

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	 	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
ELABORAZIONI I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP, 09122 Cagliari (CA) Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it		PAGINA 1 di 42

REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI
VILLAMASSARGIA

POTENZA MASSIMA DI IMMISSIONE DI 59,15 MW

COMPRENSIVA DI SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO DA 15,75 MW



OGGETTO PROGETTO DEFINITIVO	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA																										
PROGETTAZIONE I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA	<table border="0"> <tr> <td>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</td> <td>CONTRIBUTI SPECIALISTICI</td> </tr> <tr> <td>Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile)</td> <td>Ing. Antonio Dedoni (acustica)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Marianna Barbarino</td> <td>Ce.Pi.Sar. (Chiroterofauna)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Enrica Batzella</td> <td>Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia)</td> </tr> <tr> <td>Pian.Terr. Andrea Cappai</td> <td>Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Gianfranco Corda</td> <td>Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Paolo Desogus</td> <td>Dott. Maurizio Medda (Fauna)</td> </tr> <tr> <td>Pian. Terr. Veronica Fais</td> <td>Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Gianluca Melis</td> <td>Dott. Matteo Tatti (Archeologia)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Andrea Onnis</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pian. Terr. Eleonora Re</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ing. Elisa Roych</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ing. Marco Utzeri</td> <td></td> </tr> </table>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	CONTRIBUTI SPECIALISTICI	Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile)	Ing. Antonio Dedoni (acustica)	Ing. Marianna Barbarino	Ce.Pi.Sar. (Chiroterofauna)	Ing. Enrica Batzella	Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia)	Pian.Terr. Andrea Cappai	Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia)	Ing. Gianfranco Corda	Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora)	Ing. Paolo Desogus	Dott. Maurizio Medda (Fauna)	Pian. Terr. Veronica Fais	Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia)	Ing. Gianluca Melis	Dott. Matteo Tatti (Archeologia)	Ing. Andrea Onnis		Pian. Terr. Eleonora Re		Ing. Elisa Roych		Ing. Marco Utzeri	
GRUPPO DI PROGETTAZIONE	CONTRIBUTI SPECIALISTICI																										
Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile)	Ing. Antonio Dedoni (acustica)																										
Ing. Marianna Barbarino	Ce.Pi.Sar. (Chiroterofauna)																										
Ing. Enrica Batzella	Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia)																										
Pian.Terr. Andrea Cappai	Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia)																										
Ing. Gianfranco Corda	Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora)																										
Ing. Paolo Desogus	Dott. Maurizio Medda (Fauna)																										
Pian. Terr. Veronica Fais	Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia)																										
Ing. Gianluca Melis	Dott. Matteo Tatti (Archeologia)																										
Ing. Andrea Onnis																											
Pian. Terr. Eleonora Re																											
Ing. Elisa Roych																											
Ing. Marco Utzeri																											

Cod. pratica 2022/0301b

Nome File: SR-VI-RC11 Relazione geologico-tecnica

0	Marzo 2023	Emissione per procedura di VIA	MFL	GF	SR
	DATA	DESCRIZIONE	ESEG.	CONTR.	APPR.

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 2 di 42

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	Premessa	3
1.2	Normativa di riferimento e relative prescrizioni	3
1.3	Descrizione sommaria degli interventi in progetto	4
1.4	Inquadramento topografico e territoriale	5
2	MODELLO GEOLOGICO	7
2.1	Contesto geologico dell'area vasta	7
2.2	Assetto litostratigrafico locale	10
2.3	Assetto idrogeologico	13
2.4	Assetto morfologico	15
2.5	Assetto idrografico	19
2.6	Uso del suolo	19
3	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	20
3.1	Sismicità storica del sito	20
3.2	Classificazione sismica	24
3.3	Pericolosità sismica	25
3.4	Categoria di sottosuolo	26
4	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	28
4.1	Pericolosità sismica	28
4.2	Pericolosità idrogeologica	28
4.3	Subsidenza	28
4.4	Pericolosità da frana	29
4.5	Pericolosità idraulica	29
5	MODELLO GEOTECNICO	30
5.1	Modello geotecnico preliminare	30
5.2	Stima della capacità portante dei terreni di fondazione	31
6	VIABILITÀ INTERNA, PIAZZOLE E RELATIVE CRITICITÀ	32
7	CONCLUSIONI	33

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 3 di 42

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Sorgenia Renewables S.r.l.⁽¹⁾ ha in programma la costruzione di un impianto eolico in agro di Villamassargia (Provincia del Sud Sardegna) che sarà costituito da n. 7 aerogeneratori.

In tale ambito, lo scrivente geologo *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA* è stato incaricato per la stesura della presente «**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**» quale corredo obbligatorio degli elaborati progettuali ai fini del conseguimento del titolo autorizzativo.

Gli argomenti di seguito esposti si basano su dati originali in possesso dello scrivente provenienti da sopralluoghi diretti sui siti di intervento e da attività pregresse condotte nel medesimo o analogo contesto geologico, integrati da informazioni ricavate dalla miscellanea e cartografia geotematica regionale.

Con le analisi attuate in questa sede si ritiene di aver compiutamente analizzato i preliminari aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'opera in progetto, nonché di aver valutato, con il dettaglio necessario per la fase in essere, le condizioni di pericolosità geologico-idraulica in atto e/o potenziali od altre criticità in grado di condizionare negativamente la fattibilità dell'intervento nel suo complesso. Si rimanda alla successiva fase progettuale l'esecuzione di indagini conoscitive dirette atte ad una più specifica analisi degli aspetti litostratigrafici e geomorfologici delle aree di intervento nonché per lo studio del sottosuolo locale a carattere geognostico e geotecnico.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **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»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3316 del 02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003** «Primi elementi

⁽¹⁾ Sede legale in Via Algardi n. 4 – 20148 Milano (MI)

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 4 di 42

in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;

- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n.54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n.3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n.8 dell'11.03.2005 e relative **Norme di Attuazione del P.A.I.** (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del febbraio 2018).

1.3 Descrizione sommaria degli interventi in progetto

È prevista l'installazione di n. 7 aerogeneratori di ultima generazione ad asse orizzontale (HAWTG, Horizontal axis wind turbine generators), denominati in ordine crescente da VI01 a VI07, di potenza pari a 6,2 MW ciascuno e potenza complessiva in immissione di 59,15 MW - comprendente anche la potenza erogabile del sistema di accumulo elettrochimico (BESS) - nonché da tutte le opere e infrastrutture accessorie funzionali alla costruzione ed esercizio della centrale.

Ogni elemento sarà montato su torre tubolare di acciaio che porterà il mozzo del rotore ad un'altezza da terra di 125 m; l'altezza massima dal suolo di ogni macchina sarà pertanto di 210 m.

Aerogeneratore	X	Y	Z
VI01	1 466 456	4 343 947	400
VI02	1 467 131	4 344 057	412
VI03	1 467 733	4 344 274	371
VI04	1 469 361	4 344 044	396
VI05	1 470 505	4 344 271	495
VI06	1 472 400	4 344 676	364
VI07	1 472 978	4 344 907	401

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 5 di 42

L'energia prodotta sarà convogliata verso la sottostazione elettrica utente 150/30 kV e da qui alla futura SE RTN 150 kV tramite cavidotti interamente interrati su strada.

Le strade di accesso al parco sono state previste secondo le specifiche di curva, inclinazione longitudinale e pendenza previste dal produttore delle componenti del generatore eolico, così da permettere ai mezzi pesanti che opereranno durante la fase di cantiere di manovrare e percorrere la viabilità. Un trasportatore specializzato nella movimentazione e nella posa di strutture eoliche ha supportato queste valutazioni provvedendo a una fattibilità per le soluzioni di viabilità e opere civili previste in progetto.

La viabilità di accesso al sito prevista è composta da strade statali, provinciali e comunali. La viabilità esistente è per lo più in condizioni idonee, e saranno necessari adeguamenti solo nell'ultimo tratto di accesso al sito di progetto, limitando gli interventi a modifiche temporanee del tracciato per permettere il transito in sicurezza delle componenti e dei mezzi.

Rispetto a questi tracciati, ogni turbina avrà poi il proprio tratto di viabilità dedicato.

Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.

1.4 Inquadramento topografico e territoriale

L'areale che ospiterà il parco eolico ricade nella Provincia del Sud Sardegna, nella regione geografica del Sulcis e più precisamente entro limiti amministrativi del Comune di Villamassargia.

Gli aerogeneratori saranno distribuiti lungo una linea disposta in direzione EW che si estende per circa 7 km lungo le creste dei monti Serra Longa, Arrari, Limpliu e Seddas de su Pizziri.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio 555 "IGLESIAS" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 555-II "VILLAMASSARGIA" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 555120 "VILLAMASSARGIA" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sezione 555160 "TERRASEO" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sezione 555090 "M.TE GIOIOSA GUARDIA" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sezione 555130 "M.TE ROSAS" della C.T.R. [scala 1:10.000]

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 6 di 42



Figura 1.1 – Ubicazione degli interventi in programma su immagine satellitare estratta da Google Earth, 2020

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 7 di 42

2 MODELLO GEOLOGICO

2.1 Contesto geologico dell'area vasta

L'area interessata dal progetto corrisponde geograficamente alla Sardegna sud-orientale e più specificatamente ricade sistema montuoso dei Monti Serra Longa e Seddas de su Pizziri, facenti parte della regione Sulcis: detti rilievi sono costituiti da rocce sedimentarie terrigene e carbonatiche, di età compresa tra il Cambriano inferiore e l'Ordoviciano inferiore, che hanno subito deformazioni ed una debole metamorfosi durante l'orogenesi ercinica tra la fine del Devoniano e l'inizio del Permiano.

La complessa deformazione sia duttile che fragile subita dalla successione cambro-ordoviciana durante la suddetta orogenesi, con formazione di strutture a piega prima con asse E-W ("Prima fase ercinica") poi N-S con una foliazione penetrativa di piano assiale molto inclinata ("Seconda fase ercinica") e successivamente con pieghe a direzioni variabili e deformazioni meno intense ("Terza fase ercinica"), ha determinato una complessa deformazione e fratturazione capace di interessare tutto lo spessore del basamento.

Con la successiva fase post-collisionale del Carbonifero superiore/Permiano caratterizzata da un contesto tettonico distensivo che interessa tutta la catena ercinica, insieme ad una imponente attività magmatica, rappresentata dalla messa in posto di plutoni granitici e di un corteo filoniano, si sviluppano deformazioni duttili pervasive associate ad un metamorfismo di alta temperatura e bassa pressione, mentre nei livelli strutturali più superficiali sono frequenti zone di taglio e faglie dirette a basso e alto angolo (CARMIGNANI *et al.*, 1992a).

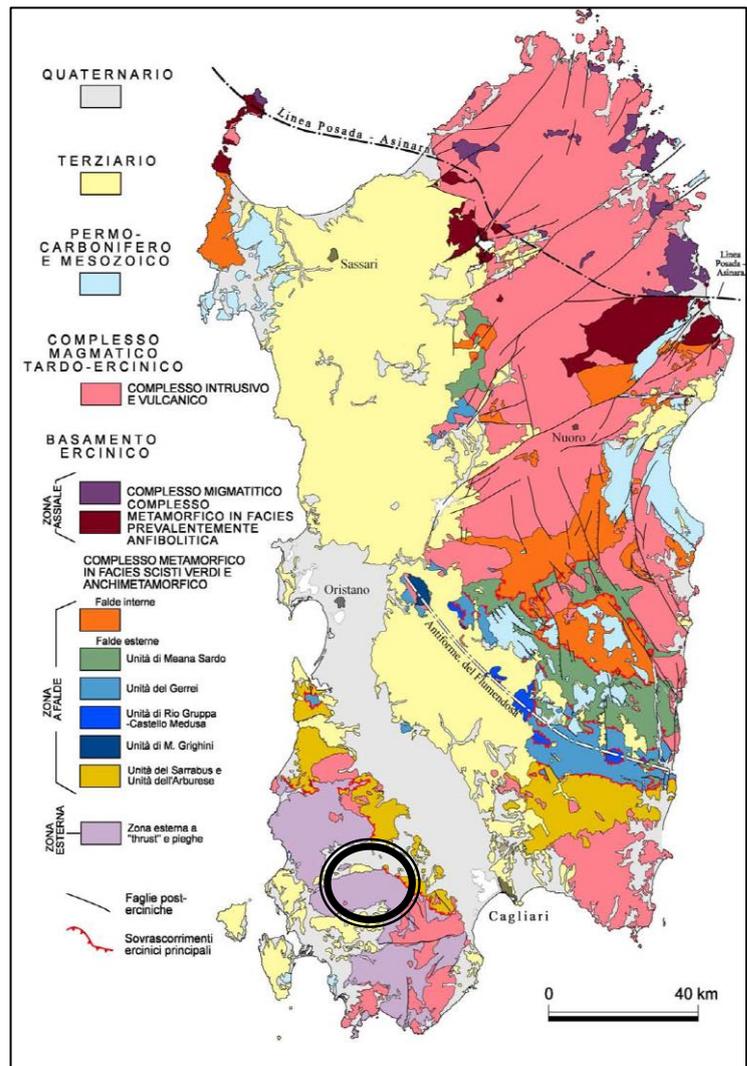
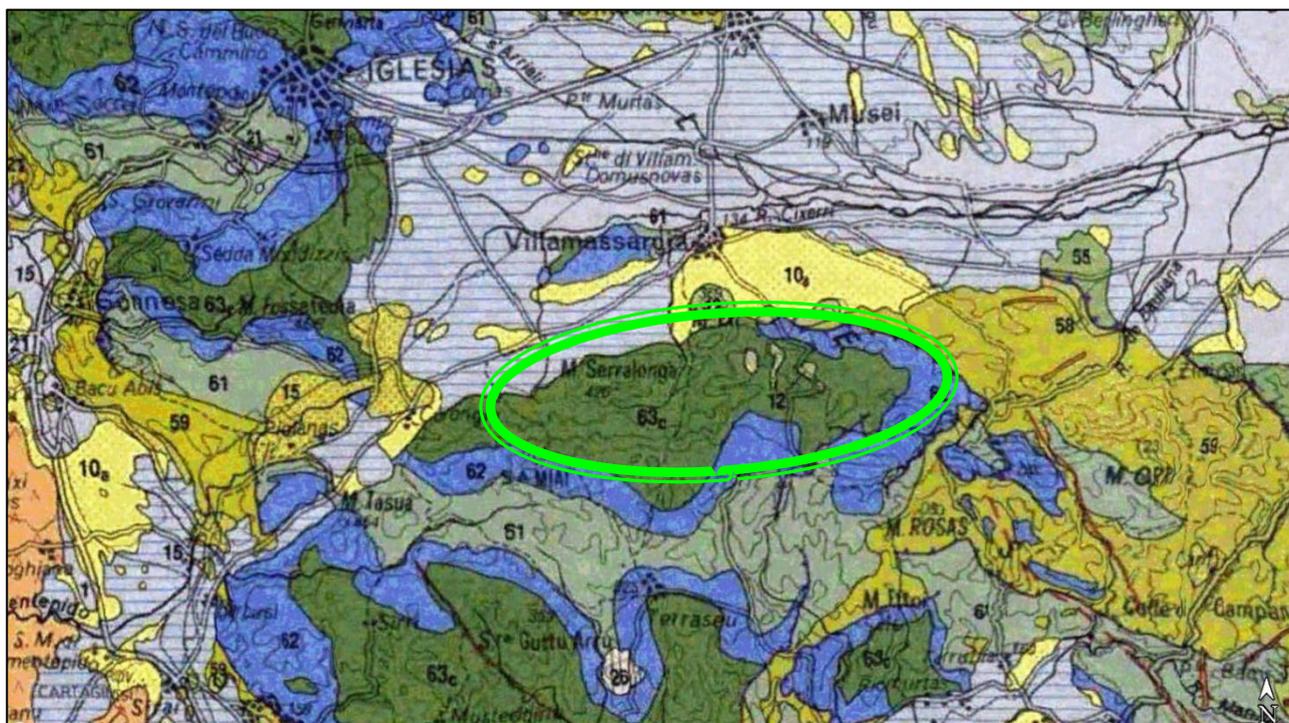


Figura 2.1 – Principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (estratto da "Guida all'escursione nel Basamento ercinico della Sardegna centro meridionale", a cura di A. Funedda e P. Conti, 2011).

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 8 di 42



- | | |
|--|--|
| <p>1</p> <p>2</p> <p>10a</p> <p>15</p> <p>55</p> <p>58</p> <p>59</p> <p>61</p> <p>62</p> <p>63</p> | <p>Depositi alluvionali, colluviali ed eolici (Olocene).</p> <p>Arenarie eoliche (Eocene med. – Oligocene).</p> <p>Formazione del Cixerri–Conglomerati, arenarie e siltiti argillose rossastre, continentali (Eocene med. – Oligocene).</p> <p>Calcarei litorali e transizionali (Paleocene superiore – Eocene medio).</p> <p>Arenarie di San Vito – Metarenarie alternate a metapeliti e e metaconglomerati (Cambriano medio – Ordoviciano inferiore).</p> <p>Scisti a Graptoliti – Metapeliti scure carboniose (Siluriano inf.).</p> <p>Metasiltiti, metarenarie e metaconglomerati con olistoliti di calcari (Ordoviciano).</p> <p>Formazione di Cabitza – Argilloscisti, metarenarie, metacalcari e metasiltiti (Cambriano inf.– Ordoviciano inf.).</p> <p>Formazione di Gonnosa –Metacalcari e metadolomie (Cambriano inf.).</p> <p>Formazione di Nebida –Metarenarie a cemento carbonatico e metadolomie e metacalcari (Cambriano inf.).</p> |
|--|--|

Figura 2.2 – Inquadramento geologico di contesto con ubicazione degli aerogeneratori. Stralcio della Carta Geologica della Sardegna” in scala 1:200.000, fuori scala.

Le lineazioni tettoniche impostate nel corso dell'orogenesi ercinica – di direzioni disperse ma sostanzialmente riconducibili ai trend N-S, NNW-SSE, NNE-SSW, NW-SE e NE-SW – sono state riattivate nel corso degli eventi geodinamici che hanno interessato la Sardegna durante le fasi orogenetiche pirenaica ed alpina, provocando la frattura ed il dislocamento del basamento paleozoico e delle successioni sedimentarie mesozoiche, la fuoriuscita di enormi quantità di magmi calcocalcinali e lo sprofondamento di un'ampia fascia della Sardegna centro occidentale orientata NS.

Il parco eolico si svilupperà sulle creste dei rilievi tendenzialmente allungati in direzione EW e confinati a nord dalla valle del Rio Cixerri e a sud dalle valli di diversi rii minori, da ovest verso est: il Riu de Gennas de Morus, il Riu de Santu Tomeus, il Riu Gutturu su Tuvi Mannu, il Riu S'Arraxiu de Pintus e il Riu Funtan'e Porcus.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 9 di 42

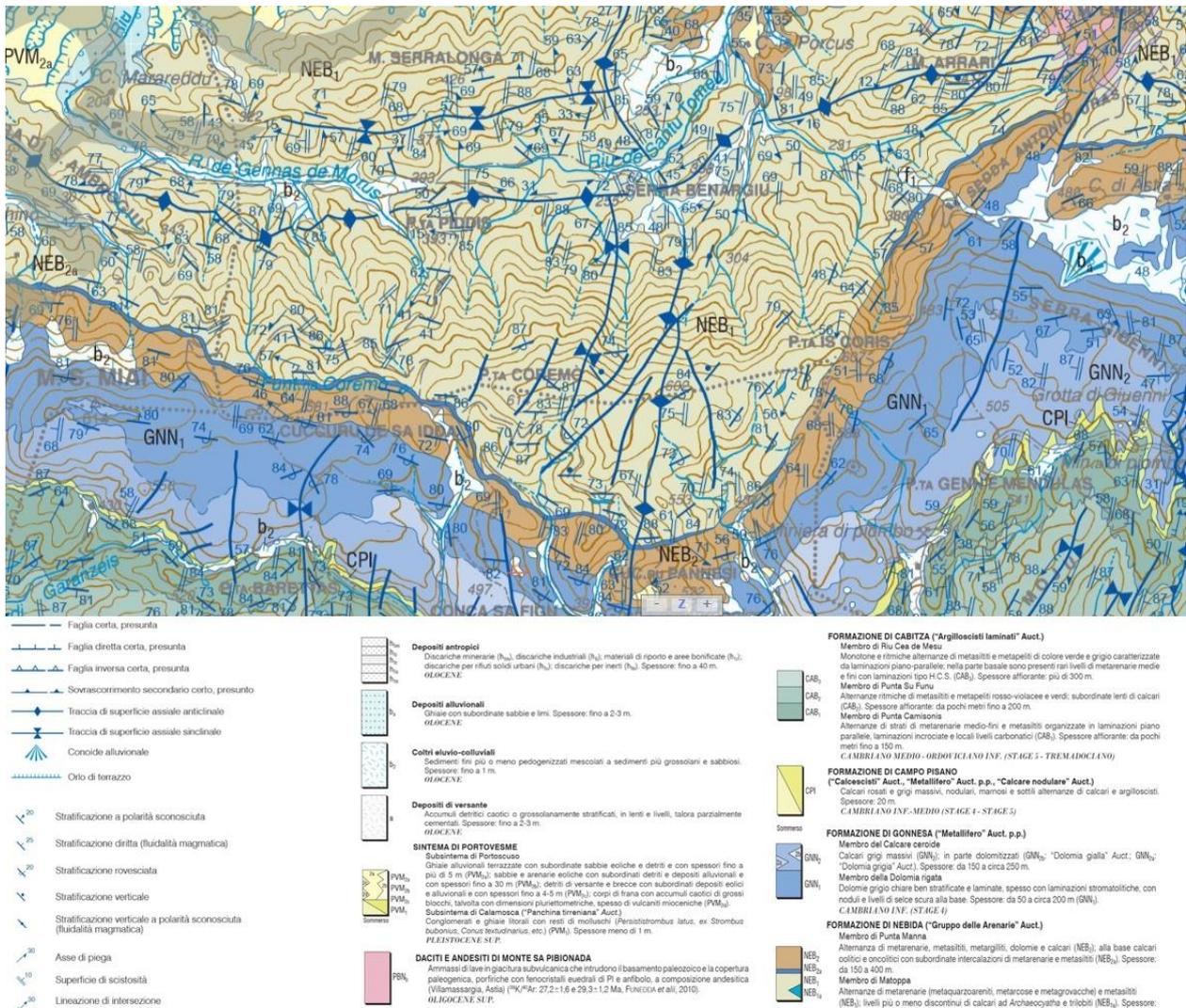


Figura 2.3 – Stralcio della carta geologica 1:50.000, Foglio 555, CARG, fuori scala.

La direzione di allungamento dei rilievi è coerente con l'andamento del piano assiale della prima generazione di pieghe di età ercinica. Il rilievo di Serra Longa rappresenta infatti un'antiforme impostata su una sinclinale ove affiorano le litologie della formazione di Nebida, che rappresentano la litologia più antica dell'area in esame. La scistosità più evidente con giacitura orientata circa NS, subverticale è legata al secondo ciclo deformativo ercinico.

Il magmatismo oligo-miocenico è rappresentato da corpi subvulcanici e lavici a composizione dacitico andesitica afferenti al Distretto Vulcanico di Siliqua e cartografati come Unità di Monte sa Pibionada [PBN]. Sui rilievi che ospiteranno il parco eolico tali magmi intrudono le formazioni paleozoiche mentre nel fondovalle sono sovente a contatto con la Formazione del Cixerri, una spessa successione terrigena di età Paleocenica-Oligocenica.

Il fondovalle è interessato da depositi colluviali e alluvionali di età quaternaria [b2, b e bn], mentre le zone di raccordo tra gli alti morfologici e le valli mostrano l'affioramento di depositi alluvionali più

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 10 di 42

antichi (Pleistocene superiore) appartenenti al Subsistema di Portoscuso [PVM2] e di detriti di versante, olocenici [a].

2.2 Assetto litostratigrafico locale

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia dell'ambito di intervento, che comprende il parco eolico i cavidotti e le cabine elettriche, a partire dalle unità litostratigrafiche più recenti con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica edita dell'APAT [Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia] di cui uno stralcio su base 1:25.000 allegata al PPR è riportato in allegato fuori fascicolo, integrato da ulteriori informazioni provenienti dal rilievo geologico di campagna mirato in particolare a definire la distribuzione delle coperture detritico-alluvionali quaternarie.

A partire dalle più recenti, nell'area vasta sono state distinte le seguenti unità:

b2	Coltri eluvio-colluviali	[Olocene]
a	Detriti di versante	[Olocene]
b	Depositi alluvionali attuali e recenti	[Olocene]
bn	Depositi alluvionali terrazzati	[Olocene]
PVM2a	Subsistema di Portoscuso	[Pleistocene superiore]
PBN	Andesiti di Monte Pibionada	[Oligocene superiore]
CIX	Formazione di Ussana	[Oligocene-Aquitano]
fq	Filoni idrotermali	[Carbonifero Superiore-Permiano]
AGU	Formazione di Monte Argentu	[Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
CAB	Formazione di Cabitza	[Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
CPI	Formazione di Campo Pisano	[Cambriano inferiore – medio]
GNN	Formazione di Gonnosa	[Cambriano inferiore]
NEB	Formazione di Nebida	[Precambriano-Cambriano inferiore]

b2 – Depositi eluvio-colluviali

Si rinvencono perlopiù in corrispondenza di paleo-depressioni e nei fondovalle attuali e sono rappresentati da terre a granulometria prevalentemente limo-argillosa o argillosa con moderata frazione sabbiosa, come prodotto di alterazione dei terreni paleozoici o accumulo di questi ultimi in ambiente continentale/acquitrinoso.

Sono talvolta costituiti da frazioni più grossolane (sabbie con sporadici clasti o blocchi) derivanti dal rimaneggiamento delle litologie sottostanti.

Spesso costituiscono la copertura superficiale.

Lo spessore è dell'ordine dei decimetri o dei metri.

a – Detriti di versante

Sono costituiti da materiali clastici spigolosi, sciolti, eterometrici, di dimensioni da centimetriche a

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 11 di 42

decimetriche in relazione alla litologia di provenienza. Si rinvencono talvolta in corrispondenza delle zone di raccordo tra gli alti morfologici e il fondovalle di origine fluviale.

Frequentemente questi depositi si trovano intercalati con sedimenti colluviali a causa della complessa relazione tra fenomeni erosivi e di sedimentazione.

b – Alluvioni attuali e recenti

Sedimenti costituiti da ciottoli e blocchi di rocce paleozoiche [ba], o da sabbia, o da limi e argille in funzione del regime dei corsi d'acqua a cui sono associati. Generalmente sono incoerenti e sciolti, legati ai corsi d'acqua attuali e quindi ancora in evoluzione.

Lo spessore è difficilmente valutabile con precisione ma si ritiene dell'ordine dei metri o dei decimetri.

bn – Alluvioni terrazzate

Depositi a granulometria variabile da ghiaioso-ciottolose a arenacea, a clasti poligenici con elementi derivanti dallo smantellamento dei rilievi paleozoici. Queste facies si rinvencono prevalentemente nei fondovalle e bordano i depositi alluvionali attuali e recenti. Lo spessore è in genere da metrico a decametrico.

La locale presenza di eteropie verticali e laterali, quali lenti di materiali a granulometria più fine (limi e argille) o conglomeratiche, è legata a variazione del regime idrico dei corsi d'acqua durante la messa in posto.

PVM2a – Subsistema di Portoscuso

Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie.

PBN – Andesiti di Monte Sa Pibionada

Si tratta di ammassi lavici sub-vulcanici e di filoni, con colore variabile dal grigio-verdastro al bruno, che intrudono sia il basamento paleozoico che la copertura terziaria rappresentata dalla Formazione del Cixerri. Il litotipo andesitico [PBNb] affiora sia nei pressi di Monte Exi sia più a sud. Si tratta di rocce di colore scuro, con struttura e tessitura porfirica ipidiomorfa, e pasta di fondo microcristallina.

Datazioni radiometriche col metodo ^{39}K - ^{40}Ar (Funedda et al., 2009) hanno dato età tra $27,20 \pm 1,6$ e $29,30 \pm 1,2$ Ma.

CIX – Formazione del Cixerri

Questa formazione, che affiora diffusamente nella Sardegna centro-meridionale, è costituita da arenarie, conglomerati, marne ed argille siltose, alla base talora si trovano noduli concrezionari ferruginosi.

I conglomerati sono di solito mal classati, costituiti da ciottoli poligenici, eterometrici, di norma ben

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 12 di 42

arrotondati e con diametri variabili tra 2÷30 cm.

Le arenarie sono quarzoso-feldspatiche, in genere grossolane, con stratificazione incrociata.

fq – Filoni idrotermali

Filoni idrotermali a prevalente quarzo (Carbonifero Superiore-Permiano).

AGU – Formazione di Monte Argentu

Metarenarie e metasiltiti viola e verdi con laminazione piano parallela e subordinati metaconglomerati e brecce quarzose (Cambriano medio – Ordoviciano inferiore).

CAB – Formazione di Cabitza

La formazione inizia con facies di ambiente neritico che evolvono rapidamente ad ambienti prossimali e che testimoniano un rapido evento trasgressivo. Queste sono caratteristiche del primo membro, detto di Punta Camisonis [**CAB1**], contraddistinto da metasiltiti alla base e da prevalenti metarenarie medio-fini con laminazioni parallele, convolute e incrociate.

Superiormente si passa al membro di Punta Su Funu [**CAB2**], che presenta gli spessori maggiormente variabili: da più di 200 m lungo la Sinclinale di Terraseo a pochi metri nell'area di Monte Anna / Grugua. Si tratta perlopiù di litotipi costituiti da monotone alternanze di metasiltiti e metargilliti dal tipico colore rosso e subordinatamente verde. Queste strutture sono riferibili ad un ambiente di delta interessato dalla dinamica del moto delle maree.

Il passaggio al membro superiore, di Riu Cea de Mesu [**CAB3**], è marcato dalla presenza di strati di originarie arenarie siltose e quarzoareniti micacee con strutture sedimentarie (laminazioni incrociate a basso angolo, strutture da tempesta, etc.). È costituito perlopiù da una monotona e ritmica alternanza di metapeliti dal caratteristico colore verde scuro e grigio. I caratteri sedimentologici di questo terzo membro indicano un'evoluzione dell'ambiente di sedimentazione da un delta tidale alla base ad una spiaggia sommersa fino ad ambienti di mare aperto.

CPI – Formazione di Campo Pisano

La formazione è costituita da calcari grigi o rosati massivi e da calcari nodulari e marnosi con subordinati livelli di argilloscisti rossi e verdi. All'interno di questa unità litostratigrafica si distinguono tre litofacies: calcari massivi ben stratificati, calcari nodulari più o meno marnosi e ricchi in resti fossili ed infine alternanze di calcari ed originarie marne. I calcari nodulari sono il litotipo più rappresentato e contengono abbondanti resti di echinodermi, trilobiti, foraminiferi, brachiopodi.

L'ambiente deposizionale della formazione è marino neritico, corrispondente ad un mare epicontinentale poco profondo e poco ossigenato, con apporti ritmici di materiale terrigeno fine.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 13 di 42

GNN – Formazione di Gonnese

Questa formazione è suddivisa in due membri: la Dolomia rigata alla base [**GNN1**] ed il Calcere ceroide a tetto: in quest'ultimo sono state distinte cartograficamente due litofacies: quella delle Dolomie grigie [**GNN2a**] e quella delle Dolomie gialle [**GNN2**].

La fine della deposizione silico-clastica e l'inizio della deposizione prevalentemente carbonatica caratterizzano il passaggio dalla formazione di Nebida alla formazione di Gonnese, che a sua volta è ricoperta in concordanza dalla formazione di Campo Pisano.

Il membro della Dolomia rigata [**GNN1**] è costituito da dolomie grigio chiaro ben stratificate e laminate, caratterizzate da ripetizioni cicliche di originari fanghi stratificati, stromatoliti laminate con pseudomorfi su gesso o anidrite e pisoliti vadose e/o brecce da disseccamento.

Il membro del Calcere Ceroide [**GNN2**] è costituito da calcari massivi di colore grigio, quasi puri, generalmente mal stratificati, spesso intensamente dolomitizzati.

NEB – Formazione di Nebida

Questa formazione è suddivisa in due unità litostratigrafiche di rango inferiore: il membro di Matoppa ed il sovrastante membro di Punta Manna.

Il membro di Matoppa [**NEB1**] è costituito da metarenarie (metaquarzoareniti, metarcose a grana fine, metagrovacche) con intercalazioni di metasiltiti grigio chiare, in strati decimetrici e metrici. Verso l'alto le intercalazioni arenacee divengono più frequenti e di maggiore potenza, fino a passare a metarenarie quarzoso-micacee grigie e verdi a grana grossa, alternate a metaquarzoareniti micacee e subordinati livelli di metasiltiti. La successione termina con metarenarie quarzoso-feldspatiche alternate a metarenarie quarzoso-micacee e metagrovacche con matrice carbonatica.

Il membro di Matoppa è ricoperto in concordanza dal membro di Punta Manna [**NEB2**], che inizia con un orizzonte pressoché continuo di calcari oolitici e oncolitici [**NEB2a**] di colore grigiastro e generalmente ben stratificati, talora dolomitizzati e sono alternati livelli e strati di originarie marne, arenarie e peliti rossastre, talvolta ridotte a sottili veli tra gli strati calcarei.

I resti fossili sono rappresentati da frequenti archeociati, alghe e rari resti di trilobiti ed echinodermi. L'ambiente deposizionale va da intertidale a subtidale ad alta energia.

2.3 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico del parco eolico è condizionato dalla presenza delle rocce perlopiù terrigene silicoclastiche appartenenti alla Formazione di Nebida [**NEB**] e alle rocce carbonatiche afferenti alla Formazione di Gonnese. Le prime sono pressoché impermeabili a meno di condizioni di elevata fratturazione, o della presenza di livelli carbonatici come nel caso dei calcari oolitici e oncolitici [**NEB2a**]. In queste litologie, nel settore est del parco in progetto, sono comunque presenti alcune sorgenti a portata modesta: la Mitza Ostoni Acca e la Mitza Antioco Canna.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 14 di 42

Rilevanti nell'impostazione dei flussi idrici sotterranei sono invece i calcari e le dolomie della Formazione di Gonnesea [GNN], ad elevata permeabilità per carsismo e fratturazione: considerato lo spessore ettometrico di questa formazione e la morfologia dei luoghi, è probabile che la circolazione idrica si sviluppi a profondità da decametriche a ettometriche.

Le altre litologie affioranti a valle rispetto alla prevista posizione delle torri eoliche sono ininfluenti a meno dei depositi eluvio-colluviali a permeabilità variabile che per il loro ridotto spessore non sono interessati da una significativa circolazione idrica.

Alle unità litologiche prima distinte possono essere attribuite le seguenti classi di permeabilità.

AP - Alta per porosità

Vi rientrano i depositi alluvionali attuali e recenti [ba] e i depositi olocenici terrazzati [bna] che caratterizzano le valli fluviali principali.

Sono spesso sciolti ed incoerenti, in particolare le frazioni sabbioso-ghiaiose caratterizzate da una permeabilità alta per porosità, che decresce fino a medio-bassa nelle facies limo-argillose suscettibili di fenomeni di ristagno.

MAP - Medio alta per porosità

Vi appartengono i detriti di versante [a], la cui permeabilità varia in funzione del contenuto di matrice tra i clasti e del grado di cementazione e le coltri eluvio-colluviali [b2] che, derivando dal rimaneggiamento di terreni alterati e/o fratturati, presentano complessivamente permeabilità medio-alta per porosità laddove prevale la componente sabbiosa e conglomeratica, e localmente medio bassa ove prevale la componente limoso-argillosa.

Rientrano in questa categoria anche i depositi alluvionali del Subsistema di Portoscuso [PVM2a].

BP - Bassa per porosità

Vi appartengono i depositi conglomeratici, arenacei e siltoso-argillosi continentali della Formazione del Cixerri [CIX] la cui permeabilità è condizionata dalla presenza della matrice argillosa.

ACF – Alta per carsismo e fratturazione

Fanno parte di questa categoria tutte le rocce afferenti alla Formazione di Gonnesea [GNN] entro la quale la circolazione idrica si attesta principalmente a profondità da decametriche-pluridecametriche come suggerito dalla quota della più importante sorgente della zona rappresentata da Funtana Corèmo, situata poche decine di metri a valle del promontorio di Cuccuru de sa Idda.

MACF – Medio alta per carsismo e fratturazione

Appartengono a questa categoria le litologie carbonatiche afferenti alla formazione di Campo

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 15 di 42

Pisano [CPI] e i sottili livelli e le lenti carbonatiche all'interno della Formazione di Nebida [NEB].

MBF – Medio bassa per fratturazione

Rientrano in questa categoria le litologie laviche e ipoabissali a composizione andesitica denominate andesiti di Monte sa Pibionada [PBN].

BF - Bassa per fratturazione

Appartengono a questa classe tutte le litologie paleozoiche ad eccezione di quelle calcaree.

Vi rientrano la Formazione di Pala Nebida [NEB], ad eccezione dei limitati spessori di livelli carbonatici e la Formazione di Cabitza [CAB].

2.4 Assetto morfologico

L'areale designato per ospitare il parco eolico in progetto è ubicato sui rilievi che bordano a meridione la valle del Cixerri che prende il nome dal principale fiume che la attraversa (appunto il Rio Cixerri) che ha carattere torrentizio, con portate massime dell'ordine dei 100 m³/s e piene con tempo di ritorno di circa 100÷200 anni. Ha origine in territorio di Iglesias e scorre verso est raccogliendo le acque di diversi affluenti che convergono da sud e da nord.

Il parco si svilupperà sulle creste dei rilievi tendenzialmente allungati in direzione EW e confinati a nord dalla valle del Rio Cixerri e a sud dalle valli di diversi rii minori, da ovest verso est: il Riu de Gennas de Morus, il Riu de Santu Tomeus, il Riu Gutturu su Tuvi Mannu, il Riu S'Arraxiu de Pintus e il Riu Funtan'e Porcus.

La direzione generale di allungamento dei rilievi è coerente con le più importanti strutture geologiche di età paleozoica dell'area e con quella della valle del Cixerri, il cui assetto strutturale può essere ricondotto alle più recenti orogenesi alpina e pirenaica (Carmignani et al. 1998).



Figura 2.4 – Ambito morfologico al contorno del parco eolico, vista da sud (rapporto lunghezze altezze 1:2).

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	 OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	 TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 16 di 42



Figura 2.5 – Il Monte Serra Longa visto da sud. Sullo sfondo la valle del Cixerri.



Figura 2.6 – Vista del settore est del parco. Il punto più alto è rappresentato dal Monte Limpiu.



Figura 2.7 – Vista del settore est del parco. Il punto più alto è rappresentato dal Monte Seddas de su Pizziri.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 17 di 42



Figura 2.8 – Profilo topografico del settore ovest del parco eolico.

Il settore ovest del parco si sviluppa sulla zona di cresta del Monte Serra Longa ad una quota approssimativa di 400 m s.l.m.. Le torri eoliche sono ubicate su dorsali ben modellate caratterizzate da pendenze limitate. I versanti settentrionali e meridionali hanno pendenza variabile, generalmente intorno al 50%.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.iatprogetti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 18 di 42

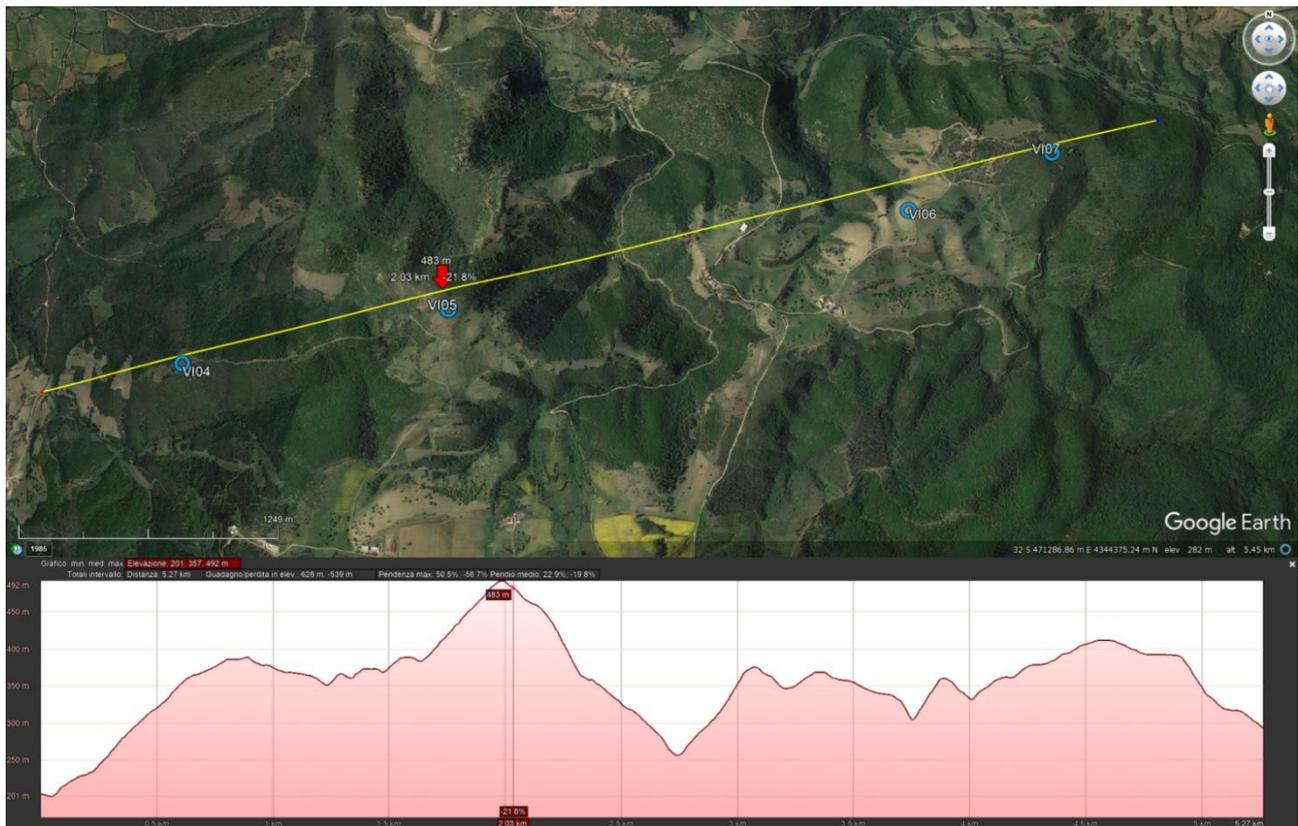


Figura 2.9 – Profilo topografico del settore est del parco eolico.

Il settore est del parco si sviluppa sulle creste del sistema montuoso costituito dai monti Arrari, Limpio e Seddas de su Pizziri a quote di circa 400 m s.l.m..

Nonostante si riconosca un tendenziale allungamento dei rilievi in direzione EW, qui la morfologia è più complessa coerentemente con le direzioni più disperse dei piani assiali delle pieghe erciniche e dei sovrascorrimenti coevi. Gli aerogeneratori sono ubicati su dorsali ben modellate e caratterizzate da un'elevata stabilità geomorfologica.

I versanti hanno pendenze variabili ma tendenzialmente intorno al 30%, sebbene in alcuni casi raggiungano il 50%.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it  CONSULENZA E PROGETTI	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 19 di 42

2.5 Assetto idrografico

Come accennato nel capitolo dedicato all'assetto geomorfologico, i principali corsi d'acqua che delimitano l'alto morfologico su cui è previsto il parco eolico sono rappresentati a nord dal Rio Cixerri e dai suoi tributari meridionali, il Riu Marraconi, il Riu Arridari, il Riu Arriu e il Riu de su Cannoni.

I corsi d'acqua a regime torrentizio e carattere stagionale, quali il Riu de Gennas de Morus, il Riu de Santu Tomeus e il Funtana e Porcus, delimitano a meridione il parco eolico.

2.6 Uso del suolo

Le aree di intervento si inseriscono in un contesto eterogeneo perlopiù costituito da pascoli naturali, macchia mediterranea e gariga.

Uno stralcio della cartografia dell'uso del suolo è rappresentato nella tavola fuori fascicolo.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 20 di 42

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

3.1 Sismicità storica del sito

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e formazione di coni di scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici. Negli ultimi secoli non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze. In un recente lavoro, MELETTI et al. (2020) hanno revisionato tutte le informazioni disponibili relative ai terremoti fatti registrare in Sardegna dal 1616, data del primo terremoto di cui si abbia notizia, al 2019. Nella tabella della Figura 3.1 sono riportati i parametri analizzati in questa sede relativi a tutti i terremoti di interesse per la Sardegna.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15, consultabili dal sito web "DBMI15", per l'Isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

I terremoti più significativi (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro presso Tempio Pausania). Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola. Altri ancora, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 ed ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità.

Si segnalano altresì il terremoto magnitudo 4,77 del 26.04.2000 con epicentro nel Tirreno centrale (40.955 N – 10.097 E, profondità circa 1 km), il terremoto magnitudo 4,72 del 13.11.1948 con epicentro nel Mar di Sardegna (41.067 N – 8.683 E), quello magnitudo 4,52 del 15.05.1897 con epicentro nel Tirreno meridionale e quello del 17.08.1771 con magnitudo 4,43 e area epicentrale nella Sardegna meridionale.

Di particolare interesse è terremoto del 1948 che fu avvertito in tutta la parte settentrionale della Sardegna e in Corsica, fu sensibile a Sassari, dove si ebbero alcuni casi di panico con fuga all'aperto e furono osservate leggere lesioni ad alcuni edifici, compreso il palazzo provinciale, e produsse panico e qualche danno a Tempio Pausania. I danni relativamente più diffusi furono osservati ad Aggius, dove in numerosi fabbricati furono osservate screpolature e lesioni, alcune

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 21 di 42

delle quali hanno superato i 15 cm.

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	Ref	com.	NOm	Ix	Lat	Lon	M
1610	06	04			Sardegna merid.	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1616	06	04	14		Sardegna merid.	MELAL020		10	D	39.131	9.502	4.9
1619	06	24	16		Sardegna merid.	MELAL020	UNK	1	4-5	39.256	9.168	3.9
1771	08	17	13		Sardegna merid.	MELAL020		2	3	39.223	9.121	3.2
1771	08	17	18		Sardegna merid.	MELAL020		7	5	39.213	8.936	4.4
1835	03	06			Sardegna merid.	MELAL020	D	1	3	39.223	9.121	3.2
1838	02	02			Agro sassarese	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1855	06	11			Cagliari	MELAL020	ZD	-	-	-	-	-
1870	06	20	08	22	Ittireddu	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1870	07	04	17	45	Nuorese	MELAL020		4	5	40.477	9.383	4.2
1898	12	15			San Vito	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1901	01	18	16	30	Gergei	MELAL020	UNK	7	5	39.699	9.102	4.2
1901	01	18	17		Gergei	MELAL020		1	F	39.654	9.129	3.7
1901	03	22	13		Gergei	MELAL020		1	4-5	39.699	9.102	3.9
1906	04	03	16	20	Sardegna Settentrionale	MELAL020		6	3	41.048	9.599	3.2
1922	07	18	20	30	Nuorese	MELAL020		1	3	40.215	8.803	3.2
1922	07	18	22	30	Nuorese	MELAL020		1	3	40.215	8.803	3.2
1924	01	24	02	22	Sardegna Nord. Occ.	MELAL020	NM	-	-	-	-	-
1948	11	13	09	52	Mar di Sardegna	MELAL020		59	5-6	40.941	8.958	4.7
1948	11	13	12	00	Mar di Sardegna	MELAL020		2	F	40.913	9.302	3.7
1948	11	13	12	48	Mar di Sardegna	MELAL020		1	F	40.903	9.104	3.7
1948	11	13	22	45	Mar di Sardegna	MELAL020		1	3	40.914	8.713	3.2
1948	11	16	21	57	Mar di Sardegna	MELAL020		10	5	40.903	9.104	4.2
1948	11	17	00		Mar di Sardegna	MELAL020		2	3	40.903	9.104	3.2
1948	11	20	01		Mar di Sardegna	MELAL020		2	4-5	40.903	9.104	3.9
1948	11	20	02	07	Mar di Sardegna	MELAL020		1	F	40.929	9.065	3.7
1948	11	20	02	15	Mar di Sardegna	MELAL020		2	4-5	40.903	9.104	3.9
1948	11	20	13	45	Mar di Sardegna	MELAL020		1	4-5	40.903	9.104	3.9
1948	11	20	15	36	Mar di Sardegna	MELAL020		1	5-6	40.929	9.065	4.4
1948	11	21	21	50	Mar di Sardegna	MELAL020		4	5-6	40.948	8.938	4.4

Figura 3.1 – Tabella dei sismi registrati in Sardegna dal 1610 al 1948 Meletti et al. (2020).

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 22 di 42

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	Ref	com.	NOm	Ix	Lat	Lon	M
1948	12	08	04	30	Sassarese	MELAL020		4	3	40.926	9.020	3.2
1948	12	08	13	15	Sassarese	MELAL020		4	3	40.926	9.020	3.2
1948	12	08	13	45	Sassarese	MELAL020		7	5-6	40.931	8.983	4.4
1948	12	08	23	00	Sassarese	MELAL020		3	3	40.944	9.009	3.2
1948	12	29	21	45	Mar di Sardegna	MELAL020		5	5	40.948	8.938	4.2
1949	01	06	17	30	Mar di Sardegna	MELAL020		4	5-6	40.948	8.938	4.4
1960	05	25	22		Calagianus	BSING		1	5	40.933	9.117	3.5
1970	06	18	09	03	Mare di Sardegna	ISC		13	4	40.950	7.420	4.8
1976	07	15	09	18	Medio Tirreno	BSING	NM			41.400	9.800	-
1977	05	29	16	19	Biancareddu	BSING	NM			40.783	8.183	2.7
1977	06	27	19	36	Valverde	BSING	NM			40.583	8.383	3.0
1977	08	28	09	45	Canale di Sardegna	ISC		20	5	38.235	8.187	5.4
2000	04	26	13	28	Tirreno centrale	ISC		-	-	40.929	10.077	4.3
2000	04	26	13	37	Tirreno centrale	ISC		46	5-6	40.955	10.097	4.8
2001	03	03	01	54	Tirreno centrale	ISC		1	3-4	40.884	9.990	4.0
2004	12	12	11	52	Tirreno centrale	ISC		19	3-4	41.015	9.967	4.1
2004	12	18	09	12	Tirreno centrale	ISC		13	4-5	40.958	10.050	4.6
2006	03	24	10	43	Capo Teulada	ISC		2	4-5	38.924	8.931	4.0
2011	07	02	14	43	Mare di Corsica	ISC		-	-	42.004	7.617	4.2
2011	07	07	19	21	Mare di Corsica	ISC		5	4	42.087	7.593	5.1
2012	03	04	03	47	Mare di Corsica	ISC		2	2-3	42.080	7.565	4.4

Figura 3.2 – Tabella dei sismi registrati in Sardegna dal 1948 al 2021 Meletti et al. (2020).

Occorre tuttavia rilevare che i leggeri danni osservati (o ipotizzati dalle stime di intensità o dalle descrizioni riportate nelle cartoline sismiche), per quanto relativamente diffusi, sono probabilmente da considerare effetti di cumulo per le diverse scosse di questa breve sequenza.

Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 23 di 42

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015

Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.

DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015.

Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2020.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nei comuni di Villamassargia e Narcao.

Dal database DISS relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo > 5.5 , si evince che il settore di intervento non è direttamente gravato da potenziali faglie sismogenetiche.

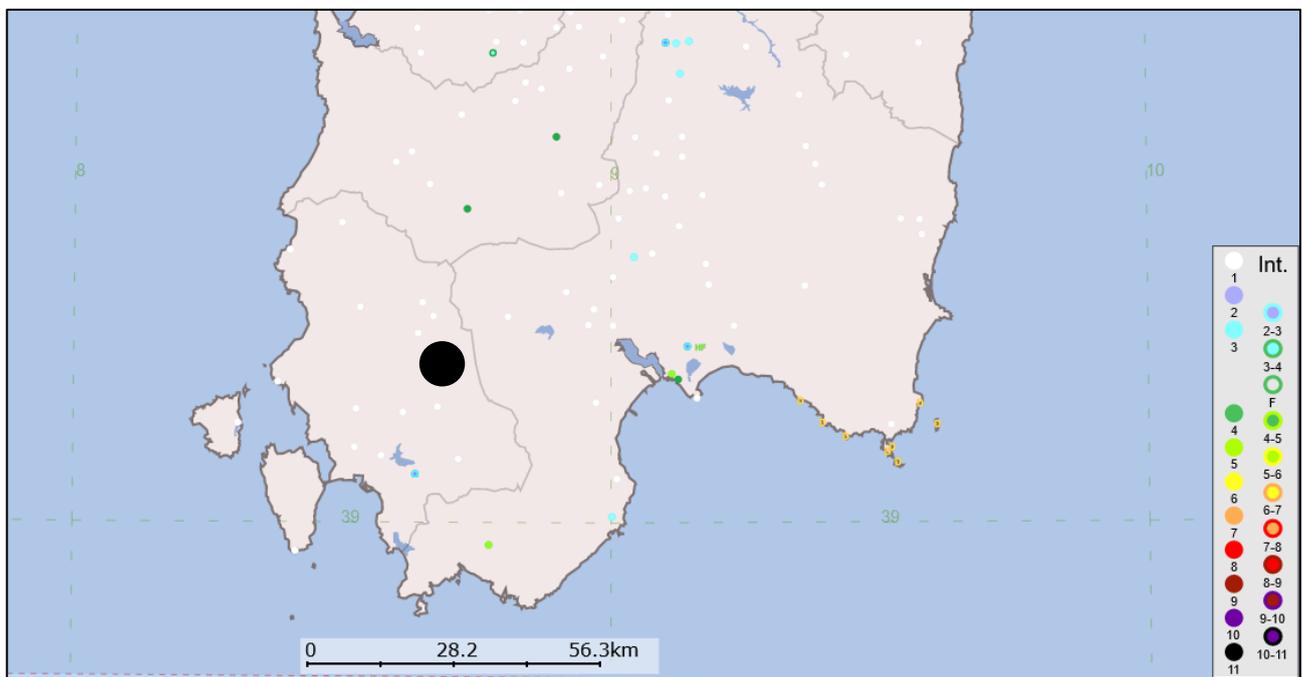


Figura 3.3 – Stralcio della mappa delle segnalazioni del terremoto del 1948 e delle relative intensità stimate (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/event/19481113_0952_000).

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 24 di 42

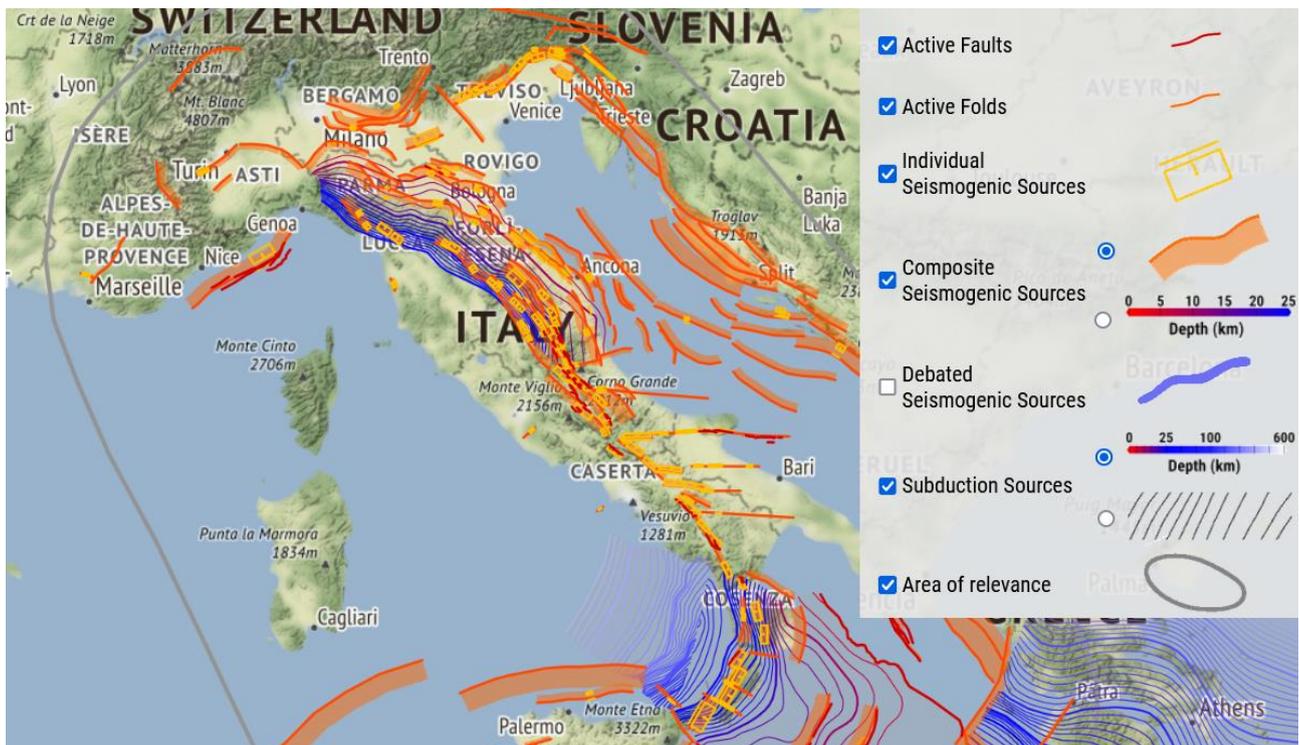


Figura 3.2 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5,5$ rispetto all'area di intervento (estratto da DISS Working group 2021, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.3.0., <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>)

3.2 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'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 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

In relazione alla pericolosità sismica - 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_{g475}), 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 $V_{s30} > 800$ m/s.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} , con una tolleranza 0,025g. A ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), che deve essere considerato in sede di progettazione.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 25 di 42

Allo stato attuale delle conoscenze, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. Il sito di specifico intervento, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa. Al parametro **ag** è assegnato un valore di accelerazione al suolo da adottare nella progettazione compreso tra **0,025÷0,05 g** (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

3.3 Pericolosità sismica

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici di ciascuna maglia elementare, i valori di:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno,
- 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 nove periodi di ritorno T_r , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C. del 2018.

Per un periodo di ritorno $T_r = 475$ anni, detti parametri valgono:

- $a_g = 0,500$
- $F_0 = 2,88$
- $T_c^* = 0,34$

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**$I_{max/pon}$**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione.

Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 26 di 42

Il database del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CApable faults*) ha consentito di escludere la presenza di “faglie capaci”, ovvero di lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

3.4 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 1701.2018, deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il “bedrock” attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s).

Con l’approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S_{eq}}$ (in m/s), definita dall’espressione:

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

essendo:

h_i = spessore dello stato i -esimo,

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell’ i -esimo strato,

N = numero di strati,

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali. Per depositi con profondità del substrato > 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.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle $V_{S_{eq}}$ con l’appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

- A]** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B]** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C]** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
 www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 27 di 42

consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;

- D]** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E]** 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.

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi, la presenza del substrato roccioso sub affiorante o sotto uno strato detritico di spessore submetrico consente di adottare indicativamente una **categoria di sottosuolo di tipo “A”**.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 28 di 42

4 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

4.1 Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

4.2 Pericolosità idrogeologica

L'assetto idrogeologico locale del parco eolico è condizionato dalla presenza delle rocce metasedimentarie silicoclastiche afferenti alla Formazione di Nebida, litologie pressoché impermeabili a meno di condizioni di elevata fratturazione. La coltre detritica superficiale, a causa dei suoi modesti spessori e delle caratteristiche granulometriche è poco recettiva ad ospitare una falda freatica. Solo una torre eolica è prevista in corrispondenza delle rocce carbonatiche appartenenti alla formazione di Gonnese caratterizzata da una permeabilità alta per carsismo e fratturazione. Considerati lo spessore ettometrico e la conformazione dei luoghi, è probabile che la circolazione idrica si sviluppi a profondità decametriche come suggerito anche dalla quota delle sorgenti presenti nell'area in esame.

Per le previste quote di progetto, non sussistono i presupposti affinché le opere possano influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

4.3 Subsidenza

Se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l'area costiera meridionale, la subsidenza è irrilevante tra i processi morfodinamici dell'Isola: gli unici fenomeni riconducibili a subsidenza sono i "sink-holes" localizzati negli hinterland di Carbonia ed Iglesias.

Come segnalato precedentemente, una delle torri eoliche in progetto, la VI07, è prevista in corrispondenza della Formazione di Gonnese, caratterizzata da litologie carbonatiche suscettibili di fenomeni carsici, come testimoniato anche da una delle più note cavità naturali della Sardegna meridionale, la Grotta di San Giovanni, nel territorio di Domusnovas, che si sviluppa sulla stessa formazione rocciosa.

Si segnala che ad una distanza di circa 3 km dal parco eolico in progetto, la grotta di Su Bacculu, nel territorio comunale di Narcao, interessa la medesima formazione. Benché non siano noti in corrispondenza dei punti di previsto intervento doline, sink-hole o altre tipologie di subsidenza naturale si segnala la necessità di indagare sull'eventuale presenza di cavità carsiche a bassa profondità in corrispondenza della torre eolica prevista in corrispondenza della suddetta formazione rocciosa.

Non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 29 di 42

4.4 Pericolosità da frana

Tutti gli interventi in parola ricadono nel Sub-Bacino del Flumendosa, Campidano, Cixerri.

Dalla consultazione della cartografia allegata al PAI regionale per i siti designati ad ospitare le torri eoliche non sono indicate condizioni di pericolosità da frana: poiché la cartografia regionale in materia di frane è in continuo aggiornamento e, per l'areale in oggetto, appare visibilmente incompleta come si evince dalla anomala assenza di aree a pericolo di frana nonostante la morfologia montuosa dei luoghi, si ritiene che tale riscontro non abbia una valenza assoluta.

L'analisi della morfologia al contorno dei siti designati per le varie opere, ubicati su dorsali ben modellate e morfologicamente stabili, non suggerisce situazioni di pericolo alla condizione che sia garantita una distanza di sicurezza dalle aree acclivi che, in alcuni casi, costituiscono i versanti che bordano i rilievi sede del parco eolico.

4.5 Pericolosità idraulica

Le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico, il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e il Piano Gestione e Rischio Alluvioni (P.G.R.A.). non indicano per i siti che ospiteranno le torri eoliche alcuna criticità idraulica.

Dalla medesima fonte cartografica ufficiale, risulta che né gli areali di intervento né le aree limitrofe siano state allagate in concomitanza del cosiddetto "ciclone Cleopatra". Tuttavia, anche in questo caso come si evince dalla anomala assenza di aree a pericolo idraulico in corrispondenza dei corsi d'acqua che bordano i rilievi sede del parco eolico in progetto, la cartografia regionale per l'areale in oggetto appare incompleta.

Allo stato attuale non sono stati ravvisati elementi predisponenti condizioni di pericolosità idraulica, risultando i siti individuati per le torri eoliche in posizione marginale rispetto alle principali linee di deflusso delle acque di dilavamento superficiale.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 30 di 42

5 MODELLO GEOTECNICO

5.1 Modello geotecnico preliminare

Al momento, in mancanza di alcuna campagna di indagine diretta, la caratterizzazione litotecnica viene effettuata, in via preliminare e del tutto indicativa, sulla base di dati provenienti da letteratura tecnica coadiuvati da informazioni estrapolate da indagini pregresse svolte in contesti geologici analoghi.

Il sottosuolo che ospiterà l'impianto eolico vede la presenza predominante di metasedimenti silicoclastici che costituiscono il substrato litoide di tutte le torri eoliche ad eccezione di VI07. Nel caso di quest'ultima il substrato litoide è rappresentato da litologie metacarbonatiche.

Coerentemente con la variabilità litologica dei terreni di fondazione degli aerogeneratori non è possibile fornire un'unica stratigrafia rappresentativa di tutta l'area del parco eolico.

Schematicamente ed ai fini applicati che interessano, vengono forniti i dati geotecnici relativi alle litologie interessate dalle opere di fondazione delle torri eoliche:

- | | | |
|----------|--------------------------|---|
| A | 0,00 m ÷ -2,00 m ±1,00 m | coltre detritica-suolo |
| B | -2,00 m ÷ oltre -10 m | calcarei paleozoici litoidi |
| C | -2,00 m ÷ oltre -10 m | metasiltiti e metarenarie paleozoiche litoidi |

di seguito descritti per quanto attiene la parametrizzazione geotecnica di riferimento da utilizzare in sede di verifiche geotecniche, basata sui dati in possesso della scrivente, provenienti da prove eseguite su terreni simili per altre iniziative edilizie.

Strato A

Terre più o meno rimaneggiate dai processi pedogenetici, di colore bruno: trattasi di materiali perlopiù sabbioso limosi e localmente argillosi, con dispersi ciottoli della roccia madre, derivanti dall'alterazione spinta del substrato, poco o moderatamente consistenti, a componente organica nei primi centimetri più superficiali.

Parametri geotecnici indicativi:

- | | | | |
|---|------------|---|-------------------------------|
| – Peso di volume naturale | γ | = | 17,00÷18,50 kN/m ³ |
| – Angolo di resistenza al taglio efficace | φ' | = | 22÷25° |
| – Coesione efficace | c' | = | 0,00÷0,05 daN/cm ² |
| – Modulo elastico | E_{el} | = | 60÷80 daN/cm ² |

Strato B

Roccia carbonatica, con fratture irregolari.

Parametri geotecnici indicativi:

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 31 di 42

- Peso di volume naturale $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\varphi' = 35\div 40^\circ$
- Coesione efficace $c' = 2,00 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 500 \text{ kN/cm}^2$

Unità C

Roccia metamorfica costituita da fitte alternanze di livelli da centimetrici decimetrici di metarenarie quarzose e micacee e metasiltiti.

Parametri geotecnici indicativi:

- Peso di volume naturale $\gamma = 25,00\div 27,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 25\div 30^\circ$
- Coesione efficace $c = 1,50 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 800 \text{ kN/cm}^2$

5.2 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione

Sulla base di quanto esposto si prevede che la quasi totalità delle strutture di fondazione degli aerogeneratori andranno a poggiare sul substrato lapideo paleozoico di natura metamorfica [Unità C] con la sola esclusione della torre **VI07** che poggerà su rocce carbonatiche [Unità B].

Ad esclusione della coltre detritica superficiale ed alcune facies di alterazione corticale della roccia, i suddetti substrati offrono elevate garanzie di stabilità nel tempo per le opere fondali, anche di tipo diretto. Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione.

Tale campagna dovrà chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare qualsiasi incertezza sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo (ad esempio lo spessore e caratteristiche litotecniche della coltre detritica olocenica e del cosiddetto "cappellaccio di alterazione della roccia"), con valutazione della tipologia dei prodotti di alterazione, proprietà geomeccaniche dei diversi substrati rocciosi, ovvero affinare il modello geologico per orientare al meglio le scelte progettuali, nonché per individuare l'ottimale profondità per la posa delle opere fondali dei manufatti in elevazione e della viabilità di accesso.

Fatto salvo la necessità e l'obbligo di supportare le valutazioni rappresentate in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, cautelativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **2,5 daN/cm²**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 32 di 42

6 VIABILITÀ INTERNA, PIAZZOLE E RELATIVE CRITICITÀ

Il progetto relativo al parco eolico vede la realizzazione di due piazzole di trasbordo e dell'adeguamento o nuova realizzazione di strade come mostrato in Figura 6.1

L'analisi e della cartografia geotematica regionale e i sopralluoghi non hanno evidenziato nessuna criticità rilevante in corrispondenza delle aree e dei tracciati relativi al progetto.

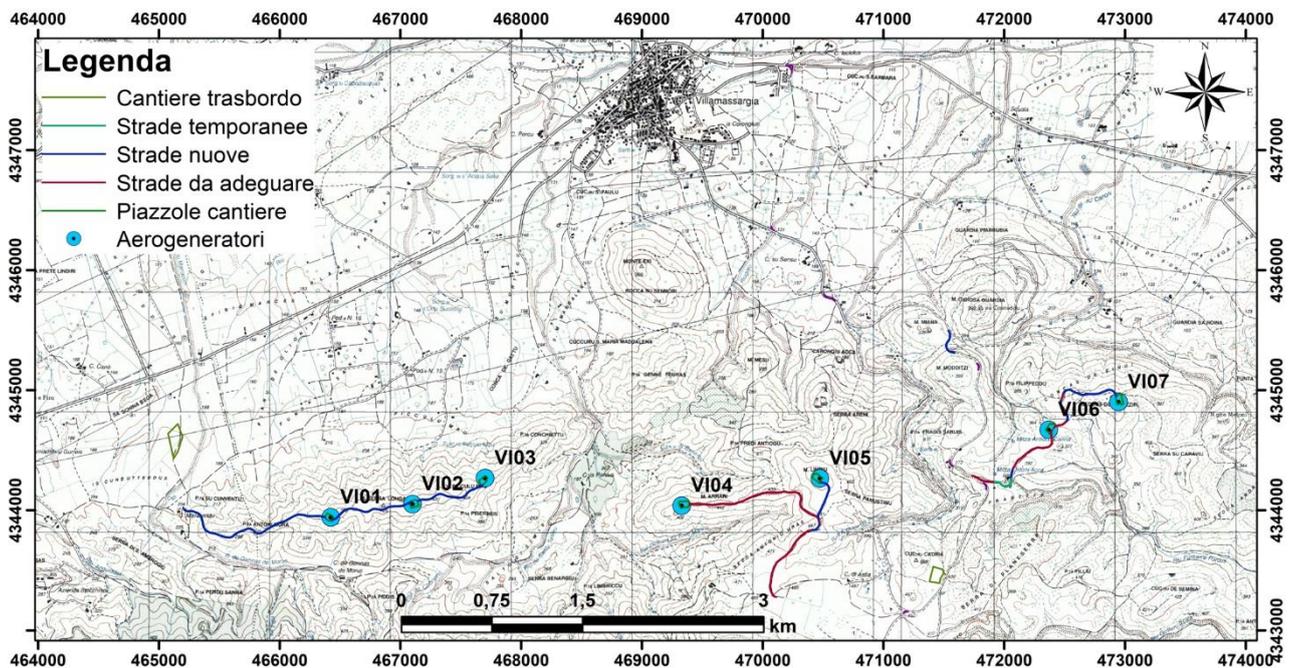


Figura 6.1 – Viabilità e piazzole di cantiere su stralcio IGMI 1:25.000, fuori scala.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it 	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 33 di 42

7 CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto geologico del settore ove si prevede la realizzazione dell'impianto eolico in progetto si caratterizza per la presenza di un basamento litoide che soggiace a profondità variabili tra meno di 1,00 m e 3,00 m rispetto al piano di campagna, sormontato da una coltre pluridecimetrica eluvio-colluviale di colore chiaro, rimaneggiata nella porzione sommitale.

Questa configurazione litologica, coerentemente con il contesto topografico dei siti designati per il posizionamento degli aerogeneratori, consente di escludere nella totalità dei casi la necessità di utilizzare fondazioni profonde.

Riguardo gli aspetti idrogeologici, nel settore est l'elevata permeabilità delle rocce metamorfiche carbonatiche, ad una prima analisi non consente di escludere interazioni tra scavi e flussi idrici sotterranei: tuttavia, considerato lo spessore ettometrico della formazione e la morfologia dei luoghi, è probabile che la circolazione idrica si sviluppi a profondità più che decametriche.

Di contro, in tutto il settore ovest e nella quasi totalità del settore est, la bassa permeabilità delle rocce permette di escludere potenziali interazioni tra flussi idrici sotterranei ed opere di fondazione se non in particolari e temporanee condizioni meteorologiche (piogge intense, scioglimento di eventuali accumuli nevosi) capaci di saturare la coltre eluvio-colluviale e lo strato di alterazione della roccia.

La configurazione planoaltimetrica ed orografica del settore e la posizione dei singoli aerogeneratori sulla sommità di dorsali morfologiche ben modellate, associate all'assenza di fattori potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia, favorisce inoltre diffuse condizioni di stabilità morfologica dei luoghi. Non si prevede altresì che l'evoluzione morfodinamica naturale delle aree coinvolte possa in qualche modo compromettere la funzionalità delle opere per dissesti di tipo idraulico in quanto i siti di intervento ricadono in posizioni prive di pericolosità da inondazione/allagamento.

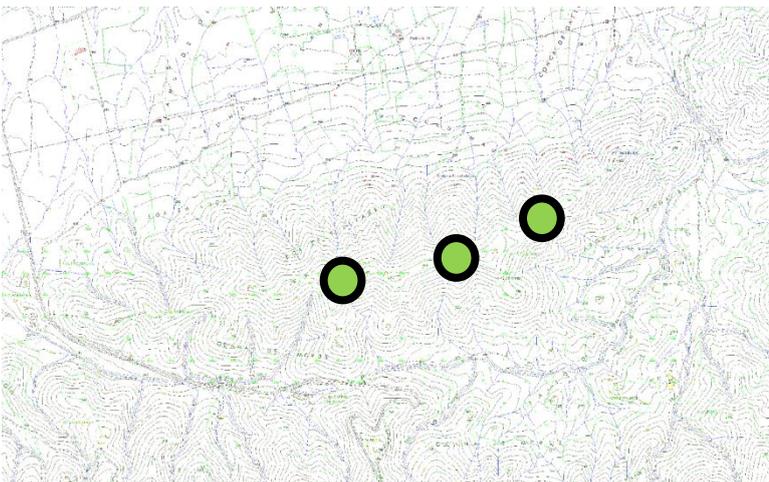
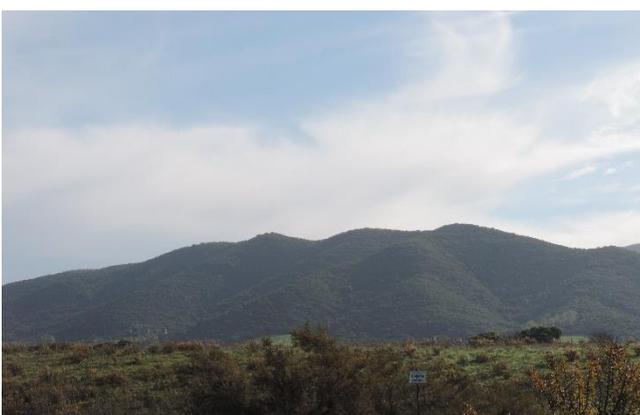
È altresì poco verosimile che gli interventi da realizzare, compresa la viabilità di servizio e gli scavi per i cavidotti, possano alterare le attuali dinamiche di deflusso superficiale, non trovandosi gli stessi in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico o in prossimità dei principali corsi d'acqua.

Alla luce delle suddette constatazioni non si ravvisano criticità che possano predisporre il sito di intervento a fenomeni di denudazione o erosione accelerata da parte delle acque di scorrimento superficiale, crolli o frane innescate dall'arretramento dei versanti, piuttosto che alterazioni del tracciato o del regime dei corsi d'acqua, sovraescavazioni in alveo, anche in ragione della posizione ininfluyente rispetto al reticolo idrografico.

Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 34 di 42

8 SCHEDE SITO

AEROGENERATORI VI01, VI02, VI03	
ACCESSIBILITÀ	<p>Assenza di stradelli che consentano l'avvicinamento ai siti che ospiteranno le torri eoliche. Le strade che consentono l'avvicinamento al rilievo sede dell'intervento sono rappresentate a ovest dalla strada provinciale SP85 e a est da uno stradello in terra battuta, in entrambe i casi le strade passano a valle del rilievo di Serra Longa.</p>
	
 <p><i>Vista panoramica del rilievo di Serra Longa da NW.</i></p>	 <p><i>Vista panoramica del rilievo di Serra Longa da sud.</i></p>
 <p><i>VI01 – Vista panoramica da sud.</i></p>	 <p><i>VI01 – Vista panoramica da sud, dall'alto.</i></p>

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 35 di 42



VI02 – Vista panoramica da sud.



VI02 – panoramica da Sud, dall'alto.



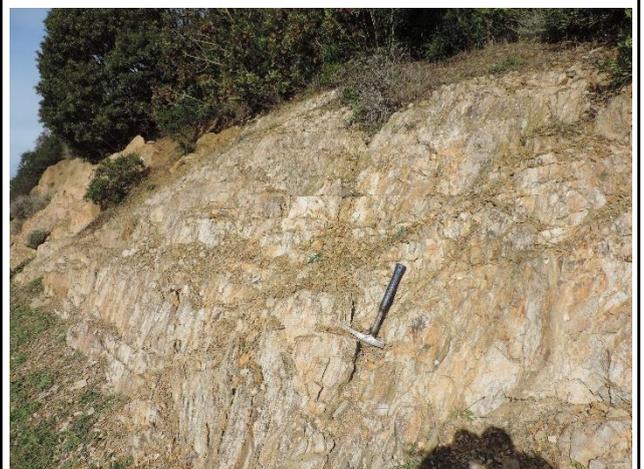
VI03 – Vista panoramica da sud.



VI03 – Vista panoramica da sud, dall'alto.



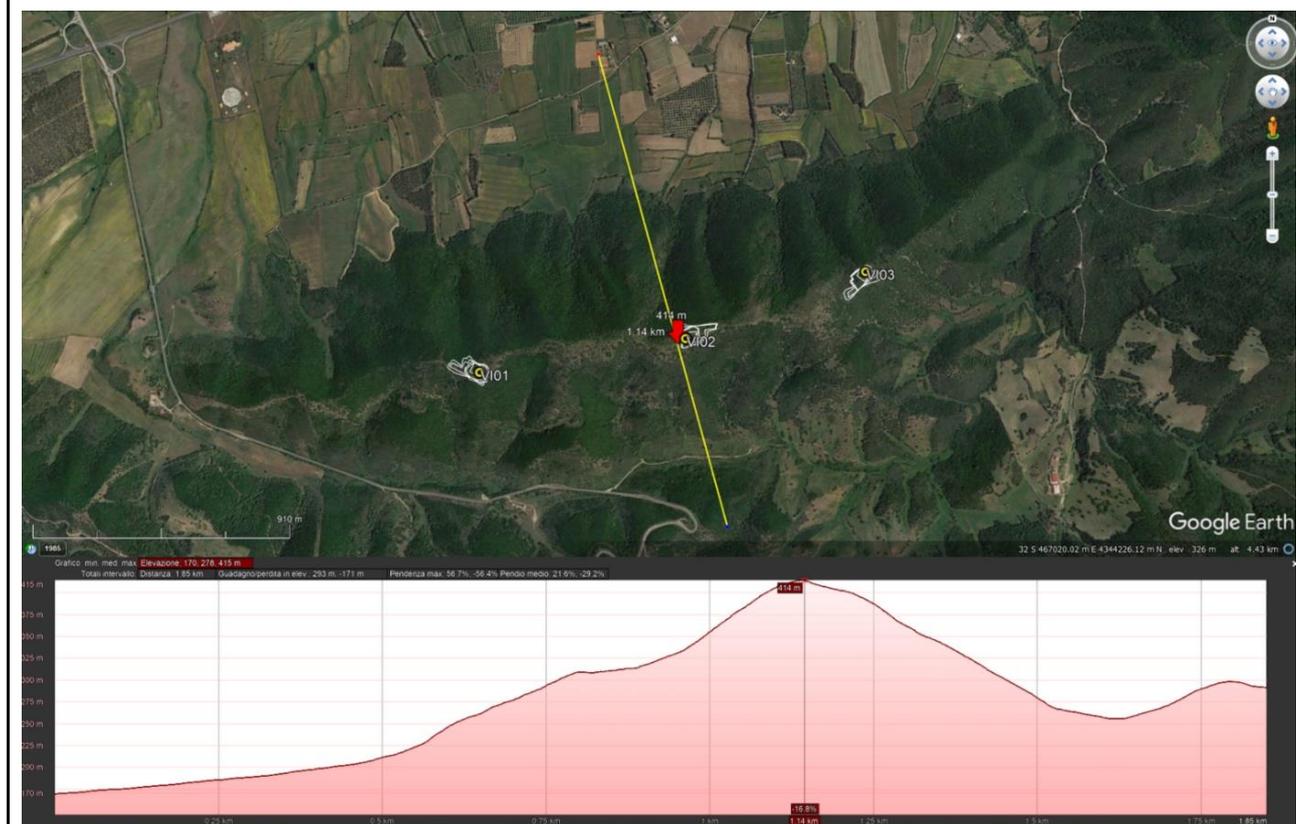
Vista panoramica del rilievo di Serra Longa da sud, dall'alto.



Affioramento della Formazione di Nebida con foliazione metamorfica subverticale.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 36 di 42

NATURA DEL SUBSTRATO	<p>Copertura costituita da un livello pedogenizzato di spessore decimetrico con sparsi blocchi di metarenarie e metasiltiti.</p> <p>Il substrato lapideo, spesso affiorante, è rappresentato, in accordo con la carta geologica allegata al PPR e con le osservazioni sul terreno, da metarenarie e metasiltiti appartenenti alla Formazione di Nebida, Membro di Matoppa complessivamente di spessore pluridecamentrico-ettometrico.</p>
ASSETTO MORFOLOGICO	<p>I siti sono ubicati lungo la parte sommitale di una dorsale allungata in direzione EW. Tale dorsale presenta una superficie debolmente ondulata mentre i versanti che la delimitano hanno pendenze variabili, generalmente intorno al 50% e potrebbero essere soggetti localmente a lenti fenomeni di arretramento del versante per caduta di blocchi, sebbene la copertura vegetale costituita da macchia mediterranea si presenti continua suggerendo una generale stabilità del pendio.</p> <p>Nel complesso il settore si configura come una zona montuoso-collinare caratterizzata sulla sommità da una morfologia debolmente ondulata con substrato roccioso spesso affiorante.</p> <p>Non si rilevano frane in atto o quiescenti o altri processi morfogenetici che condizionino la stabilità dei siti specifici.</p>
ASSETTO IDROGEOLOGICO	<p>La permeabilità del substrato, bassa per fratturazione, fa sì che il reticolo idrografico sia fitto e costituito da modesti corsi d'acqua a regime torrentizio e carattere episodico-stagionale che corrono lungo le linee di massima pendenza dei versanti. La presenza delle acque di ruscellamento è legata infatti a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi.</p> <p>La conformazione morfologica e la natura del substrato suggeriscono che i modesti flussi idrici sotterranei si sviluppino a profondità decametriche.</p> <p>Non si rilevano pozzi o sorgenti in corrispondenza dei siti designati per ospitare le torri eoliche.</p>



COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
  www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 37 di 42

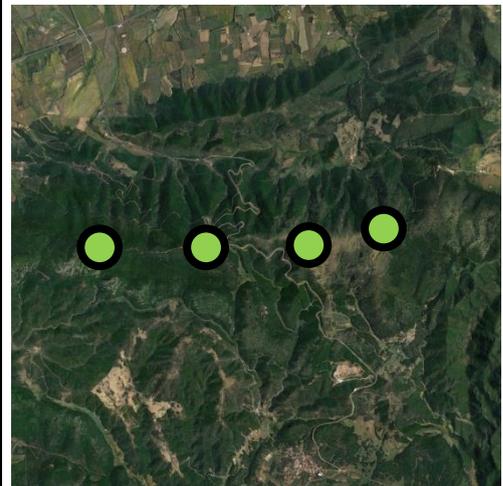
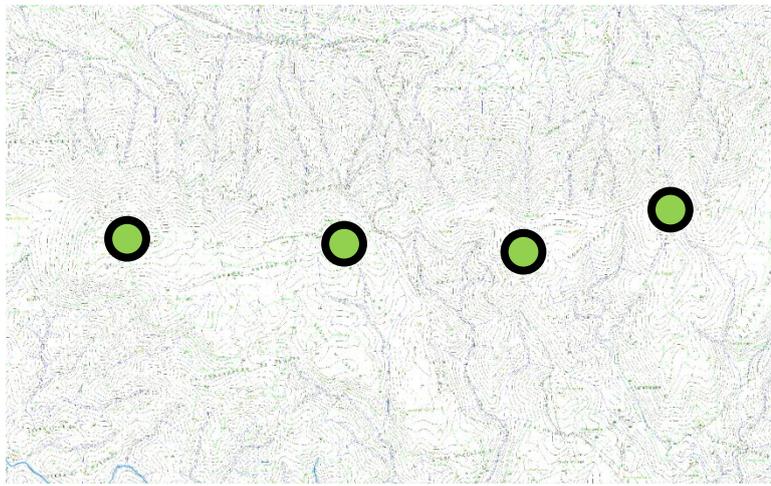
CRITICITÀ GEOLOGICHE	<p>I siti specifici sono esenti da fattori predisponenti a pericolo di frana, seppur i versanti che delimitano l'altopiano presentino pendenze non trascurabili.</p> <p>Considerato che la cartografia PAI appare incompleta in questa zona, e data l'uniformità morfologica di tutti i versanti che delimitano il rilievo su cui è previsto il parco eolico in progetto, si ritiene più verosimile assumere un pericolo da frana da moderato a medio su tutte le aree in pendenza che delimitano il rilievo.</p> <p>L'assenza di elementi idrografici e la posizione dei siti, posti sulla sommità di una dorsale non presuppone a condizioni di pericolo per inondazione.</p>
ALTRE CRITICITÀ	<p>Da una prima analisi non si rilevano criticità rilevanti.</p> <p>I siti che ospiteranno le torri non sono attualmente raggiungibili attraverso strada ed i versanti del rilievo sono a tratti molto accidentati e in gran parte ricoperti da una fitta macchia mediterranea.</p>
SCAVABILITÀ	<p>Escavatore e impiego di mezzi demolitori di elevata potenza e martello demolitore.</p>
NECESSITÀ DI APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI	<p>Allo stato attuale delle conoscenze non si dispone di dati sito-specifici per definire lo spessore della coltre terrigena di copertura, né delle caratteristiche geotecniche del substrato lapideo.</p> <p>Le osservazioni qualitative svolte in situ suggeriscono uno spessore della coltre terrigena trascurabile e buone caratteristiche geotecniche del substrato.</p> <p>Può essere escluso il ricorso a fondazioni di tipo profondo.</p> <p>Si rimanda all'esito della campagna geognostica per il dimensionamento della fondazione.</p> <p>Proposta di indagini geognostiche e geotecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sondaggio a carotaggio continuo profondo mediamente 2÷10 m – prove geotecniche di laboratorio, – stendimento sismico MASW e/o sezione sismica tomografica.
STRADE E CAVIDOTTO	<p>Il cavidotto sfrutterà le strade preesistenti per poi proseguire su tracciato di nuova realizzazione.</p>

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgienarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 38 di 42

AEROGENERATORI NA04, NA05, NA06, NA07

ACCESSIBILITÀ

Si accede al settore meridionale del parco eolico dalla SP85. Da questa strada è possibile imboccare, sia per la parte occidentale (NA04 e NA05) sia per la parte orientale (Na06 e NA07), degli stradelli in terra battuta, spesso con substrato roccioso affiorante, che consentono l'avvicinamento ai siti specifici. Nel settore orientale lo stato e la pendenza dello stradello consentono l'accesso soltanto con mezzi fuoristrada.



Vista panoramica da nord del settore SW del parco eolico



Vista panoramica da ovest del settore SE del parco eolico



Contesto morfologico del settore SW del parco eolico, vista da est.



Stradello di collegamento tra NA05 e NA04.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it		OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 39 di 42



Substrato affiorante nello stradello del settore SW.



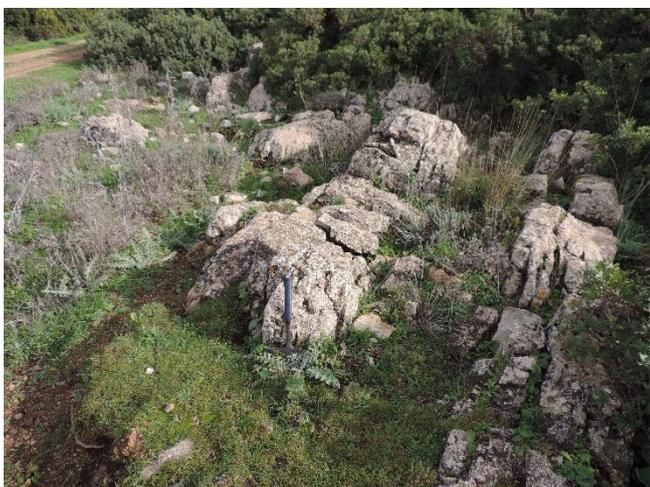
NA05 – Vista panoramica.



NA05 – Metasiltiti a giacitura subverticale.



NA05 – Copertura detritica con blocchi di metasiltiti.



NA04 – Calcari della Formazione di Gonnesa in giacitura subverticale.



NA04 – Vista panoramica.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 40 di 42



NA04 – Vista panoramica.



Substrato affiorante nello stradello del settore SE.



NA06 – Vista panoramica da ovest.



NA06 e NA07 – Stradello di avvicinamento.



NA07 – Vista panoramica da SW .



NA07 – Stradello di avvicinamento da sud.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	 OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	 TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 41 di 42

NATURA DEL SUBSTRATO	<p>Copertura costituita da un livello pedogenizzato di spessore decimetrico con sparsi blocchi di metarenarie e metasiltiti</p> <p>Il substrato lapideo, spesso affiorante, è rappresentato, in accordo con la carta geologica allegata al PPR e con le osservazioni sul terreno, da metarenarie e metasiltiti appartenenti alla Formazione di Nebida, Membro di Matoppa complessivamente di spessore pluridecametrico-ettometrico.</p> <p>Solo nel caso di NA04 il substrato è rappresentato da metacalcari appartenenti alla formazione di Gonnese.</p>
ASSETTO MORFOLOGICO	<p>I siti sono ubicati lungo la parte sommitale di una dorsale allungata in direzione EW. Tale dorsale presenta una superficie debolmente ondulata mentre i versanti che la delimitano hanno pendenze variabili.</p> <p>Il versante settentrionale presenta pendenze comprese tra il 20÷50% mentre quello meridionale è rappresentato da un'area a morfologia ondulata che decresce progressivamente di quota fino a raccordarsi con la valle.</p> <p>La copertura vegetale costituita da macchia mediterranea e pascoli si presenta continua per cui suggerisce una generale stabilità del pendio.</p> <p>Nel complesso il settore si configura come una zona montuoso-collinare caratterizzata sulla sommità da una morfologia debolmente ondulata con substrato roccioso spesso affiorante.</p> <p>Non si rilevano frane in atto o quiescenti o altri processi morfogenetici che condizionino la stabilità dei siti specifici.</p>
ASSETTO IDROGEOLOGICO	<p>La permeabilità del substrato, bassa per fratturazione, fa sì che il reticolo idrografico sia fitto e costituito da modesti corsi d'acqua a carattere episodico-stagionale e regime torrentizio che corrono lungo le linee di massima pendenza dei versanti. La presenza delle acque di ruscellamento è legata infatti a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi.</p> <p>La conformazione morfologica e la natura del substrato suggeriscono che i modesti flussi idrici sotterranei si sviluppino a profondità decametriche.</p> <p>Solo in corrispondenza di NA04 la permeabilità del substrato, alta per carsismo e fratturazione, fa sì che il reticolo idrografico superficiale sia praticamente assente e che i flussi idrici avvengano a livello sotterraneo. Anche in questo caso è verosimile che i flussi idrici sotterranei legati a carsismo si sviluppino a profondità decametriche come indicherebbe la quota della più importante sorgente della zona rappresentata da Funtana Corèmo, situata poche decine di metri a valle del promontorio di Cuccuru de sa Idda.</p> <p>La presenza delle acque di ruscellamento è legata a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi.</p>

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardì, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI VILLAMASSARGIA – PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO SR-VI-RC11
www.i atpro getti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	PAGINA 42 di 42



CRITICITÀ GEOLOGICHE	<p>I siti specifici sono esenti da fattori predisponenti a pericolo di frana, seppur i versanti che delimitano l'altopiano presentino pendenze non trascurabili.</p> <p>Considerato che la cartografia PAI appare incompleta in questa zona, e data l'uniformità morfologica di tutti i versanti che delimitano il rilievo su cui è previsto il parco eolico in progetto, si ritiene più verosimile assumere un pericolo da frana da moderato a medio su tutte le aree in pendenza che delimitano l'altopiano.</p> <p>L'assenza di elementi idrografici e la posizione dei siti, posti sulla sommità di una dorsale non presuppone a condizioni di pericolo per inondazione.</p>
ALTRE CRITICITÀ	<p>Da una prima analisi non si rilevano criticità rilevanti.</p> <p>I siti che ospiteranno le torri sono raggiungibili soltanto da stradelli in terra battuta a tratti molto accidentati e non sempre percorribili da mezzi pesanti, che distano comunque poche decine o centinaia di metri dai siti specifici.</p>
SCAVABILITÀ	<p>Escavatore e impiego di mezzi demolitori di elevata potenza e martello demolitore.</p>
NECESSITÀ DI APPROFONDIMENTI GEOGNOSICI	<p>Allo stato attuale delle conoscenze non si dispone di dati sito-specifici per definire lo spessore della coltre terrigena di copertura, né delle caratteristiche geotecniche del substrato lapideo. Le osservazioni qualitative svolte in situ suggeriscono uno spessore della coltre terrigena trascurabile e buone caratteristiche geotecniche del substrato. Può essere escluso il ricorso a fondazioni di tipo profondo.</p> <p>Si rimanda all'esito della campagna geognostica per il dimensionamento della fondazione.</p> <p>Proposta di indagini geognostiche e geotecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sondaggio a carotaggio continuo profondo mediamente 2÷10 m. - prove geotecniche di laboratorio, - stendimento sismico MASW e/o sezione sismica tomografica.
STRADE E CAVIDOTTO	<p>Il cavidotto sfrutterà le strade preesistenti per poi proseguire su tracciato di nuova realizzazione.</p>