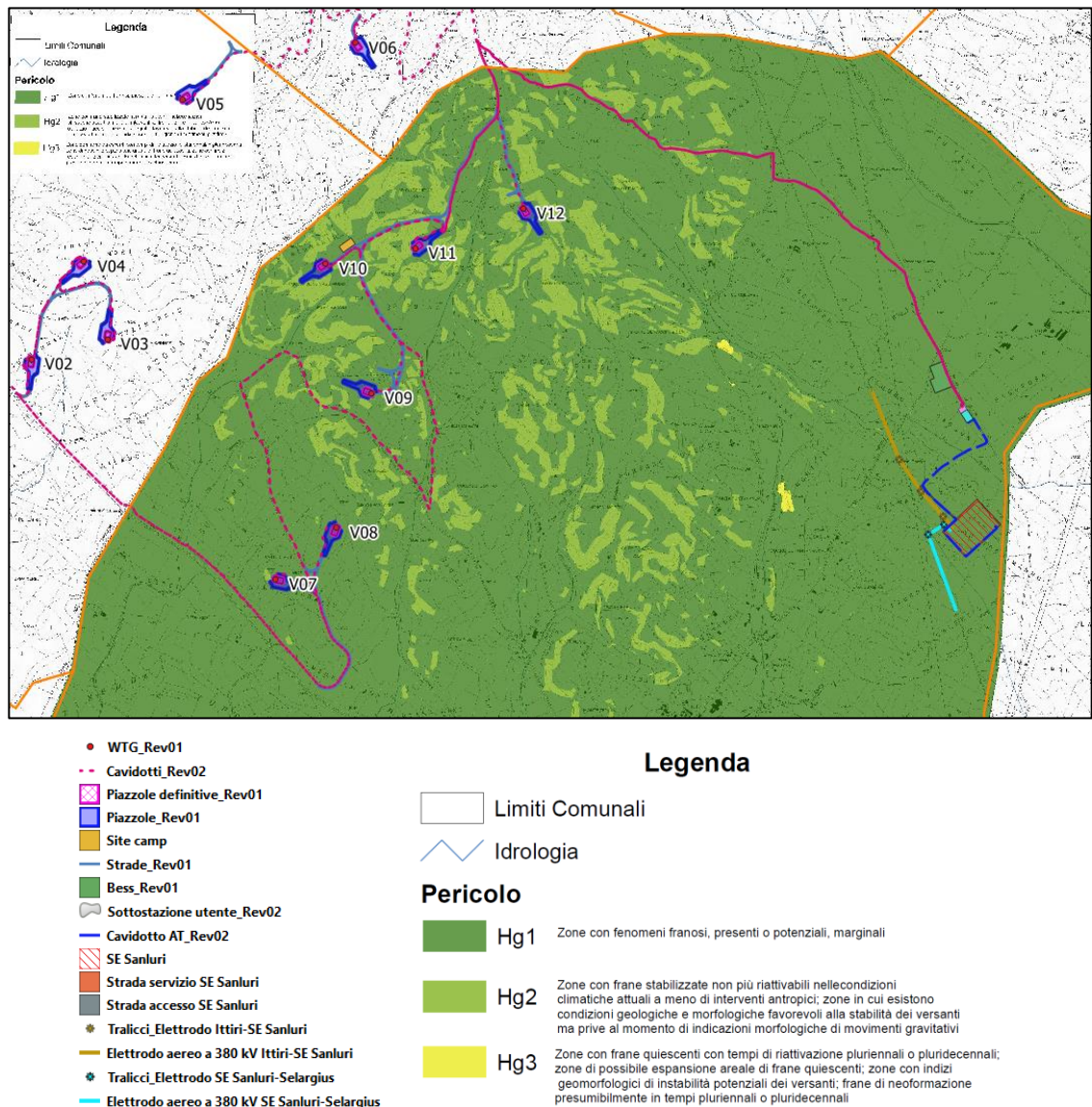
Dunque, si ipotizza che le opere in progetto non abbiano la capacità di aumentare il pericolo idrogeologico eventualmente insistente sulle aree, in quanto saranno progettati anche i necessari interventi di gestione e drenaggio delle acque meteoriche, sia per quanto riguarda le piazzole di ubicazione degli aerogeneratori, sia per i tracciati di viabilità.



- WTG\_Rev01
- - Cavidotti\_Rev02
- ▣ Piazzole definitive\_Rev01
- ▣ Piazzole\_Rev01
- Site camp
- Strade\_Rev01
- Bess\_Rev01
- Sottostazione utente\_Rev02
- Cavidotto AT\_Rev02
- ▨ SE Sanluri
- Strada servizio SE Sanluri
- Strada accesso SE Sanluri
- ★ Tralicci\_Elettrodo Ittiri-SE Sanluri
- Elettrodo aereo a 380 kV Ittiri-SE Sanluri
- ★ Tralicci\_Elettrodo SE Sanluri-Selargius
- Elettrodo aereo a 380 kV SE Sanluri-Selargius
- PAI - Pericolo Idraulico Rev. Dic\_22
- Hi\* - (Aree da modellazione 2D con  $V_p \leq 0,75$ )
- Hi0 - P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)
- Hi1 - P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)
- Hi2 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)
- Hi3 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)
- Hi4 - P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)
- PAI - Pericolo Geomorfologico Rev. Dic\_22
- Hg0 - (Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi)
- Hg1 - (Aree a pericolosità da frana Moderata)
- Hg2 - (Aree a pericolosità da frana Media)
- Hg3 - (Aree a pericolosità da frana Elevata)
- Hg4 - (Aree a pericolosità da frana Molto elevata)

**Figura 7.1: Stralcio cartografia PAI, estrazione da Geoportale Regione Sardegna, indicante le aree sottoposte a pericolo di frana e di alluvione (agg. Dic.22)**

Come si evince dall'immagine sopra riportata, il territorio comunale di Sanluri risulta come area "non studiata". Il comune di Sanluri ha predisposto lo studio comunale di assetto idrogeologico ai sensi dell'art. 8 delle Norme di attuazione al Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico, approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n° 75 del 10.10.2018, tuttavia risulta in stato di "approvazione in itinere" dal geoportale comunale (fonte <https://www.urbismap.com/sanluri#>). Dall'analisi della cartografia reperibile sul portale comunale, risulta che le turbine e le relative piazzole e strade di accesso ricadano in aree di pericolosità moderata da frana (Hg1) e aree di pericolosità media da frana (Hg2). Il BESS, la SSE e la SE e relativi raccordi aerei risultano ricadere in aree di pericolosità moderata da frana (Hg1).



**Figura 7.2: Stralcio della tavola di piano "Carta della pericolosità da frana" (cod. GEO-10-a-Pericolosità)**

Di seguito vengono riportate le considerazioni di tipo geotecnico per i terreni caratterizzanti il sito in esame. Le informazioni riportate si basano sui dati relativi alle campagne geofisiche condotte in sito nel mese di Marzo 2022 e su dati di origine bibliografica disponibili nei database riguardanti indagini di sottosuolo.

### 7.1. CAMPAGNA GEOFISICA 2022

Come descritto nel report "Indagini geofisiche preliminari - impianto eolico Villanovaforru" realizzato dalla RTI Costag Singea, nel mese di marzo 2022 è stata condotta una campagna di indagini geofisiche al fine di indagare i caratteri e i rapporti stratigrafici del sottosuolo nell'area di studio.



La campagna geognostica ha previsto l'esecuzione di:

- N. 8 tomografie elettriche ERT
- N. 8 stendimenti sismici MASW
- N.8 stendimenti sismici a rifrazione SRT

I dettagli relativi alle modalità di prova e alla strumentazione utilizzata sono descritti nel relativo Report in Allegato 1.

Nella seguente Figura 8-1 si riporta l'ubicazione delle prove in relazione alle postazioni delle WTG in progetto.



**Figura 7.3: ubicazione degli stendimenti geofisici; le varie prove sono state eseguite l'una a fianco dell'altra; dunque, la visualizzazione risulta sovrapposta**

L'elaborazione delle suddette indagini ha permesso la definizione della sismo-stratigrafia del sottosuolo oltre a fornire i principali parametri di deformabilità dei litotipi individuati, di seguito riportati:

- Coefficiente di Poisson,  $\nu$
- Modulo di Young dinamico,  $E_d$
- modulo di Young statico,  $E_s$
- Modulo di taglio (rigidità),  $G_0$
- Modulo di comprimibilità (o di Bulk),  $K$

- Modulo edometrico, Mo

Per quanto riguarda la sismo-stratigrafia, sono stati individuati n.3 strati di seguito descritti:

- Primo strato, impostato indicativamente entro i 10 m da p.c.: materiali di copertura della sottostante formazione marnosa - arenacea, probabilmente costituiti da clasti marnosi alterati e/o fratturati immersi in una matrice fine limosa; tali depositi sono caratterizzati da una velocità delle Onde Vp nel range 550 – 700 m/s, mentre per le onde Vs valori tra 300 – 500 m/s.
- Secondo strato, spessore di circa 8 – 15 m al di sotto del precedente; formazione marnosa arenacea (formazione della Marmilla), indicativamente di debole competenza e cementazione poiché caratterizzata da sedimenti recenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti. Tali depositi sono caratterizzati da una velocità delle Onde Vp nel range 1250 – 1700 m/s, mentre per le onde Vs valori tra 650 – 900 m/s.
- Terzo strato, probabilmente rappresentante una facies a più elevata competenza (alternanza arenacea) all'interno della formazione marnosa-arenacea, caratterizzata da una velocità delle Onde Vp nel range 2100 – 2600 m/s, mentre per le onde Vs valori tra 1100 – 1400 m/s.

Durante la presente campagna di indagine non sono state eseguite prospezioni di tipo diretto, atte a verificare la stratigrafia del sito per la calibrazione della geofisica o per la raccolta di campioni da sottoporre a test di laboratorio; per tale motivo, per la stesura della stratigrafia geotecnica di progetto si farà riferimento al termine "sismo-stratigrafia".

## 7.2. DATI BIBLIOGRAFICI

A seguito della consultazione del geoportale ISPRA "Archivio indagini nel sottosuolo", è stato possibile verificare la stratigrafia di pozzi a scopo idrico, perforati nelle circostanze dell'area di impianto. Per mezzo di questi dati è stato possibile individuare la soggiacenza della falda di progetto e fare valutazioni sommarie in merito ai rapporti dei litotipi individuati per mezzo dell'indagine geofisica.

Di seguito si riporta la stratigrafia dei pozzi consultati, mentre nella Figura 8-2 l'ubicazione delle perforazioni:

- Pozzo 189302

**Tabella 7-1: dati relativi alla perforazione di pozzi idrici**

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Agosto '91	10,00	20,00	10,00	1
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	7,00	7,00	ARGILLA
2	7,00	94,00	87,00	MARNE ARGILLOSE
3	94,00	95,00	1,00	ARENARIE
4	95,00	115,00	20,00	MARNE ARGILLOSE

- Pozzo 191793

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata
Marzo '96	2,00	ND	ND	ND
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	42,00	42,00	ROCCIA BASALTICA

- Pozzo 189260

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata
Gennaio '02	7,00	ND	ND	ND
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	0,50	0,50	SUOLO PIETROSO
2	0,50	13,50	13,00	CALCARENITE BIANCASTRA ACQUIFERA
3	13,50	27,00	13,50	MARNE GRIGIE STRATIFICATE
4	27,00	34,00	7,00	COME SOPRA MA FRANOSE
5	34,00	42,00	8,00	PICCOLA VENA D'ACQUA
6	42,00	45,00	3,00	ARGILLA COMPATTA
7	45,00	70,00	25,00	MARNE CALCAREE GRIGIO VERDI - IMPERMEABILI
8	70,00	123,00	53,00	MARNE CALCAREE GRIGIO VERDI PIU' DURE E SCURE NELLA PARTE BASSA CON LIVLLI TALORA ACQUIFERI POCO POTENTI
9	123,00	130,00	7,00	ARGILLE CONSOLIDATE NOCCIOLA
10	130,00	140,00	10,00	MARNE GRIGIE

- Pozzo 189298

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Marzo '96	20,00	90,00	70,00	2
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica

1	0,00	3,00	3,00	TERRA
2	3,00	30,00	27,00	ARENARIA
3	30,00	31,00	1,00	FALDA D'ACQUA
4	31,00	61,00	30,00	MARNE
5	61,00	62,00	1,00	FALDA D'ACQUA
6	62,00	100,00	38,00	MARNE

- Pozzo 191769

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Novembre '97	6,00	6,00	0,00	0,500
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00	TERRA VEGETALE
2	2,00	90,00	88,00	MARNE
3	90,00	95,00	5,00	ARENARIA
4	95,00	104,00	9,00	MARNA ARENARIA

- Pozzo 192391

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Febbraio '97	8,00	90,00	82,00	5
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	6,00	6,00	TERRA
2	6,00	40,00	34,00	MARNE CON ARENARIA
3	40,00	41,00	1,00	FALDA D'ACQUA
4	41,00	82,00	41,00	MARNE
5	82,00	83,00	1,00	FALDA D'ACQUA
6	83,00	100,00	17,00	MARNE

- Pozzo 189281

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Luglio '95	18,00	90,00	72,00	2
STRATIGRAFIA				

Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	3,00	3,00	TERRA
2	3,00	29,00	26,00	MARNA
3	29,00	30,00	1,00	FALDA D'ACQUA
4	30,00	100,00	70,00	MARNA



Figura 7.4: ubicazione dei pozzi idrici (in verde) rispetto all'ubicazione delle WTG

Dallo studio delle stratigrafie riportate, risulta che il sottosuolo del sito è caratterizzato da successioni marnose – arenacee, fino ad una profondità maggiore di 100 m da p.c.

### 7.3. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

L'esame delle risultanze ottenute dalla campagna di indagine geofisica, dalle valutazioni sulle stratigrafie di pozzo e dall'analisi del contesto geologico dell'area ha permesso di definire una sismo-stratigrafia sito specifica e di valutare, per mezzo di correlazioni empiriche, i principali parametri geotecnici di resistenza e deformabilità.

Considerando la morfologia e la storia geologica dell'area di studio, analizzando le stratigrafie a disposizione si può concludere che i terreni presenti in situ sono generalmente successioni marnose – arenacee con competenza e qualità geotecniche variabili a seconda delle alternanze di facies.

**Tabella 7-2: sismo-stratigrafia di progetto**

ID STRATO	DESCRIZIONE	PROFONDITA' (m da p.c.)
SISMOSTRATO 1	Materiali di copertura della sottostante formazione marnosa - arenacea, costituiti da clasti marnosi alterati e/o fratturati immersi in una matrice fine limosa	10
SISMOSTRATO 2	Formazione marnoso – arenacea	>10

**Tabella 7-3: parametri geotecnici di progetto**

ID STRATO	g (KN/m <sup>3</sup> )	f (°)	c	Coeff. di Poisson v	Mod. di Young din. Ed (Mpa)	Mod. di Young st. Es (Mpa)	Mod. di taglio (rigidità) G <sub>0</sub> (Mpa)	Mod. di Bulk K (Mpa)	Mod. ed. Mo (kg/m <sup>3</sup> )
STRATO 1	19,1	22	-	0.2	201	24.2	264.6	347.1	71345
STRATO 2	22.5	25	-	0.3	869	104.7	1044	3134	461407

I parametri geotecnici fisici e di resistenza dei litotipi, ovvero  $\gamma$ ,  $\phi$  e C (quest'ultima pari a 0 poiché relativi a terreni granulari-clastosi), sono stati forniti utilizzando dati consolidati da bibliografia, in quanto le correlazioni empiriche fornivano valori esageratamente troppo grandi a causa delle elevate velocità delle onde ottenute dalle prove geofisiche. Infatti, tali correlazioni si basano sul parametro N<sub>spt</sub> (relativo al numero di colpi di indagini penetrometriche), tipologia di dato/prova non adeguata al contesto geologico in esame.

Invece, i parametri di deformabilità e rigidità sono stati determinati per mezzo di correlazioni empiriche di uso comune, utilizzando i dati rappresentativi delle velocità calcolate in ogni sismo-strato di riferimento.

Il sismo-strato 3 è stato incluso all'interno del n. 2 in quanto potrebbe risultare una facies arenacea, dunque maggiormente competente, all'interno della formazione marnosa; cautelativamente, sono stati forniti i valori dei parametri geotecnici calcolati per il sismo-strato 2.

A seguito della consultazione dei dati di pozzi idrici, la falda di progetto è individuata negli strati superficiali prossimi al p.c., alla profondità di circa 6 m da p.c.

Le correlazioni empiriche utilizzate per la definizione dei parametri di deformazione e rigidità sono le seguenti:

$$\text{Coefficiente di Poisson } v = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

$$\text{Modulo di Young dinamico } E_d = \gamma V_s^2 [(3V_p^2 - 4V_s^2)/(V_p^2 - V_s^2)]$$

$$\text{Modulo di taglio (rigidità) } G_0 = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di comprimibilità o di Bulk } K = \gamma (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

Mentre per la determinazione del modulo di Young statico E<sub>s</sub> dal modulo dinamico E<sub>d</sub>, è stata applicata la nota relazione proposta da Rzhovsky e Novik (1971) valida per i moduli misurati in MPa o Kg/cmq:

$$E_{\text{stat}} = \frac{E_{\text{din}} - 0.97}{8.3}$$

## 8. INQUADRAMENTO SISMICO

### 8.1. QUADRO NORMATIVO E PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata la zona sismica per il territorio in studio, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003.

**Tabella 8-1: Zona sismica area di studio**

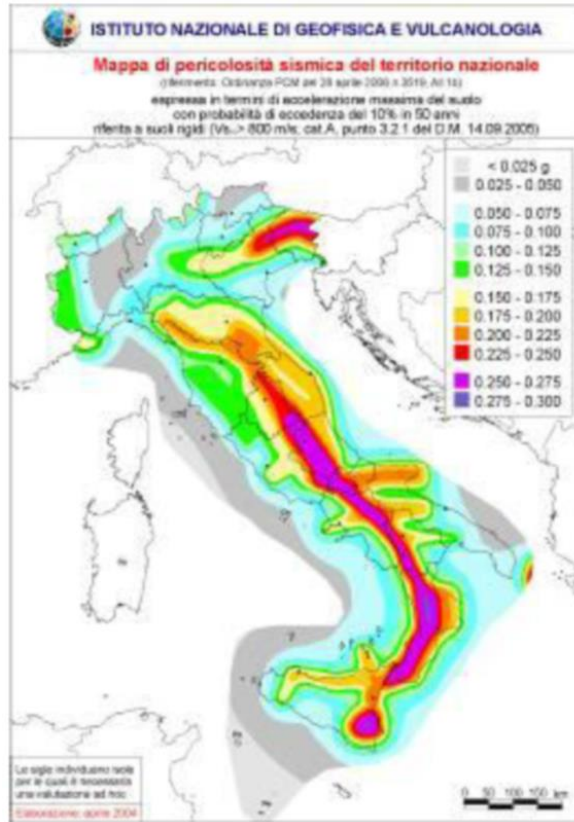
<b>Zona sismica 4</b>	Zona con livello di pericolosità sismica molto basso
$a_{gMax}$ $a_g \leq 0.05$	Accelerazione massima presente all'interno dei territori comunali.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

**Tabella 8-2: Zone sismiche del territorio nazionale**

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	È la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. In seguito, per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (Figura 8.1). Tale studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**Modello di pericolosità sismica MPS04-S1**

**Selezione Mappa**

Visualizza punti della griglia riferiti a:

Parametro dello scuotimento:

Probabilità in 50 anni:

Percentile:

Periodo spettrale (sec.):

Ridisegna mappa

**Navigazione**

Scala: (Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala:

Coordinate del centro della mappa

Lat.:

Long.:

**Ricerca Comune**

Il nome contiene:

Comune Evidenziato:

**Legenda**

- < 0.025g
- 0.025-0.050
- 0.050-0.075
- 0.075-0.100
- 0.100-0.125
- 0.125-0.150
- 0.150-0.175
- 0.175-0.200
- 0.200-0.225
- 0.225-0.250
- 0.250-0.275
- 0.275-0.300
- 0.300-0.350
- 0.350-0.400
- 0.400-0.450
- 0.450-0.500
- 0.500-0.600
- 0.600-0.700
- 0.700-0.800
- 0.800-0.900
- 0.900-1.000
- 1.000-1.250
- 1.250-1.500
- 1.500-1.750
- 1.750-2.000

**Copyright**

Figura 8.1- Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) e della pericolosità sismica attesa al suolo ag sitospecifica, contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).



In particolare, con tale provvedimento è stato possibile superare il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro zone sismiche fondamentali.

Infatti, la vecchia classificazione sismica produceva numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali.

Successivamente verrà mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione WebGIS, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica.

Nello specifico, per le zone di interesse i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni risultano minori a 0,05 ag (accelerazione massima del suolo).

## 8.2. ZONE SISMOGENETICHE

Per sorgente sismogenica composta si intende una rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogeniche che non possono essere distinte singolarmente. Tali zone sono le principali considerate ad elevato rischio sismico in quanto, essendo caratterizzate dalla presenza di faglie attive, in esse vi è una elevata probabilità che si verifichino terremoti di elevata magnitudo.

L'ubicazione è riportata all'interno del DISS, ovvero il database georeferenziato edito dall'INGV riportante informazioni necessarie ad elaborare la pericolosità sismica di base a livello di pianificazione territoriale.

Da un punto di vista sismogenetico, l'area in esame non ricade all'interno di fasce sismogenetiche attive; la fascia più prossima al sito risulta distante circa 150 Km, come osservabile nel seguente estratto cartografico del progetto DISS riportato in Figura 8.2.

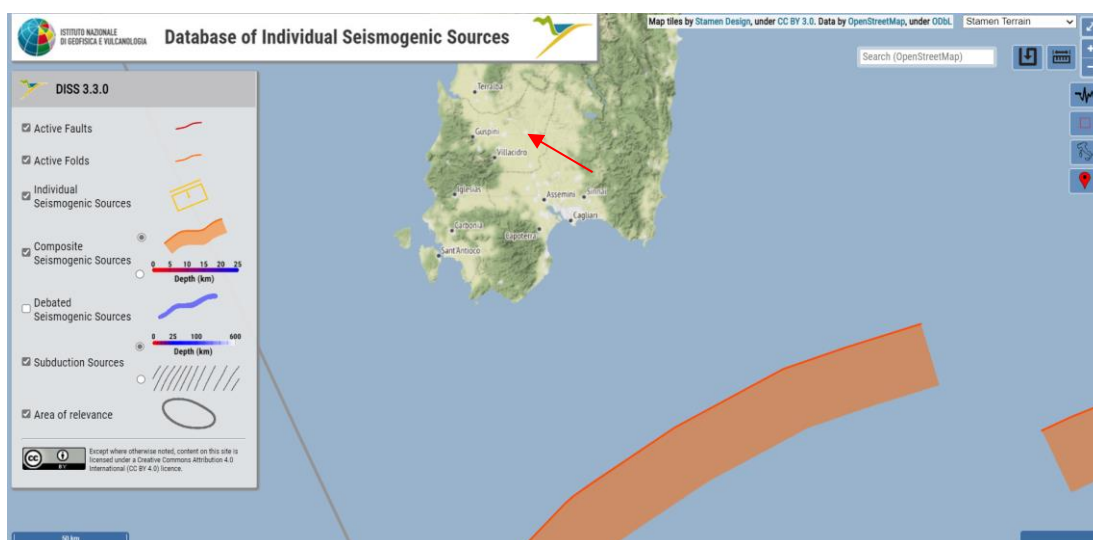


Figura 8.2: Sorgenti sismogenetiche (INGV-DISS); la freccia indica l'ubicazione del sito

### 8.3. STORIA SISMICA DELL'AREA

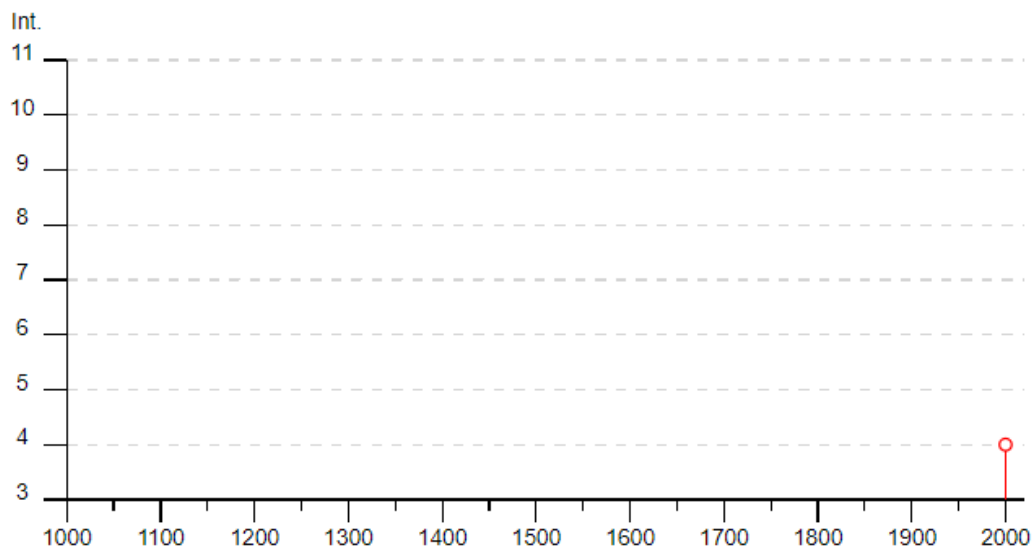
L'area in esame non risulta essere stata storicamente interessata da fenomeni sismici rilevanti; il database macrosismico, utilizzato nel 2004 per la compilazione del catalogo CPTIO4 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale).

Le informazioni contenute nel database hanno consentito una prima individuazione dei "centri sismici" rilevanti per il sito in esame e delle relative potenzialità in termini di intensità epicentrali storicamente documentate.

#### Sanluri



PlaceID	IT_68886
Coordinate (lat, lon)	39.562, 8.898
Comune (ISTAT 2015)	Sanluri
Provincia	Medio Campidano
Regione	Sardegna
Numero di eventi riportati	1



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

Tabella 8-1: Serie storica dei sismi che hanno interessato l'area di studio

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

### 8.4. SISMICITÀ DELL'AREA

#### 8.4.1. PREMESSA

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in

esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore  $V_{S,eq}$  definito dalla seguente equazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame. La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

- $a_g$  = 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.

Per il presente progetto, i valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato B del decreto, in quanto i parametri relativi alla Sardegna ed altre isole minori non rientrano all'interno del reticolo di riferimento INGV sul territorio. Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

#### **8.4.2. EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA**

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico. Inoltre, per le sezioni e le misurazioni si è preso come riferimento la cartografia disponibile.

Per quanto riguarda i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica, questi sono riportati nella successiva tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$ )	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ )	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.4

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie per lo più pianeggiante o comunque caratterizzata da blandi rilievi, il valore di riferimento è  $St = 1.0$ .

#### 8.4.3. CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI

Nell'ambito della campagna geofisica del 2022 sono stati eseguiti stendimenti geofisici MASW, al fine di determinare la categoria sismica di sottosuolo.

L'analisi delle onde Vs a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità Vs e, di conseguenza, del parametro Vs,eq, che risulta ricompreso nel range 360 - 631 m/s (considerando come riferimento il piano di campagna). Il valore MASW8 cautelativamente può essere non considerato, in quanto differente dal trend generale e comunque indicante una categoria sismica migliore.

Tabella 8-3: risultanze prove MASW

LINEA	Vs eq	Categoria di Sottosuolo (D.M. 17.01.2018)
MASW1	361	B
MASW2	469	B
MASW3	533	B
MASW4	628	B
MASW5	631	B
MASW6	562	B
MASW7	600	B
MASW8	1050	A

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) la categoria sismica più rappresentativa per il sottosuolo del sito in studio è la B, la cui descrizione è riportata di seguito.

#### Categoria 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

#### 8.4.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1.0  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

La Sardegna risulta esterna al reticolo di riferimento normalmente usato per calcolare, per mezzo di una media ponderata, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC. Per questo motivo risulta necessario utilizzare i valori tabellati in Allegato B al D.M., con i parametri validi (ritenuti costanti su tutto il territorio) per le isole (con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri).

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.186	2.61	0.273
SLD	50	0.235	2.67	0.296
SLV	475	0.500	2.88	0.340
SLC	975	0.603	2.98	0.372

Tabella 8-4- Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, tratti da Allegato B alle NTC 2018 in quanto la Sardegna non è coperta dal reticolo di riferimento

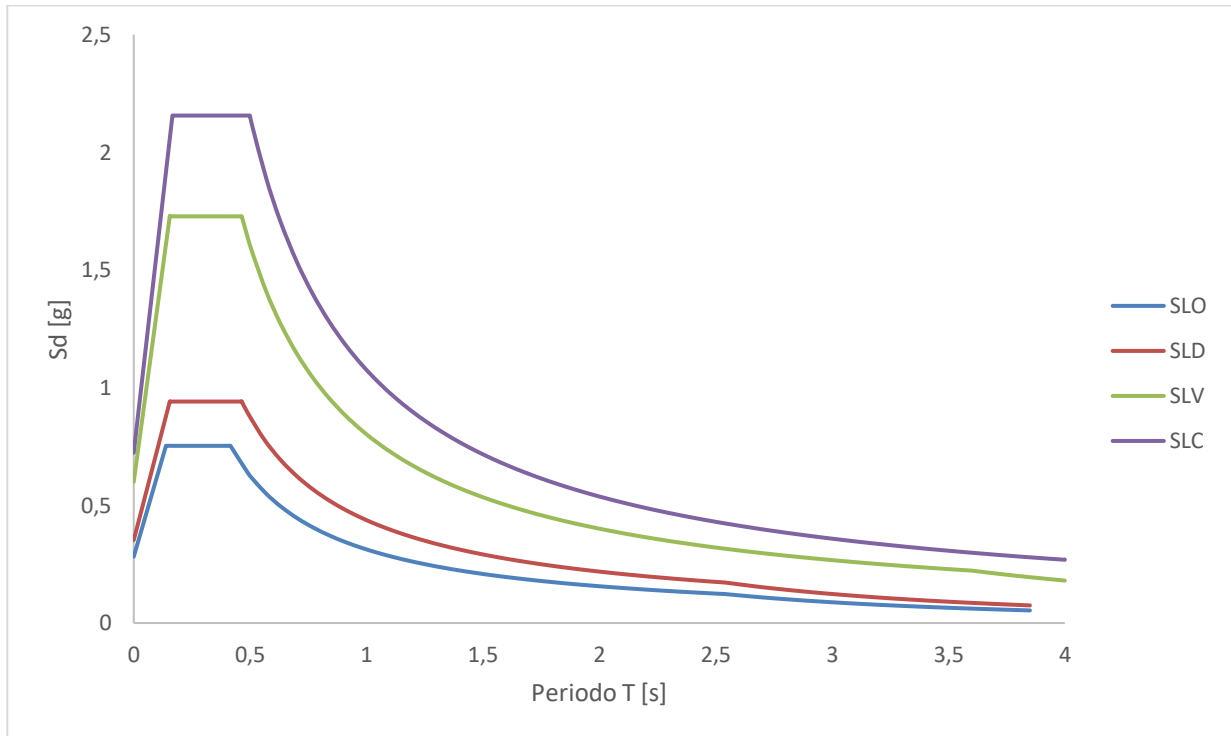
#### 8.5. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000  
 Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Stabilità dei pendii e fondazioni NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.045	0.056	0.120	0.145
kv	0.022	0.028	0.060	0.072
$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.223	0.282	0.600	0.724
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali – Spettro di Progetto**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T <sub>B</sub> ) [g]
SLO	1.0	0.186	2.610	0.273	1.2	1.426	1.0	1.200	1.0	0.130	0.389	2.344	0.223	0.583
SLD	1.0	0.235	2.670	0.296	1.2	1.403	1.0	1.2	1.0	0.138	0.415	2.540	0.282	0.751
SLV	1.0	0.500	2.880	0.340	1.2	1.365	1.0	1.2	1.0	0.155	0.464	3.600	0.6	1.73
SLC	1.0	0.603	2.980	0.372	1.2	1.341	1.0	1.2	1.0	0.166	0.499	4.0	0.724	2.154

## 9. CONCLUSIONI

L'analisi del contesto idrogeomorfologico e geotecnico dell'area in esame ha permesso di trarre le seguenti considerazioni:

La quasi totalità degli aerogeneratori risulta ubicato all'interno di una zona in cui affiora un complesso marnoso-arenaceo Miocenico, in cui prevalgono sedimenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti. Avendo un'origine recente ed essendo interessati da fenomeni plicativi e tettonici, ci si aspetta che tali litotipi abbiano una competenza e una cementazione medio - bassa.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione nell'area in esame si è fatto riferimento ai dati relativi alla campagna geofisica condotta nel marzo 2022 e da informazioni bibliografiche su dati di pozzo idrici presenti nelle circostanze delle aree di studio. La qualità dei litotipi individuata risulta molto variabile in funzione delle facies marnose e/o arenacee.

La falda risulta avere soggiacenza prossima al piano campagna, ad una profondità di circa 6 m da p.c.

Il territorio in cui si inseriscono le infrastrutture presenta un reticolo idrico superficiale ramificato, a causa della prevalente componente di deflusso superficiale, rispetto all'infiltrazione, in funzione delle caratteristiche delle formazioni marnose. Tuttavia, gli aerogeneratori in progetto non risultano interferenti con alvei fluviali; infine, si osserva che le WTG 01, 02, 03, 04, 05, 06 e parte dei cavidotti, ricadono in aree con pericolosità moderata da frana Hg1. Le NTA del PAI per tale livello di rischio non riportano limitazioni ostative alle opere di progetto. Per quanto riguarda le opere che ricadono nel comune di Sanluri, secondo il Piano di Assetto Idrogeologico Comunale, le opere ricadono in aree a pericolosità moderata da frana (Hg1) e aree di pericolosità media da frana (Hg2). Per gli interventi in area Hg2 è richiesto uno studio di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art.25 delle NTA del PAI.

Dal punto di vista sismico, il territorio ricade zona sismica 4, rispetto alla classificazione eseguita dall'INGV per il territorio nazionale, caratterizzata da una pericolosità sismica molto bassa, con un'accelerazione al suolo attesa minore di 0,05 ag/g. Le indagini geofisiche di tipo MASW eseguite in situ, hanno evidenziato che la classe sismica di sottosuolo più ricorrente nell'area è la B. La verifica di liquefazione dei terreni può essere omessa in quanto l'accelerazione sismica attesa al suolo è minore di 0,1 g.