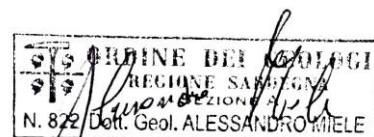


**Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e  
ss.mm.ii.**

**BOREAS**

**Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai  
e Perdasefogu nel territorio del Comune di  
Jerzu (NU)**



**RELAZIONE GEOLOGICO E GEOTECNICA**

0	15/12/2020	Emissione per procedura di VIA	Sartec	Sartec	Sartec
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.



Sede Amministrativa  
I-20122 Milano  
Galleria Passarella 2  
Tel. +39 02 77371  
Fax +39 02 7737209

Sede Legale  
Sesta Strada Ovest  
Z.I. Macchiareddu  
I-09068 Uta (CA)  
Tel. +39 070 24661780  
Fax +39 070 24661211

Stabilimento  
Parchi Eolici di Ulassai  
S.P. 13, km.11+500  
I-08040 Ulassai (NU)  
Tel. +39 3297518302  
Fax +39 078240594

Cap. Soc. € 56.696.00 int. vers.  
Reg. Imprese di Cagliari e  
Cod. Fisc. IT 01953460902  
Società appartenente al Gruppo IVA  
P. IVA 03868280920  
sardeolica@pec.grupposaras.it  
comunicazioni.sardeolica@pec.grupposaras.it



EN ISO 9001  
20100121257604  
EN ISO 14001  
20104121257607  
EN ISO 18001  
20116121257606  
EN ISO 50001  
TA270173002575

## **Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.**

### **BOREAS**

## **Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU)**

### **PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE CIVILI**

#### **COORDINAMENTO GENERALE:**

**Ing. Manolo Mulana – SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie**

**Ing. Giuseppe Frongia – I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.**

#### **PROGETTAZIONE:**

**Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico) - I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.**

#### **Gruppo di lavoro:**

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Mariano Agus

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Andrea Cappai

Ing. Virginia Loddo

Ing. Gianluca Melis

Ing. Emanuela Pazzola

Dott.ssa Elisa Roych

Ing. Gianni Serpi

Ing. Emanuela Spiga

Ing. Francesco Schirru

#### **Collaborazioni specialistiche:**

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Alessandro Miele

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Mauro Casti

Aspetti pedologici ed uso del suolo: Dott. Marco Cocco

Rumore: Dott. Francesco Perria – Ing. Manuela Melis

Studio Previsionale per la valutazione delle interferenze con le telecomunicazioni - Prof. Ing. Giuseppe Mazzecca – Ing. Emilio Ghiani

## SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>6</b>
1.2   NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI .....	8
1.3   DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
1.4   INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	9
<b>2. VINCOLISTICA.....</b>	<b>12</b>
2.3   INTERAZIONE CON IL PIANO DI STRALCIO DI BACINO .....	12
2.3.1   Fondazioni aerogeneratori .....	12
2.3.2   Piazzole aerogeneratori. ....	13
2.3.3   Cavidotto MT di distribuzione elettrica impianto.....	13
2.3.4   Viabilità. ....	13
2.4   INTERAZIONE CON IL PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI .....	15
<b>3. MODELLO GEOLOGICO. ....</b>	<b>17</b>
3.3   BASAMENTO VARISICO.....	17
3.4   MESOZOICO:.....	20
<b>4. DESCRIZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO. ....</b>	<b>22</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>25</b>
<b>6. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>7. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO .....</b>	<b>28</b>
<b>8. STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE. ....</b>	<b>30</b>
<b>9. CLASSIFICAZIONE SISMICA .....</b>	<b>36</b>
9.3   SISMICITÀ STORICA DELL'AREA.....	38
9.4   CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO .....	42
<b>10. MODELLO GEOTECNICO.....</b>	<b>44</b>
10.1   VALUTAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI. ....	44
10.2   CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO.....	45
<b>11. CONCLUSIONI .....</b>	<b>49</b>

## ELENCO DIDASCALIE TABELLE

Tabella 1: Precipitazioni medie.....	29
Tabella 2: Valori di riferimento aree a bassa sismicità.....	38
Tabella 3: Registro eventi sismici .....	41
Tabella 4: Valori geotecnici indicativi.....	44
Tabella 4: Riepilogo parametri RocLab.....	47
Tabella 5: Stima resistenza a compressione monoassiale.....	47
Tabella 6: Valutazione RMR e parametri geotecnici.....	48

## ELENCO DIDASCALIE FIGURE

Figura 1: Ubicazione WTG, da Google Earth.....	7
Figura 2: Stralcio Foglio 541-IV "Genna su Ludu" scala 1:25.000.....	11
Figura 3: Interazione opere-PAI, base cartografica CTR. L'area a W della Sp.13 fa riferimento alla delibera del Comune di Jerzu n. 14/2016 del 28/09/2016.....	14
Figura 4: Assetto strutturale, tratti da note illustrative foglio 541 Jerzu.....	18
Figura 5: Profilo schematico attraverso la struttura a falde del basamento paleozoico della Sardegna sud-orientale. Tratta da NOTE ILLUSTRATIVE Della CARTAGEOLOGICAD'ITALIA alla scala 1:50.000 foglio 541 JERZU.....	19
Figura 6: Carta delle permeabilità.....	26
Figura 7: Piazzola J01 da SP 13.....	31
Figura 8: Affioramento J01.....	31
Figura 9: Piazzola J02.....	32
Figura 10: Affioramento J04.....	33
Figura 11: Piazzola J04.....	33
Figura 12: Copertura detritica J05.....	34
Figura 13: Affioramento "Arenarie Grigie del Gennargentu" J07.....	34
Figura 14: Contatto porfidi-metarenarie.....	35
Figura 15: Zonazione Sismica.....	36
Figura 16: Determinazione dei parametri geotecnici con il criterio di Hoek-Brown le metamorfiti alterate.....	46
Figura 17: Determinazione dei parametri geotecnici con il criterio di Hoek-Brown le metamorfiti.....	46

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione geologica e geotecnica è parte integrante del progetto denominato Boreas da ubicarsi nel comune di Jerzu, che si sviluppa come ampliamento dell'esistente parco eolico sito nei territori comunali di Ulassai e Perdasdefogu (NU), di titolarità della Società Sardeolica S.r.l., Gruppo SARAS.

Le deduzioni di seguito esposte, si basano sui dati provenienti dalle numerose campagne di indagine svolte nel sito durante la realizzazione delle varie opere presenti, finalizzate alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico, come previsto dalle N.T.C. 2018. Infatti, sono stati eseguiti numerosi carotaggi e prove geotecniche in situ e in laboratorio in aree prossime a quelle individuate per il posizionamento dei nuovi aerogeneratori. Questi dati sono stati dunque integrati dalla cartografia ISPRA, e da quella geotematica regionale e con i rilievi eseguiti in fase di realizzazione delle precedenti strutture.

In fase di progettazione esecutiva verrà eseguita una più ampia campagna di indagini integrative, volte alla ricostruzione dettagliata delle caratteristiche geologiche-geotecniche locali.

Di seguito verrà esposto il modello geologico-litologico elaborato al fine di individuare condizioni di pericolosità geomorfologica e idrogeologica che potrebbero potenzialmente interferire con le opere da realizzare e al fine di predisporre un programma di indagini a supporto della progettazione esecutiva.

In tale ambito il Dott. Geol Alessandro Miele<sup>1</sup> è stato incaricato dell'elaborazione della presente **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA** a corredo del progetto definitivo del parco eolico.

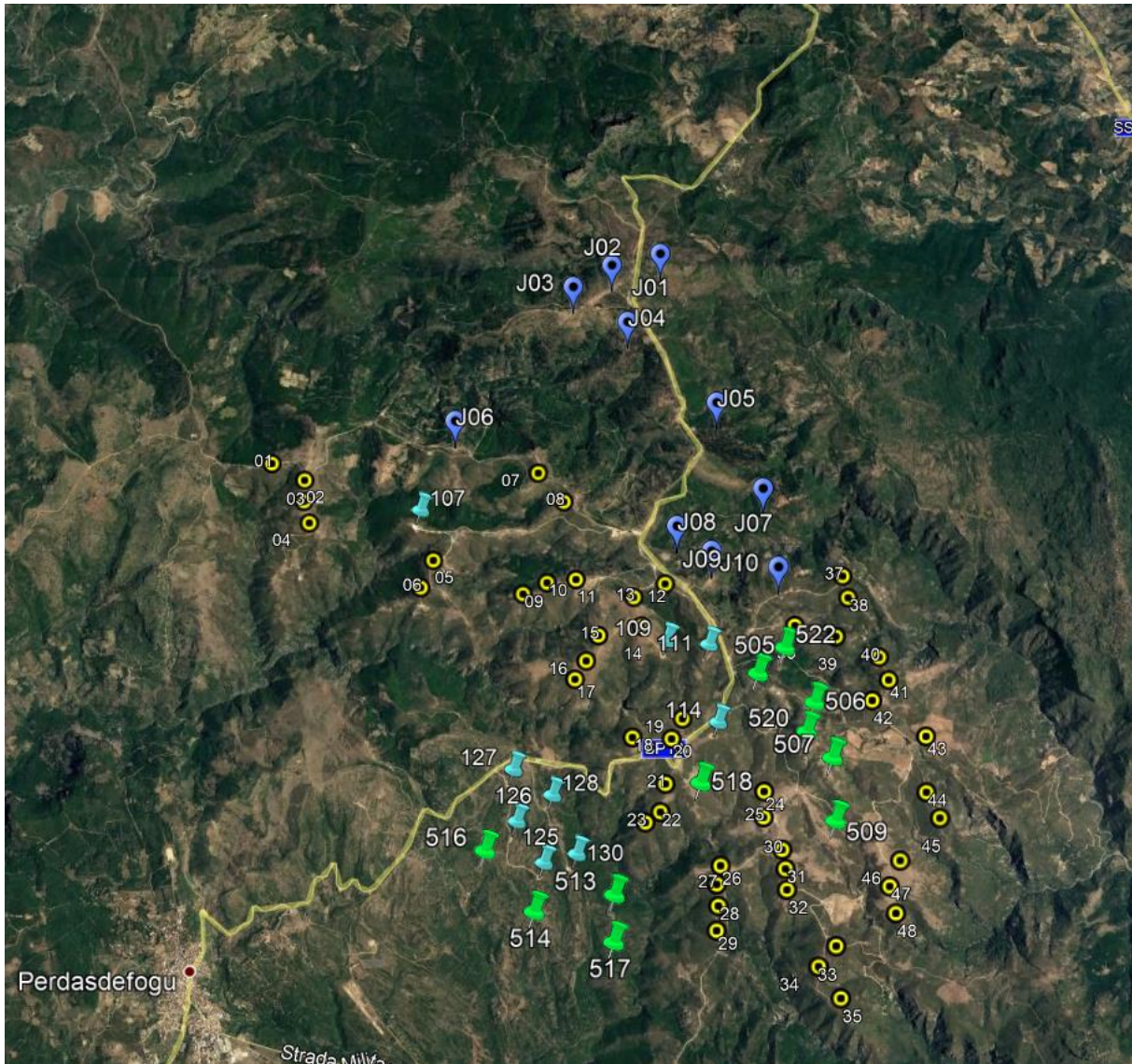
Il progetto proposto prevede il potenziamento dell'impianto esistente attraverso l'installazione di n. 10 aerogeneratori di ultima generazione V162 (altezza al mozzo di 125 m), aventi potenza nominale di 6 MW ciascuno e per una potenza complessiva di 60 MW. L'ampliamento avverrà esclusivamente all'interno del territorio comunale di Jerzu.

La localizzazione delle turbine è indicata nella Figura 1 nella quale vengono indicate con il segno blu le turbine previste nel territorio di Jerzu, in giallo e celeste il parco esistente e in verde le turbine previste nel progetto di Abbila in corso di autorizzazione.

---

<sup>1</sup> N°822 SEZ A

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**



*Figura 1: Ubicazione WTG, da Google Earth.*

## **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. 14.01.2018 «*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"*»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*»;
- 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 in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;
- 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 LL.PP.;
- 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 del 11.03.2005;
- Norme di Attuazione del P.A.I. - Testo coordinato e ss.mm.



### **1.3 Documenti di riferimento**

- [1] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A.;
- [2] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geotecnica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello;
- [3] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione sismica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello;
- [4] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostici, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A.;
- [5] «Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu», relazione geologico-tecnica, Dott. Nicolò Consuelo;
- [6] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus-Fenarbu - Integrazione per gli aerogeneratori MVS 9-23-28-35-40-48», relazione geologica, Indagine geognostica, relazione geotecnica, ottobre 2005, Dott. Angius Antonello e Dott. Corda Graziella;
- [7] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus-Fenarbu. Integrazione per gli aerogeneratori MVS 1÷6», relazione geologica, indagine geognostica, relazione geologico-tecnica, agosto 2009, Dott. Angius Antonello;
- [8] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus – Fenarbu», relazione geologica-geotecnica-sondaggi, giugno 2004 Dott. Angius Antonello e Dott. Corda Graziella;
- [9] «Parco eolico ABBILA Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai nei Comuni di Ulassai e Perdasdefogu» Dott. Mauro Pompei e Dott.ssa Maria Francesca Lobina (NU)-
- [10] «Studio di compatibilità idraulica e geologica – geotecnica (di cui all’art 8 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I.) del territorio comunale di Jerzu. Giugno 2016 Dott. Ing. Italo Frau e Dott. Ing. Giuseppe Deidda.

### **1.4 Inquadramento territoriale dell’area di intervento**

L’intervento in progetto riguarda il parco eolico di Ulassai che attualmente consta di n. 57 turbine ubicate tra i territori comunali di Ulassai (n. 52 WTG) e Perdasdefogu (n. 5 WTG). L’ampliamento in essere prevede l’installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori nel territorio comunale di Jerzu, nel settore che abbraccia i Tacchi dell’Ogliastra e il basamento paleozoico

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

della Barbagia, ove le quote s.l.m. variano, nella configurazione di progetto, rispettivamente tra 630÷660 m e 800÷820 m.

Il centro abitato più prossimo all'area di progetto è Jerzu che sorge, in linea d'aria, circa 5 km a nord est.

L'impianto eolico esistente e le aree interessate dal proposto ampliamento sono compresi nella seguente cartografia ufficiale:

- C.T.R. Foglio 541010 “Nuraghe Salei” [scala 1:10.000]
- C.T.R. Foglio 541020 “Santa Barbara” [scala 1:10.000]
- C.T.R. Foglio 541050 “Sa Pranargia” [scala 1:10.000]
- C.T.R. Foglio 541060 “Monte Corongiu” [scala 1:10.000]
- I.G.M. Foglio 541-IV “Genna su Ludu” (Figura 1) [scala 1:25.000]
- Carta Geologica d'Italia Foglio 541 “Jerzu” [scala 1:50.000]

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

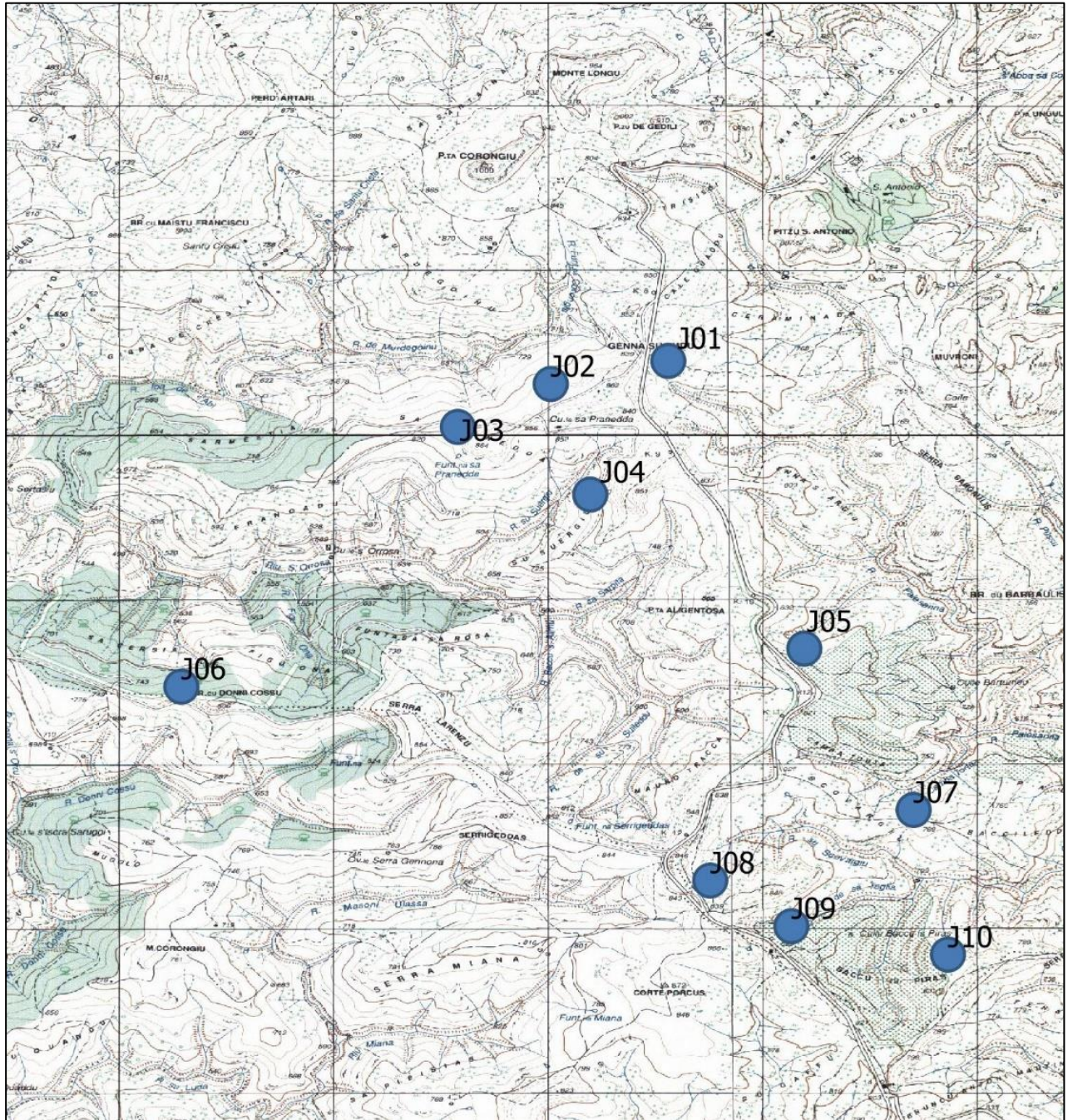


Figura 2: Stralcio Foglio 541-IV "Genna su Ludu" scala 1:25.000

## **2. VINCOLISTICA.**

Di seguito sono analizzate le interazioni tra le opere e gli strumenti di pianificazione, vigenti nell'area in cui verranno realizzati i nuovi aerogeneratori.

### **2.3 Interazione con il Piano di stralcio di bacino**

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato PAI) è redatto, adottato e approvato ai sensi: a. della legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo": Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18.05.1989 n. 183 e successive modificazioni, è stato approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo in forza del Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici in data 21.02.2005, n. 3. Prevede:

- indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;
- disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A del PAI;
- disciplina le aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato B del PAI.

Allo stato attuale, nel comune di Jerzu sono vigenti i vincoli derivanti dal PAI nella sua versione originale e dalla variante frane per il bacino sud-orientale, adottata definitivamente dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n. 2 del 25 febbraio 2010, scaricabile dal sito web della regione (Figura 3). In seguito allo studio di compatibilità geologica-geotecnica, redatto come parte integrante dello studio generale a supporto dell'adeguamento del Piano Urbanistico Comunale di Jerzu (NU) al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), nel giugno 2016 dal Dott. Ing. Italo Frau e Dott. Geol. Marotto Demetrio, verranno considerate le interazioni con le opere da realizzare e le aree classificate in suddetto elaborato.

#### **2.3.1 Fondazioni aerogeneratori**

Le fondazioni degli aerogeneratori ricadono tutte nei limiti amministrativi del comune di Jerzu, risultano così distribuite:

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

- J01, J02, J03, J05, J07, J08, J09 e J10 ricadono in aree cartografate con pericolosità da moderata da frana di tipo Hg1;
- J04 e J06 ricadono in aree cartografate con pericolosità da moderata da frana di tipo Hg2;

### *2.3.2 Piazzole aerogeneratori.*

Per quanto riguarda le piazzole, valgono le stesse considerazioni fatte per le fondazioni.

### *2.3.3 Cavidotto MT di distribuzione elettrica impianto.*

Verranno realizzati complessivamente circa 5,5 Km di cavidotti al fine di collegare i nuovi aerogeneratori alla rete preesistente, il cavidotto sarà impostato prevalentemente sulla rete di viabilità esistente:

- i cavidotti degli aerogeneratori J01, J02, J03, J05, J07, J08 e J10 ricadono in aree cartografate con pericolosità da moderata da frana di tipo Hg1;
- i percorsi dei cavidotti annessi all'aerogeneratore J04 ricadono per 240m in area Hg1 e circa 90 m in area Hg2;
- i cavidotti che collegheranno l'aerogeneratore J06, ricadono in area Hg2 per 150 m;
- circa 70m dei 384m complessivi del tratto di rete che giunge all'aerogeneratore J09, ricadono in area cartografata a pericolosità di frana Hg3.

### *2.3.4 Viabilità.*

Per quanto riguarda la viabilità si tratta in gran parte di tracciati stradali preesistenti, i quali verranno adeguati al fine di consentire il transito dei mezzi speciali di trasporto degli aerogeneratori. Gli unici tratti di nuova realizzazione, saranno il tratto di 340m che collegherà la SP N.13 con l'aerogeneratore "J01" (ricadente in area cartografata a pericolosità di frana Hg1) e dei brevi tratti in Hg2 per l'aerogeneratore J06 (che collega la strada comunale alla piazzola) e per l'aerogeneratore J04. Per il resto si riporta il dettaglio nei capitoli successivi.

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

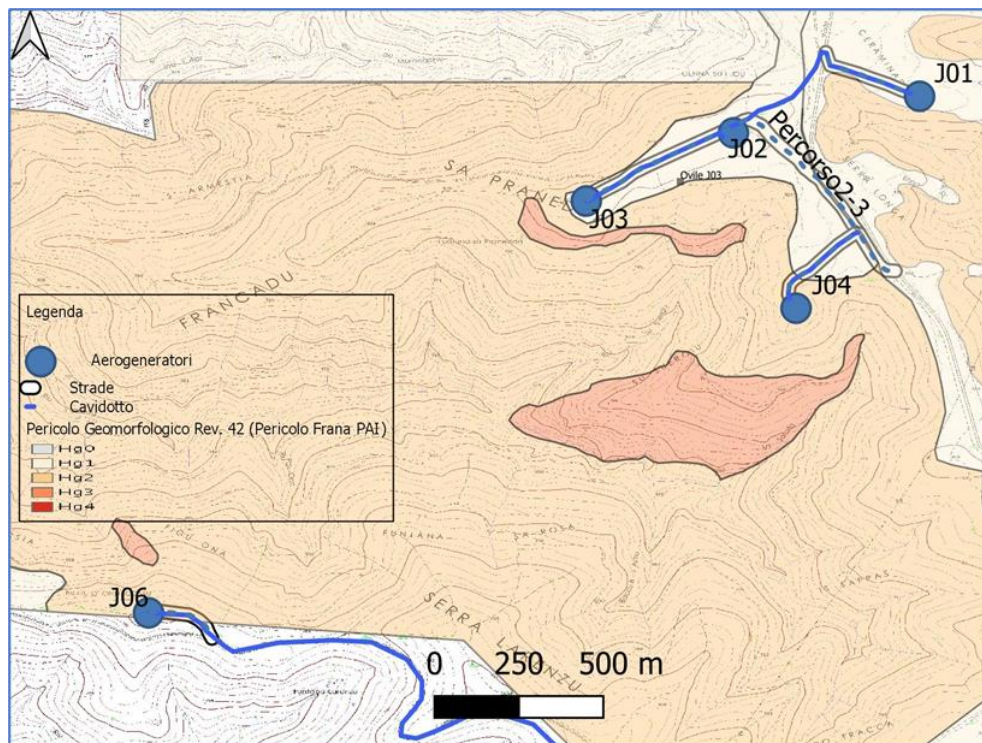
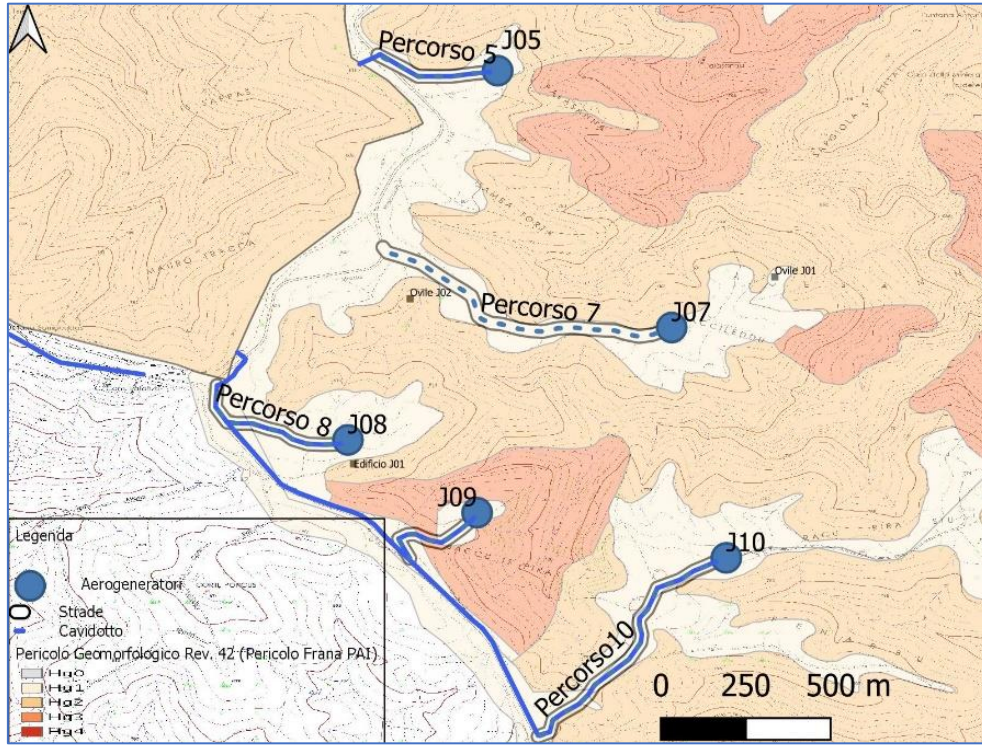


Figura 3: Interazione opere-PAI, base cartografica CTR. L'area a W della Sp.13 fa riferimento alla delibera del Comune di Jerzu n. 14/2016 del 28/09/2016.

Gli interventi previsti, ricadenti nelle aree Hg1 risultano compatibili con quanto prescritto dall'articolo 34: *“Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.”*

Riguardo le aree con pericolosità media da frana (Hg2) ed elevata (Hg3), le opere ivi ricadenti (ossia alcuni tratti del cavidotto lungo la S.P. n 13), sono ammissibili in base al disposto dell'art. 33 delle Norme di Attuazione del PAI (Testo coordinato – Ottobre 2015), il quale stabilisce che (comma 3 lettera a) *«in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti esclusivamente gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici»*. Pertanto il progetto di ampliamento è integrato dal presente documento, che costituisce a tutti gli effetti lo studio di compatibilità geologica geotecnica.

## **2.4 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali**

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183, 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 PSFF costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

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.

Il Piano persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al 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.

Le fasce fluviali possono essere intese come "aree di pertinenza fluviale", individuano le aree limitrofe all'alveo inciso, interessati da espansioni nelle fasi di piene quindi potenzialmente inondabili. Le aree appartenenti a una "classe" hanno le stesse probabilità di essere inondate in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno), le delimitazioni sono state effettuate in seguito ad analisi geomorfologiche e idrauliche del territorio. Tuttavia, sono stati considerati esclusivamente le aste principali dei corsi fluviali che sottendono un bacino di più di 30 km<sup>2</sup> e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempi di ritorno T fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni.

L'area del parco eolico di Ulassai ricade nel sub-bacino idrografico n°7 del Flumendosa-Campidano-Cixerri, i vincoli della delibera non trovano applicazione nell'area in cui verranno realizzati gli aerogeneratori, interessando invece le aree nei pressi del Rio Quirra e il Rio Corongiu.



### **3. MODELLO GEOLOGICO.**

L'area è ubicata nella parte centro-orientale dell'isola, all'interno della regione dei "Tacchi" (Sarcidano, Salto di Quirra e Ogliastro), con rilievi morfostrutturali tabulari estesi e limitati da bordi di scarpata netti ("Tacchi"), i quali rappresentano la copertura da silicoclastica a carbonatica che durante il Giurassico ricopriva uniformemente quasi l'intera isola. Questa copertura carbonatica può poggiare su alternanze litologiche a carattere misto carbonatico-silicoclastico, localmente intruse da corpi vulcanici, e che rappresentano una fase di sedimentazione in bacini interni post-varisici di collasso con ambienti variabili da continentali a transizionali, di età permiana. A loro volta, queste alternanze poggiano in discordanza sul basamento metamorfico varisico deformato, in questo caso costituito dall'Unità tettonica della Barbagia, appratente alle falde interne della catena varisica.

#### **3.3 Basamento varisico.**

Per comprendere l'assetto geologico attuale dell'area, è utile effettuare un excursus sulle dinamiche che hanno portato il basamento ad assumere la conformazione odierna. Contestualizzando in un ambito paleogeografico, le strutture del basamento paleozoico trovano la loro naturale prosecuzione nei Mauri (Westphal et alii, 1976), nella Montagna nera e nel Massiccio Centrale Francese (Arthaud & Matte, 1977), *"la catena collisionale è associata a subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione nell'Ordoviciano-Siluriano e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano ed il Carbonifero (Matte, 1986,b; Franke, 1989a,b; Carmignani et alii, 1992 e bibliografie)"*

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

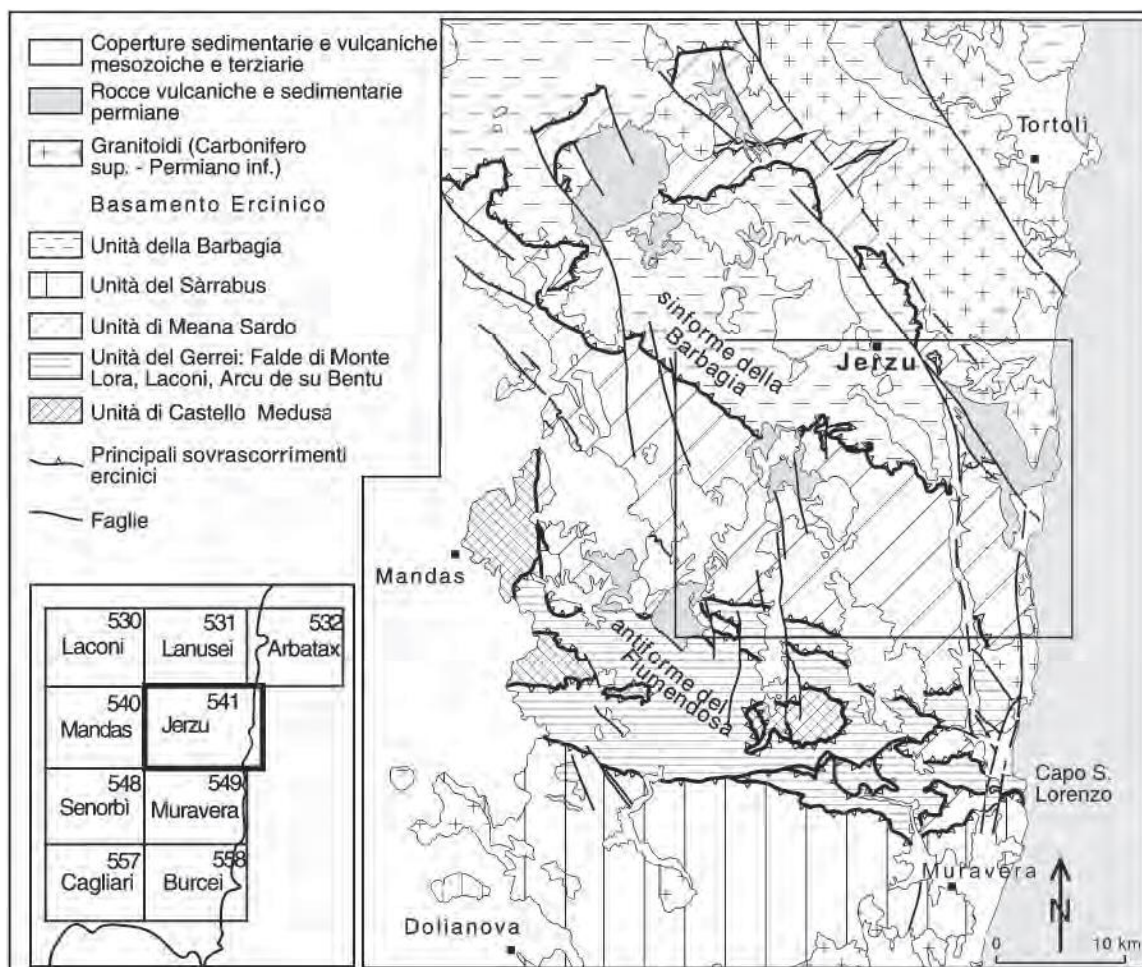


Figura 4: Assetto strutturale, tratti da note illustrative foglio 541 Jerzu.

Nell'Isola sarebbero teoricamente riconoscibili i margini collisionali, secondo Carmignani et alii (1989,1992,1994). Il margine armoricano sovrascorso dovrebbe corrispondere alla zona settentrionale della Sardegna, dove affiora il Complesso Metamorfico di Alto Grado (Elter & Sarria,1989), mentre il margine del Continente Gondwana subdotto è costituito da un Complesso Metamorfico di Medio e Basso Grado, ulteriormente suddiviso in Falde Interne e Falde Esterne, localizzabili in nella parte centrale e sud orientale dell'Isola. Come punto di separazione viene utilizzata la Linea Posada-Asinara, lungo la quale si ritrovano rocce metamorfiche di alto grado: migmatiti, anfiboliti, eclogiti retrocesse in facies anfibolitica (Miller et alii, 1976), interpretate da Carmignani come relitti della crosta oceanica. Nelle Falde Interne (Figura 4) rientrano le rocce metamorfiche di medio e basso grado, che affiorano nell'area limitata a nord dalla Linea Posada-Asinara e a sud dall'affioramento dell'Unità di Meana Sardo. Falde Interne ed Esterne differiscono principalmente per caratteri strutturali e stratigrafici: le

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

prime presentano una storia deformativa più complessa in quanto hanno subito due deformazioni plicative isoclinali, e una ricristallizzazione metamorfica più accentuata; inoltre sono più scarse le metavulcaniti e i metacarbonati.

Le Falde Esterne affiorano in un areale compreso tra Sarcidano e Sulcis-Iglesiente: i loro protoliti hanno età indicativamente comprese tra Cambriano e Carbonifero Inferiore. Il metamorfismo sincinemato delle Falde Esterne varia dall'anchizona alla facies scisti verdi. Metamorfismo e deformazione aumentano dalle unità superiori a quelle inferiori. Rocce metamorfiche in facies anfibolitica affiorano solo al M. Grighini, in corrispondenza della culminazione assiale della maggiore antiforمة di falde del basamento sardo. Si riconoscono tre strutture di piega distinte di dimensione regionale: l'Antiforme del Gennargentu, la Sinforme della Barbagia e l'Antiforme del Flumendosa (Figura 5).

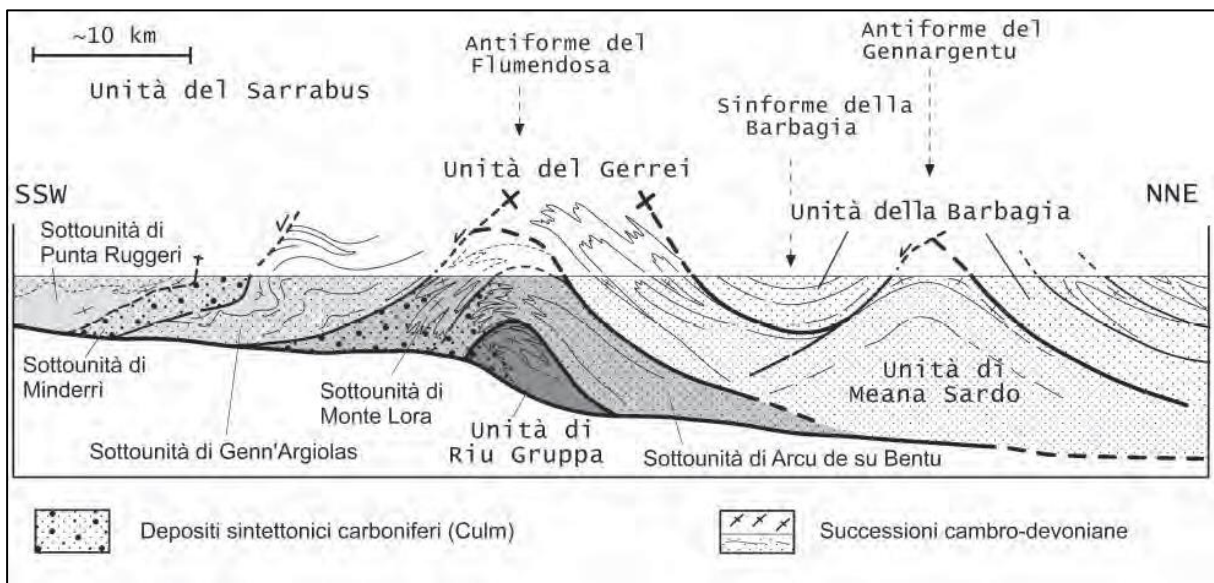


Figura 5: Profilo schematico attraverso la struttura a falde del basamento paleozoico della Sardegna sud-orientale. Tratta da NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTOGEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 foglio 541 JERZU

In riferimento alla cartografia geologica al 100.000, vengono menzionate come Filladi Grigie del Gennargentu, nel foglio 207 Nuoro (Cavinato, 1976), tutte le metamorfite di basso grado del Gennargentu. Le quali vengono distinte più a sud, nel foglio 218 Isili, con il termine "scisti filladici, arenacei e micascisti", conosciuti in letteratura come "Postgotlandiano". Da studi recenti è stato accertato come queste metamorfite costituiscano un complesso comprendente diverse unità tettoniche, dove sono stati riconosciuti termini databili tra Cambriano ed il Carbonifero inferiore (Dessau et alii, 1982). Sebbene esistano delle somiglianze tra l'unità della

Barbagia (che costituisce il basamento nell'area di studio) e le Arenarie di San Vito, a causa dell'assenza di record paleontologici non è stata effettuata alcuna correlazione tra queste due unità. Tuttavia non si può istituire una nuova unità formazionale in quanto è necessaria una mappatura geologica più estesa. Gli affioramenti appartenenti al basamento varisico sono riferiti all'Unità tettonica della Barbagia, e sono costituiti da: Alternanze di metarenarie, quarziti e filladi (Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu, "Postgotlandiano" *Auct.*). Successioni terrigene prevalentemente attribuite al Cambriano-Ordoviciano inferiore e subordinatamente all'Ordoviciano superiore e al Devoniano-Carbonifero inferiore.

Filladi e quarziti carboniose attribuite per analogia litologica al Siluriano-Devoniano.

Nella carta geologica della Sardegna in scala 1:200.000 (Carmignani et al., 2000), i termini a) e b) vengono indicati come successioni terrigene di età incerta. Il record paleontologico è completamente assente. Anche le datazioni basate sul confronto litologico divengono sempre meno attendibili con l'aumentare del grado metamorfico verso N. Tali termini fanno parte entrambi del basamento sardo, che risulta essere una porzione della Catena varisica sud-europea, separatosi dal continente nel Miocene inferiore. Le ricostruzioni pre-deriva Miocenica indicano che le strutture fondamentali del basamento varisico delle due isole trovano la loro prosecuzione in Provenza e Catalogna (Matte, 1986; Vai & Coccozza, 1986). L'orogenesi varisica è andata a causare intense deformazioni, un metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale. Le litologie vengono indicate nella carta 1:200000 con la sigla 47: esse costituiscono la gran parte del basamento metamorfico affiorante nell'area del Gennargentu, Nuorese, Goceano e nella Nurra. Un'ulteriore suddivisione prevede la distinzione in 47b metamorfici della zona a muscovite e 47a quelle della zona a biotite in affioramenti più a nord. Proprio le successioni terrigene attribuite al Cambriano-Ordoviciano inferiore e subordinatamente all'Ordoviciano superiore e al Devoniano-Carbonifero inferiore (47b), che risultano essere le metamorfiti di più basso grado, affiorano presso la nostra area di interesse. Esse formano alternanze di livelli da metrici a decimetrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzifere e filladi. La colorazione di quest'ultima litologia va dal grigio chiaro al viola al verde. Non è comunque possibile dare una stima precisa della potenza di questa unità, a causa del complesso assetto tettonico

### **3.4 Mesozoico:**

Per quanto riguarda le formazioni Mesozoiche presenti nell'area possiamo annoverare: la Formazione di Genna Selole, unità a composizione da silicoclastica a mista carbonatico-silicoclastica (Giurassico medio; Bajociano - Bathoniano) la Formazione di Dorgali, nel settore

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

dei Tacchi costituita interamente da dolomie (Giurassico medio-superiore; Bathoniano-Kimmeridgiano). la Formazione di Genna Silana, costituita da calcari compatti (Giurassico Superiore)

#### **4. DESCRIZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO.**

In riferimento alla carta geologica d'Italia, in particolare al foglio 541 alla scala 1:50.000 "Jerzu", le litologie affioranti nel settore in cui verranno realizzati gli aerogeneratori, sono riportate di seguito (dalla più antica alla più recente):

- **MSV]** Formazione di Santa Vittoria [Ordoviciano medio]
- **SGA]** Scisti a graptoliti Metapeliti carboniose nere con rari graptoliti; alternate a metasiltiti. Frequenti livelli di diaspri neri (liditi) [Siluriano – Devoniano medio]
- **ORR]** Formazione di Orroleddu [Ordoviciano Superiore] Alternanze irregolari di metarenarie, metarenarie quarzose talora grossolane, filladi e metasiltiti talora fossilifere, con intercalazioni di metaconglomerati minuti in strati decimetrici. [Ordoviciano Superiore]
- **SVI]** Arenarie di San Vito [Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
- **GEN]** Formazione delle filladi grigie del Gennargentu [ Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
- **pa]** Porfiri quarziferi [Permiano]
- **DOR]** Formazione di Dorgali [Dogger - Malm]
- **GNS]** Formazione di Genna Selole [Dogger]
- **b2]** Coltri eluvio-colluviali [Olocene]
- **a1]** Depositi di frana [Olocene]
- **a]** Depositi di versante [Olocene]
- **h]** Depositi antropici [Olocene]

**MSV.** Metavulcaniti con chimismo da acido a basico, metaepiclastiti, metarenarie feldspatiche metaconglomerati a componente vulcanica. È una litostratigrafia individuabile in un ampio affioramento a sud ovest della carta geologica, in corrispondenza dell'Unità di Meana Sardo, dove è rappresentata da due formazioni, dalla formazione di M. Corte Cerbos (metariolitiafiriche), su cui si sovrappone la formazione di Manixeddu (metaepiclastiti derivate dallo smantellamento di vulcaniti acide) e la formazione di Serra Tonnai (metagrovacche vulcaniche e metandesiti).

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

**SGA.** Metapeliti carboniose nere con rari graptoliti; alternate a metasiltiti. Frequenti livelli di diaspri neri (liditi), presente in un piccolo affioramento presso Riu Miana, costituita da argilloscisti con pirite, localmente intercalato da liditi e metacalcari.

**SVI.** Alternanze irregolari di strati, da decimetrici a metrici, di metarenarie quarzoso-micacee e sottili livelli di metapeliti con laminazioni piano parallele ed incrociate. Livelli di metaconglomerati quarzosi minuti nella parte alta. Suddetta formazione è presente in ridotti affioramenti nell'area, risulta intrusa dai porfidi permiani.

**GEN.** Si tratta di una monotona, irregolare alternanza di livelli da metrici a decimetrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzifere e filladi. Le filladi hanno colori da grigio chiaro a grigio scuro e verdastro. Localmente prevalgono termini più quarziticci, in banchi di vari metri di spessore, oppure metarenarie fini e metasiltiti. A causa della complessa tettonica locale, lo spessore originario non è valutabile. Lo spessore apparente è maggiore di 1.000 m. Il contatto di base è tettonico. Essa poggia su vari termini dell'Unità di Meana Sardo. Nel sito è la litologia prevalente, a causa delle intense deformazioni risulta complicato definire l'andamento generale degli strati, tuttavia si nota in linea di massima un'immersione prevalente a NE, con inclinazioni relativamente blande variabili da 10° a 20°.

**pa.** Lave in colata ed amassi subvulcanici di composizione da riolitica a dacitica, a grana da minuta a media, a struttura porfirica frequente, talvolta con evidenti strutture di flusso, rari livelli di breccie vulcaniche e tufi riolitici. Tale litologia è stata messa in posto a seguito di processi tettonici transpressivi, collegati all'apertura dei bacini permiani (piggy back basin), la colorazione delle rocce è fortemente influenzata dalle formazioni attraversate, in relazione ai diversi processi di alterazione. In bibliografia viene descritta come sequenza vulcanica caratterizzata da grande varietà di strutture da colate laviche a lave autobrecciate, come riscontrato presso la postazione J07.

**GNS.** Questa unità affiora alla base dei tacchi, spesso con spessori modesti talvolta a seconda della morfologia del basamento non è presente (come ad esempio in prossimità dei paleoalti). Presso la S.P. 13 (fronte postazione J01) è chiaramente visibile la discordanza angolare tra basamento e litologie mesozoiche con alla base la Formazione silicoclastica-carbonatica di Genna Selole, su cui poggiano le dolomie massive della Formazione di Dorgali. La deposizione di questa Formazione è avvenuta in un'ampia fascia

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

di ambienti variabili da continentale a marino troviamo rispettivamente dal basso verso l'alto:

- A.** Depositi conglomeratici, e arenacei, a gradazione diretta, i clasti provengono in gran parte dallo smantellamento del basamento metamorfico.
- B.** Depositi argillosi, intervallati da livelli carboniosi.
- C.** Calcari compatti, intervallati da livelli limosi.

Verosimilmente la deposizione dei diversi strati è avvenuta contemporaneamente, in continuità laterale. Talvolta alla base del conglomerato affiorano paleosuoli ricchi in ossidi e idrossidi di ferro (il cosiddetto "Ferro dei Tacchi" Auct., vedi Cap.VIII di queste note), derivati da una lunga evoluzione pedogenetica di tipo lateritico in clima caldo-umido (VARDABASSO, 1952; MARINI, 1984), come riscontrabile presso Corongiu.

**DOR.** Litologie carbonatiche a composizione variabile da termini dolomitici a termini calcarei. Strati massivi con potenze massime rilevate nell'area di circa 700m, talvolta a causa degli intensi processi di dolomitizzazione non è evidente la stratificazione. Nell'area in esame tale formazione è localizzabile presso punta Corongiu.

**b<sub>2</sub>.** coperture residuali, prodotti dall'alterazione del substrato roccioso, accumulati in aree sub-pianeggianti con reticolo idrografico poco inciso. La composizione e l'aspetto dei depositi varia a seconda della natura delle rocce alterate, si segnala la presenza nel Tacco di Jerzu, presso la dolina in località Gessitu.

**a.** Si tratta di depositi, talvolta monogenici in genere sciolti o poco cementati, eterogenei con clasti a dimensioni variabili da metrici a centimetrici, solitamente con matrice sabbiosa. Si segnala la presenza in diversi impluvi e nei bordi dei tavolati calcarei.

**a<sub>1</sub>.** Caratteristici depositi caotici di versante, attribuibili a processi gravitativi di crollo e ribaltamento delle cornici carbonatiche.

**h.** Depositi attribuibili a corpi di discarica o sterile derivato da coltivazioni minerarie.

Nell'allegato 1, è riportata la carta geologica dell'area in scala 1:10000.



## **5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

L'area geomorfologicamente è caratterizzata dalla presenza dei cosiddetti tacchi, rilievi tabulari limitati lateralmente da orli di scarpata, con altezze variabili da 600 a 1000 m.s.l.m visibilmente molto caratteristici. Testimoni dei depositi carbonatici mesozoici che un tempo ricoprivano quasi uniformemente l'intera isola successivamente frammentati ed erosi a in seguito a fenomeni tettonici di ringiovanimento tettonico, le superfici dei tavolati sono soggetti ai fenomeni di carsismo, che hanno scolpito strette valli sospese, doline e campi solcati. Presso punta Corongiu è caratteristico l'andamento a gradoni dei versanti, generato dall'erosione differenziale, a causa della differente competenza delle litologie carbonatiche. I sistemi di faglie normali hanno prevalentemente andamento NW-SE, NS e NE-SW, con la caratteristica struttura a gradinata degradante da NE verso SW, con altezze massime dei tavolati carbonatici ("tacchi") con circa 800-1000 m ai 600 m degli altopiani post-ercinici peneplanati, dove sorge il parco eolico. Il peneplano (con una quota media di 600m), è delimitato da profonde incisioni e versanti con forte acclività, che hanno impedito l'uso intensivo della zona, gli aerogeneratori vengono posizionati sugli ampi crinali dei rilievi, che permettono la collocazione delle piazzole eoliche. Ai margini perimetrali i tavolati carbonatici, poggiano talvolta su depositi basali argillosi mesozoici o direttamente sulle metamorfite erciniche, in corrispondenza di tali contatti si segnala la presenza di sorgenti, cascate e depositi di travertino in cascate o terrazzi. La giacitura degli strati influenza fortemente la forma delle valli, prevalentemente strette e a V simmetriche, i corsi d'acqua e le valli risultano molto incise, talvolta incassate a causa dei fenomeni tettonici di ringiovanimento, con un andamento prevalentemente dendritico tortuoso fino a meandriforme. La genesi dei meandri incassati visibili nella parte alta del Rio Quirra, è riconducibile a fenomeni di ringiovanimento che hanno portato ad un'intensa ripresa dell'erosione verticale in età post-ercinica, con una successiva accentuazione plio-quadernaria.

## 6. IDROGEOLOGIA

Nell'area affiorano tre principali unità idrogeologiche, distinte in base alla porosità e al tipo di circolazione (Figura 6):

- medio-bassa per fratturazione, tipica delle successioni metamorfiche erciniche e i sedimenti mesozoici basali a carattere arenaceo argilloso (formazione di Nurri-Escalaplano);
- medio-alta per fratturazione, dolomie mesozoiche;
- alta per porosità, tipica dei depositi di versante.

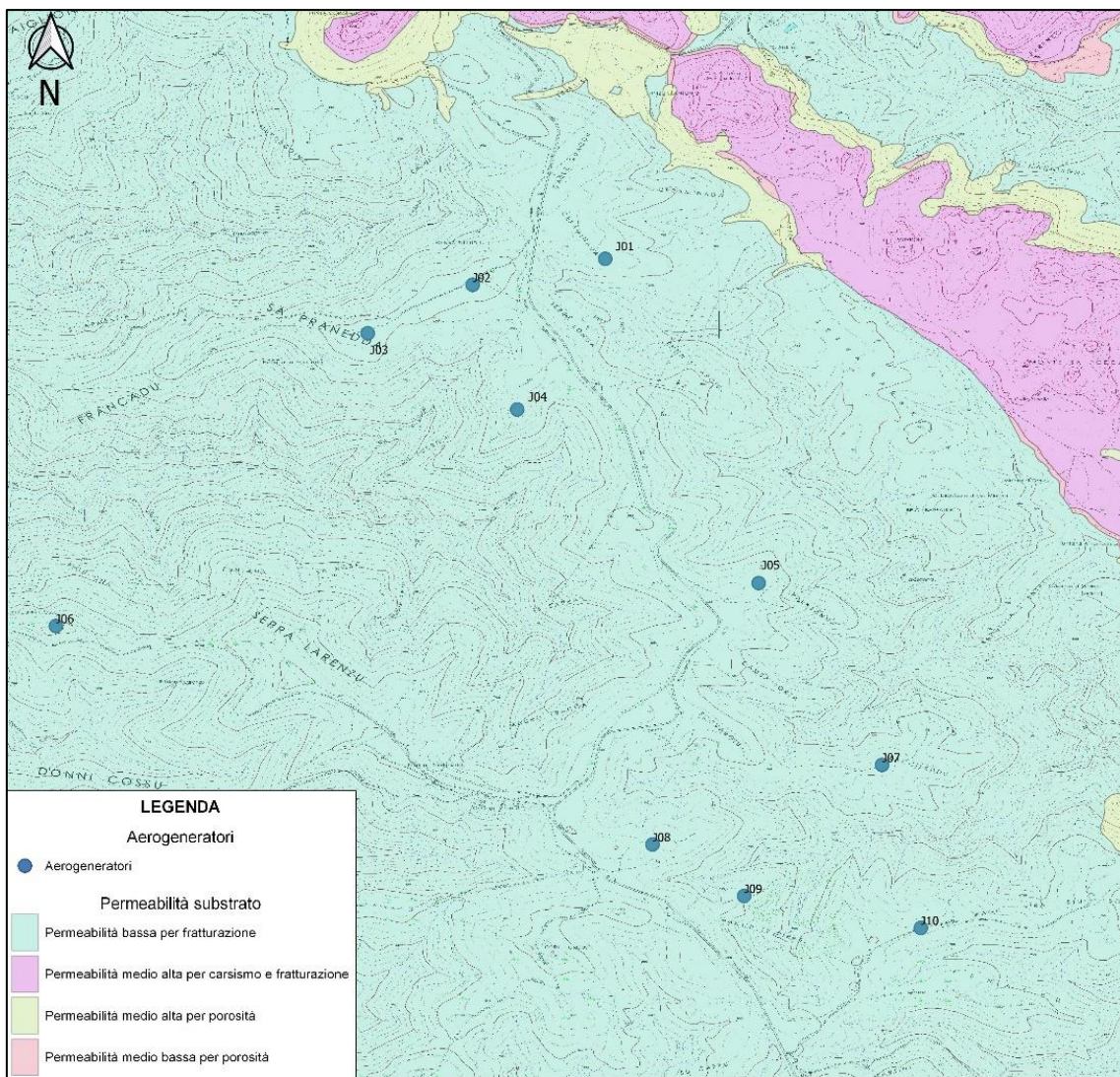


Figura 6: Carta delle permeabilità.

*Unità idrogeologica metamorfica e sedimenti basali mesozoici.*

Costituita da filladi e da metarenarie caratterizzata da permeabilità variabili, le aree che presentano una circolazione d'acqua consistente, sono interessate principalmente da deformazioni tettoniche e da profonde alterazioni, tuttavia risultano sede di falde molto modeste a carattere perlopiù stagionale. In questa categoria rientrano anche i depositi basali mesozoici, con permeabilità variabili da bassa a nulla nelle aree in cui affiorano i termini argillosi della Formazione.

*Unità idrogeologica carbonatico-silicoclastica mesozoica.*

La copertura carbonatica, con permeabilità localmente alta, dovuta alla fratturazione causata dai processi tettonici e dai fenomeni carsici (porosità secondaria). La presenza dei depositi argillosi basali permette l'affioramento della falda, dando luogo a numerose scaturigini, che in caso di condizioni giaciture favorevoli possono essere perenni anche se con portate modeste. Gli acquiferi più importanti per l'approvvigionamento idrico, sono individuabili proprio in questa unità, grazie all'alto coefficiente di immagazzinamento inoltre il tasso di evapotraspirazione è molto basso e il deflusso superficiale è praticamente inesistente.

*Unità sedimentaria quaternaria.*

I versanti dei tavolati calcarei, sono caratterizzati dalla presenza di una coltre detritica eterogenea con potenze variabili, che deriva dall'erosione e dal crollo dei depositi carbonatici. Presentano un'ottima conducibilità idraulica tuttavia a causa della scarsa potenza e dalla forte inclinazione, non permettono l'immagazzinamento di volumi consistenti d'acqua e fungono esclusivamente come termini di passaggio alle litologie meno permeabili del basamento ercinico come si osserva al contatto tra Monte Corongiu e il basamento.

## **7. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO**

La Sardegna presenta un clima marcatamente mediterraneo insulare, caratterizzato da giornate prevalentemente soleggiate, temperature miti e piogge raramente abbondanti. Le piogge sull'isola si presentano spesso intense e non durature, a carattere di rovescio; risultano molto scarse nel Campidano e lungo le coste meridionali, ove cadono meno di 400 mm (valori confrontabili con quelli delle zone semiaride), mentre si attestano tra i 600-700 mm sulle zone interne collinari e più in generale su gran parte dell'Isola. La piovosità maggiore è raggiunta sul massiccio del Gennargentu, dove le precipitazioni possono cadere sotto forma nevosa durante la stagione invernale, superando i 1000 mm. Le correnti oceaniche influenzano maggiormente il versante occidentale della Sardegna, dove le precipitazioni localmente, superano i 700-800 mm annui, anche se, successivamente, durante l'estate, tale area risulta essere tra le più secche dell'Isola. La Sardegna, lontana dagli ostacoli orografici delle grandi masse continentali, è spesso soggetta a venti intensi in qualsiasi periodo dell'anno. I venti più frequenti e forti sono il Maestrale, lo Scirocco e il Libeccio. In inverno, lo Scirocco, richiamato da perturbazioni afromediterranee apporta intense ondate di maltempo sulla Sardegna meridionale, mentre il Libeccio ed il Maestrale favoriscono le piogge sulla parte Occidentale. Il Maestrale è anche responsabile di episodi di freddo e neve invernale, trasportando con sé l'aria artica che sfocia dalla Valle del Rodano nel Mediterraneo. In estate, lo Scirocco porta con sé aria molto calda e asciutta dai deserti nordafricani, la quale spesso si accompagna al pulviscolo sahariano e a temperature elevatissime. Tali avvezioni di aria calda annunciano l'arrivo dell'Anticiclone africano che in estate permane a lungo su queste zone del Mediterraneo. Sotto il profilo termico, la Sardegna presenta un clima molto mite con estati molto calde ed inverni miti. Le temperature medie annuali si attestano tra i 15 ed i 18°C. In estate le temperature superano i 30 °C diffusamente, financo a raggiungere la soglia dei 40 °C. D'inverno le temperature restano miti, in particolare nelle coste, mentre possono scendere sotto 0 °C sui settori interni in quota. Dalle tabelle pluviometriche, riferite alle stazioni meteorologiche di Perdasdefogu e Tertenia (Tabella 1), si evince che le precipitazioni annue complessive (media tra i dati delle stazioni di Perdasdefogu e Tertenia) ammontano a 803 mm. Le maggiori precipitazioni (579 mm) cadono nel semestre autunno-inverno, mentre nel semestre primavera-estate cadono 223 mm di pioggia. Il mese meno piovoso risulta essere quello di luglio, in cui le precipitazioni sono pari a 18 mm.

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**


---

Stazione	nord	nord-est	est	sud-est	sud	sud-ovest	ovest	nord-ovest	direzione variabile o calma di vento
Capo Frasca (Arbus)	10.41	3.97	9.62	15.94	2.00	9.72	19.83	28.26	0.26
Decimomannu	10.94	2.10	2.78	23.17	14.71	3.62	9.10	32.97	0.62
Elmas	14.68	0.84	4.35	17.68	20.85	2.36	11.98	27.11	0.15
Spalmatoreddu (Carloforte)	15.02	3.83	6.42	10.62	8.98	6.68	10.31	38.14	0.00
Fonni	6.79	6.60	7.94	6.58	5.40	16.00	33.60	16.41	0.67
Capo Bellavista (Arbatax)	8.34	15.07	10.94	7.98	15.45	5.23	15.70	21.19	0.10
Perdasdefogu	2.05	6.28	22.53	11.63	1.20	10.13	39.10	6.44	0.63

*Tabella 1: Precipitazioni medie.*

## **8. STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.**

Gli aerogeneratori in progetto saranno collocati nelle creste allungate dei rilievi collinari, i quali hanno evidenziato un'esigua copertura detritica e un substrato costituito dalle litologie facenti parte del basamento ercinico; in particolare 7 aerogeneratori (J01, J02, J03, J04, J05 e J08) ricadono nella Formazione delle filladi grigie del Gennargentu, mentre i restanti 3 (J07, J09, J10) nella formazione di Monte Santa Vittoria.

Di seguito le litologie interagenti con le strutture di fondazione interagenti con le strutture da realizzare.

### **J01**

La costruzione degli aerogeneratori in località Ceraminada sarà correlata dalla realizzazione di una pista di circa 340m che collegherà la piazzola J01 (Figura 7: Piazzola J01 da SP 13.) alla SP. N.13, la litologia prevalente è costituita dalla Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu, dotate di buone caratteristiche geomeccaniche; si segnala la presenza di una sottile coltre detritica. La morfologia è relativamente dolce (Figura 8: Affioramento J01.), caratterizzata da una cresta ampia che si sviluppa da ovest a est, degrada gradualmente a nord, mentre a Sud è interrotto da un ripido pendio. Gli strati complessivamente sono in reggipoggio rispetto al versante nord, il clivaggio ha direzione N320 e immerge verso ovest.

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---



*Figura 7: Piazzola J01 da SP 13.*



*Figura 8: Affioramento J01.*

## **J02-J03-J04-J05-J06-J08**

L'assetto geologico e geomorfologico dell'area in cui sorgeranno gli aerogeneratori denominati J02 e J03 è analogo, entrambe sorgeranno presso la località "Sa Pranedda" (Figura 9-Figura 10), in affioramento si rileva la presenza predominante delle filladi erciniche, a nord dell'aerogeneratore J03 è presente un corpo filoniano costituito da porfidi quarziferi permiani, i quali tagliano le litologie metamorfiche. La cresta si sviluppa da est verso ovest, presenta un versante più inclinato a sud a causa della giacitura a reggipoggio degli strati, mentre a sud gli strati sono a franapoggio con un'inclinazione di circa 15°. Presso la piazzola J04 (Figura 11), affiorano le filladi grigie del Gennargentu con direzione di clivaggio N75 con una debole inclinazione di 15° verso ovest. Presso la piazzola J05 (Figura 12) situata a circa 820 s.l.m, si segnala una consistente copertura detritica, dovuta all'alterazione del substrato metamorfico, situazione analoga è riscontrabile presso l'aerogeneratore J08. Presso l'area in cui sorgerà l'aerogeneratore J06 l'assetto geologico è analogo a quelli sopra descritti, tuttavia morfologicamente è caratterizzata da una cresta meno ampia e limitata lateralmente da versanti più ripidi.



*Figura 9: Piazzola J02.*



**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**



*Figura 10: Affioramento J04*



*Figura 11: Piazzola J04.*

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---



*Figura 12: Copertura detritica J05.*



*Figura 13: Affioramento "Arenarie Grigie del Gennargentu" J07.*

## **J07.**

A circa 800m di quota sorgerà l'aerogeneratore denominato J07 (Figura 13); l'area morfologicamente è caratterizzata da una cresta che si sviluppa dalla provinciale N.13 per circa 1km, in affioramento sono presenti sia le metarenarie della formazione di San Vito che i porfidi permiani (Figura 14).



*Figura 14: Contatto porfidi-metarenarie.*

## **J09-J10**

Le postazioni J09 e J10 sono ubicate a circa 790 metri s.l.m. su creste allungate, delimitate da versanti, in località Baccu is Piras. In corrispondenza di tali postazioni affiora la Formazione di Monte Santa Vittoria, qui data da metagrovacche vulcaniche, metapeliti e micascisti. Trattasi di rocce bruno-giallastre, con superfici di scistosità parzialmente ossidate e fratturate con giunti suborizzontali e subverticali, debolmente beanti e talvolta riempiti di limo; In superficie presentano patine nerastre di ossidazione. Tra i due punti di interesse è presente in affioramento la formazione di San Vito con contatto tettonico a sud in sovrascorrimento secondario localmente riattivato come faglia diretta.

## 9. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Gli indicatori di riferimento per la definizione della sismicità sono l'accelerazione di picco su terreno rigido ( $a_g$ ) e intensità macrosismica (Figura 15). Il primo parametro è una grandezza di interesse ingegneristico utilizzata nella progettazione da cui scaturiscono le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica, mentre l'intensità macrosismica descrive il grado di danneggiamento causato da un evento sismico. La normativa entrata in vigore dal 25.10.2015, in seguito alla stesura del 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*» in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006.

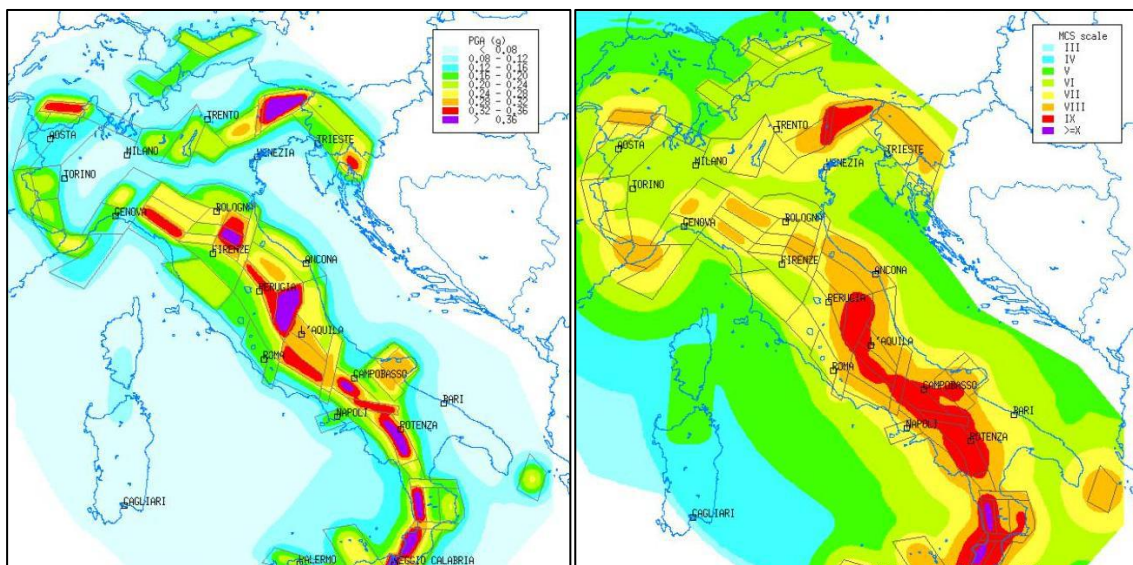


Figura 15: Zonazione Sismica

Di fatto, sparisce il territorio “non classificato”, e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l’obbligo della progettazione antisismica, in cui ricade la Sardegna.

**Zona 1** – E’ la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta

**Zona 2** – In questa zona forti terremoti sono possibili

**Zona 3** – In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2

**Zona 4** – E' la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

La pericolosità sismica espressa come probabilità in eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con 4 livelli decrescenti di pericolosità e altrettanti range di valori di accelerazione orizzontale massima del 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 alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

L'attribuzione a una delle 4 zone sismiche, viene eseguita tenendo conto dei valori di accelerazione orizzontale massima del suolo ( $a_{g475}$ ), con una tolleranza di 0,025g (espresso in frazione dell'accelerazione di gravità), a ogni area sarà attribuito un valore di  $a_g$ , il quale verrà considerato in sede di progettazione.

In seguito all'entrata in vigore delle NTC 2008, anche per le aree ricadenti in zona 4 (aree a bassa sismicità), è necessario stimare la pericolosità sismica, che si basa su una griglia di 10751 punti, per ogni nodo vengono forniti i seguenti valori:

<b>Zona sismica</b>	<b>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (<math>a_g</math>)</b>
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

dove  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima del terreno;

F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T\*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**


---

Solo per alcune aree con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono riportati nella Tabella 2 allegata alle NTC 2008 riportata di seguito:

Isole	T <sub>R</sub> =30			T <sub>R</sub> =50			T <sub>R</sub> =72			T <sub>R</sub> =101			T <sub>R</sub> =140			T <sub>R</sub> =201			T <sub>R</sub> =475			T <sub>R</sub> =975			T <sub>R</sub> =2475		
	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub>
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401

*Tabella 2: Valori di riferimento aree a bassa sismicità.*

In conclusione la regione Sardegna ricade in Zona di pericolosità sismica 4, caratterizzata da un valore di ag relativamente poco incisivo, compreso tra 0,025g e 0,05g da adottare in fase di progettazione. Pur tuttavia, con l'approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo caso per le verifiche geotecniche sarà obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite. Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I<sub>max</sub> (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<sub>max</sub>/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.

### **9.3 Sismicità storica dell'area**

L'attività tettonica nel settore considerato, come per tutta l'Isola, è molto bassa in virtù della generale stabilità del blocco sardo-corso negli ultimi 7 m.a. e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore e Olocene) se non quelle dovute a fenomeni di subsidenza. Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

dal sito web “DBMI04”, per l’Isola non sono segnalati 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. Altri terremoti degni di nota (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 i dintorni di 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 9 novembre 2010, nella costa NW dell’Isola.

Altri episodi, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati in Sardegna nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 di ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità. Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore a 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).

Nell’area di interesse. 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  $\geq 5$  o con magnitudo (Mw)  $\geq 4$  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  $\geq 5$  e d’interesse per l’Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Il catalogo storico dei terremoti, secondo i dati dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (sito internet [www.ingv.it](http://www.ingv.it)) indica solo 2 eventi nel nord Sardegna, entrambi di magnitudo  $< 5$ , avvenuti nel 1838 e nel 1948. Il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

anni registrata dalla rete nazionale) riporta n. 9 terremoti avvenuti nel Tirreno (Tabella 3), di magnitudo Richter < 5, ed epicentri perlopiù localizzati a largo della costa nord-orientale dell'isola e n. 2 terremoti a largo della costa meridionale (come gli ultimi eventi del marzo 2006).





#### **9.4 Caratterizzazione del sottosuolo**

Con lo scopo di definire l'interazione tra opere e azioni sismiche, come stabilito dal D.M. del 17.01.2018, deve essere stimata l'azione del moto superficiale in base alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche. Adottando l'approccio semplificato, si effettua una classificazione delle litologie comprese tra piano campagna e il "bedrock", stimando la velocità media delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  in m/s con la formula:

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

Dove:

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -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  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$  ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A – Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B – Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < \text{NSPT} < 50$ ,  $70 < \text{cu} < 180$  m/s  $\text{NSPT} < 15$ ,  $\text{cu} > 800$  m/s).

In aggiunta se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $\text{PI} > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30  $< 100$  m/s ( $10 < \text{cu} < 20$  kPa)

S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali sui specifici siti di intervento, preso atto della diffusa presenza del substrato roccioso in tutte le previste postazioni e con il conforto dei risultati delle indagini sismiche con metodologia MASW riferite alle piazzole vicine («Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione sismica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello. ) in condizioni geologiche simili, si può sin d'ora prevedere una categoria di sottosuolo "A".

Infatti dalle elaborazioni eseguite con software dedicato, assumendo il piano di posa delle fondazioni a -3,00 m 0,00 m, è scaturito in tutti i casi  $V_{\text{seq}} > 800$  m/s

## 10. MODELLO GEOTECNICO.

Riepilogando quanto descritto nella descrizione geologica del sito, le aree che ospiteranno le opere sono situate prevalentemente su un substrato roccioso costituito da metamorfiti afferenti al basamento ercinico, sormontate da una coltre detritica con una potenza generalmente dell'ordine del metro.

### 10.1 Valutazione parametri geotecnici.

Le considerazioni di seguito elencate, terranno conto dei sondaggi effettuati in fase esecutiva per l'ampliamento del Parco eolico Maistu, riportate nell'elaborato tecnico, e il modello geotecnico ipotizzato presso la stazione 105 nella relazione geologica-geotecnica del progetto definitivo.<sup>2</sup>

*Tabella 4: Valori geotecnici indicativi.*

Strato	Spessore medio presunto (m)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (kN/m <sup>3</sup> )	E <sub>M</sub> (MPa)	Litologia
1	1	9,8	23	20	4,4	Copertura detritica molto alterata e decompressa
2	9	175	22,5	25	215	Metamorfiti fratturate
3	20	250	26	25	360	Metamorfiti massive
4	25	175	22,5	25	215	Metamorfiti fratturate

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; E<sub>M</sub>: Modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso

#### *Coltre detritica di alterazione*

Con spessori irregolari, raramente superiori al metro in nei pressi delle creste, è comunque da escludere un appoggio delle fondazioni su tali depositi, in quanto fortemente eterogeneo e con scarse qualità geotecniche, assimilabile come terreno puramente attritivo. Di seguito vengono elencati dei parametri orientativi, rilevati in fase esecutiva.

#### *Basamento metamorfico*

<sup>2</sup> "Parco eolico MAISTU Ampliamento del Parco Eolico di Ulassainei comuni di Ulassai e Perdasdefogu (OG) PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Le fondazioni degli aerogeneratori saranno intestate nel basamento metamorfico costituito da litologie appartenenti alla Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu e le vulcaniti metamorfiche della formazione di Santa Vittoria. Solitamente al di sotto di una coltre di alterazione del substrato lapideo, potente 3-7 metri, intensamente decompressa, alterata e parzialmente ossidata è presente mentre più in profondità questa risulta poco fratturata, scomposta talvolta secondo i piani di clivaggio, i pochi giunti di taglio sono obliqui o molto inclinati, piani o debolmente scabri, serrati.

## **10.2 Classificazione ammasso roccioso.**

In base alle considerazioni fatte precedentemente, tenendo conto dei dati raccolti durante le precedenti campagne di indagini e dalle scelte eseguite in fase esecutiva, è consigliabile che le fondazioni degli aerogeneratori saranno intestate a contatto diretto con le formazioni litoidi. Ferma restando la necessità di validare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali, da eseguirsi ad hoc in sede di progettazione esecutiva. Il capitolo 6.4.2 delle N.T.C 2018 specifico delle “fondazioni superficiali” sintetizza gli accorgimenti progettuali del complesso opera-fondazione ponendo accento specifico sull'individuazione del piano di fondazione così come di seguito riportato: *La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali. Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua. In situazioni nelle quali sono possibili fenomeni di erosione o di scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale, le fondazioni devono essere poste a profondità tale da non risentire di questi fenomeni o devono essere adeguatamente difese.* Considerando quanto specificato precedentemente, in via preliminare è possibile ricavare dei dati geotecnici generali, in base alla classificazione degli ammassi rocciosi che sfruttano il criterio di rottura di Hoek-Brown (**A**) e la classificazione di Bieniawski (**B**):

- A.** Utilizzando il software RocLab v.1.004, partendo dalle equazioni di Hoek-Brown e Hoek-Diederchs vengono determinati i valori equivalenti di Mohr-Coulomb per l'ammasso litoide in esame (Figura 16-Figura 17-Tabella 4), considerando che l'intervallo di stress associato è con la rottura fragile si verifica quando la pressione massima di confinamento  $\sigma_{3max}$  è minore di circa un quarto della resistenza a

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

compressione monoassiale della roccia intatta *sigci* (*Intact uniformal compressive strenght*).

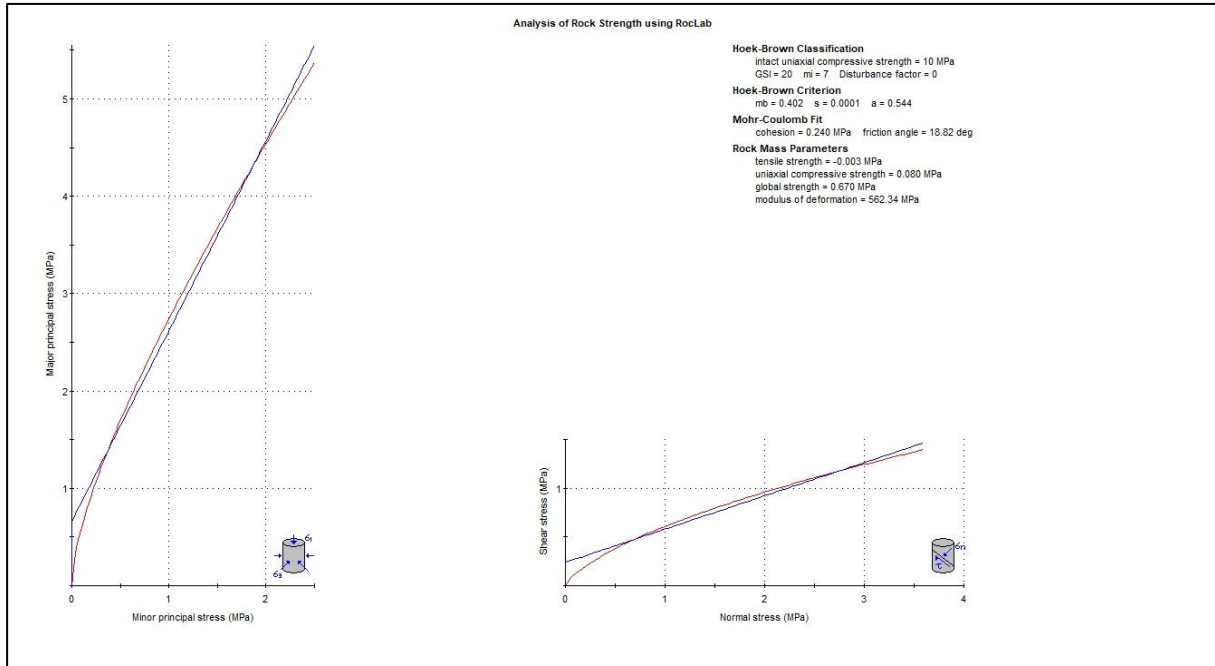


Figura 16: Determinazione dei parametri geotecnici con il criterio di Hoek-Brown le metamorfite alterate.

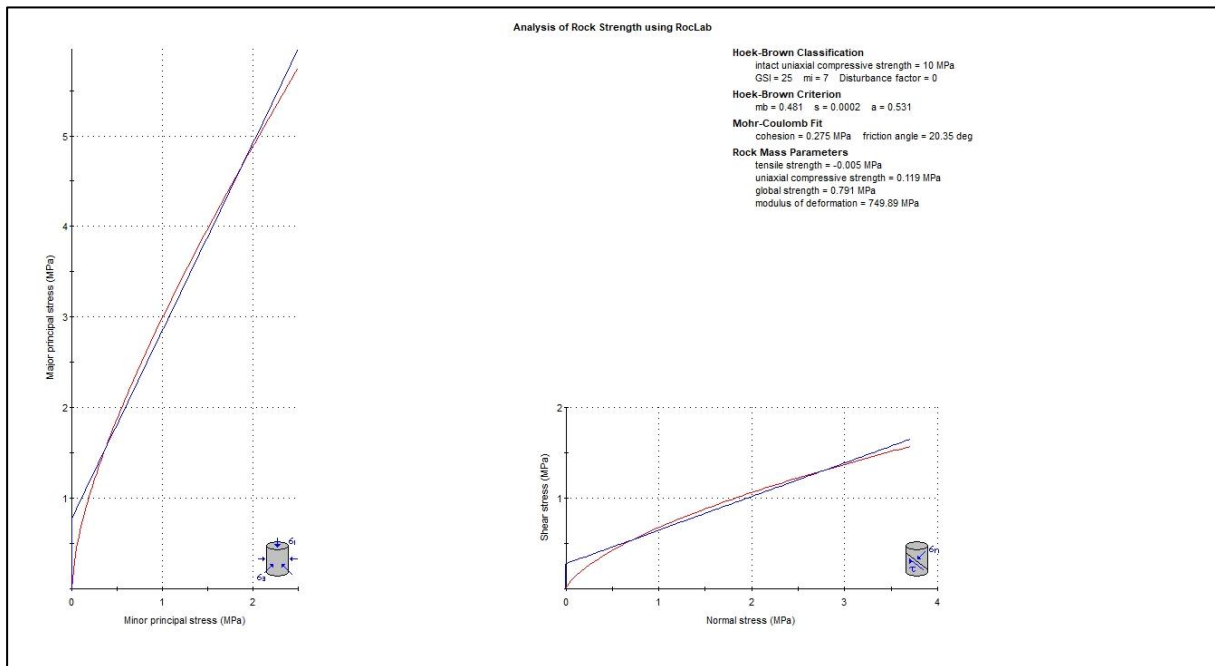


Figura 17: Determinazione dei parametri geotecnici con il criterio di Hoek-Brown le metamorfite.

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

Parametro	Metamorfiti fratturate	Metamorfiti massive
<b>Coesione (Mpa)</b>	<b>0,240</b>	<b>0,275</b>
<b>Angolo di attrito interno (°)</b>	<b>18,82</b>	<b>20,35</b>
<b>Modulo elastico E (Mpa)</b>	<b>562,34</b>	<b>749,89</b>

Tabella 5: Riepilogo parametri RocLab.

**B.** Dalla classificazione geomeccanica di Bieniawski (1993) si ottiene l'indice Basic RMR (Rock Mass Rating), a tale valore è stato poi sottratto *I<sub>c</sub>* Indice correttivo per l'orientamento dei giunti (fondazioni). A partire dal Basic RMR sono stati determinati i parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso  $\psi$  (angolo di attrito interno), *c* (coesione) ed *E* (modulo elastico), secondo le seguenti formule (risultati Tabella 7):

- $\varphi = 0,5 \text{ BRMR} + 5$
- $c = 5 \text{ BRMR}$
- $E = 2\text{BRMR} - 100$  se  $\text{RMR} > 50$
- $E = 10(\text{RMR} - 10)/40$  se  $\text{RMR} < 50$  (Serafim & Pereira, 1983)

Il valore di resistenza a compressione monoassiale (*A1*), è stato stimato in fase preliminare, mancando prove di campagna o di laboratorio, osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo (Tabella 6). Nelle litologie affioranti si può ipotizzare un valore compreso tra 5-25 Mpa, a cui viene assegnato indice parziale RMR pari a 2. Al fine di avere un risultato più cautelativo si è ipotizzata la presenza di giunti umidi.

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 Mpa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 Mpa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 Mpa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 Mpa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 Mpa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 Mpa
Si scheggia solamente	> 200 Mpa

Tabella 6: Stima resistenza a compressione monoassiale.

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

Indice parziale	Parametro	Metamorfiti fratturate	Metamorfiti fratturate (Valore Indice parziale)	Metamorfiti massive	Metamorfiti massive (Valore Indice parziale)
A1	Resistenza alla compressione monoassiale	5-25	2	5-25	2
A2	RQD %	<25	3	25-50	8
A3	Spaziatura dei giunti	< 60 mm	5	< 60 mm	5
A4	Condizioni dei giunti	Superfici lisce o laminate o riempimento < 5 mm o apertura 1-5 mm. Giunti continui	10	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti roccia molto alterate	20
A5	Acqua	assente		assente	
	Condizioni generali	Giunti umidi	10	Giunti umidi	10
<b>BRMR</b>			<b>30</b>		<b>45</b>
Indice correttivo per l'orientamento dei giunti I <sub>c</sub> (fondazioni)		-7			
<b>RMR</b>			<b>23</b>		<b>38</b>
<b>Classe roccia</b>			<b>IV</b>		<b>IV</b>
<b>Coesione (kPa)</b>			<b>150</b>		<b>225</b>
<b>Angolo di attrito interno (°)</b>			<b>20</b>		<b>27.5</b>
<b>Modulo elastico E (Gpa)</b>			<b>2.1</b>		<b>5.01</b>

*Tabella 7: Valutazione RMR e parametri geotecnici.*



## 11. CONCLUSIONI

Dall'analisi del sito, nel quale si prevede l'installazione dell'impianto eolico in progetto, è evidente che le varie opere saranno realizzate su rocce, appartenenti a quello che viene definito basamento ercinico, caratterizzato, in quest'area della Sardegna, da rocce metamorfiche di basso grado, intensamente deformate. L'alterazione del substrato ha prodotto la coltre detritica che ricopre con spessori raramente superiori al metro il basamento, costituito da clasti a granulometria eterogenea.

Con riferimento alla cartografia CARG (foglio 541 Jerzu), le litologie interessate dalle opere sono:

**MSV.** Formazione di monte Santa Vittoria: Metavulcaniti a chimismo da acido a basico, metaepiclastiti e metaconglomerati (Ordoviciano Medio).

**GEN.** Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu. Irregolare alternanza da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi (Postgotlandiano Auct.).

**pa.** Porfidi quarziferi (Auct.). Lave in colata ed amassi subvulcanici di composizione da riolitica a dacitica, a grana da minuta a media, a struttura porfirica frequente, talvolta con evidenti strutture di flusso, rari livelli di breccie vulcaniche e tufi riolitici (Porfidi quarziferi Auct.).

Nel dettaglio gli aerogeneratori J01, J02, J03, J04, J05 e J08, ricadono nella Formazione delle filladi grigie del Gennargentu (GEN), mentre J07, J09, J10 nelle metagrovacche di Monte Santa Vittoria (MSV). Talvolta è riscontrabile la presenza di una coltre detritica superficiale, che a causa della forte eterogeneità, si raccomanda di escluderla come piano di sedime.

In conclusione, alla luce di quanto osservabile in campo e tenendo conto dei dati provenienti dalle precedenti campagne di indagini, fermo restando dall'imprescindibilità di eseguire gli opportuni accertamenti obbligatori nelle fasi più avanzate di progettazione, si può affermare quanto segue:

le litologie su cui poggeranno le opere sono dotate di buone caratteristiche meccaniche, elevata resistenza al taglio e comprimibilità quasi nulla, ragion per cui costituiscono un basamento altamente performante che non obbliga a delle scelte limitanti in ambito di tipologia delle fondamenta.

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

La valutazione della risposta sismica, è stata realizzata tenendo conto delle precedenti campagne geofisiche, in particolare presso l'area in cui dovrà sorgere l'aerogeneratore J06, considerata la presenza diffusa e quasi omogenea del substrato roccioso, si può già in questa fase attribuire la **categoria di sottosuolo "A"**.

Da cartografia IFFI non emergono fenomeni gravitativi in atto, quiescenti o fossili, la realizzazione delle opere non andrà in alcun modo a perturbare gli equilibri idrogeologici presenti, anche negli areali ricadenti in area Hg3 risultano esenti da condizioni di criticità.

Più precisamente, per quanto attiene alle aree a pericolosità da frana moderata (Hg1), si richiama l'attenzione sul fatto che gli interventi in programma sono ammessi in quanto, fermo restando quanto stabilito dagli artt. 23 e 25, in esse, compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali (art. 34 comma 1 delle Norme di attuazione del PAI). Tale disciplina di competenza comunale attiene alle opere sul patrimonio edilizio esistente, ai mutamenti di destinazione, alle nuove costruzioni, alla realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, ai nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, alle ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

Riguardo le aree con pericolosità media da frana (Hg2) ed elevata (Hg3), le opere ivi ricadenti, sono ammissibili in base al disposto dell'art. 33 delle Norme di Attuazione del PAI (Testo coordinato – Ottobre 2015), il quale stabilisce che (comma 3 lettera a) *«in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti esclusivamente gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici»*

L'evoluzione morfodinamica dell'area non andrà a pregiudicare le opere, a causa di dissesti idraulici in quanto gli interventi ricadono in area esente da condizioni di pericolo da inondazione/allagamento. Il posizionamento delle opere non interferisce con gli elementi idrici presenti, ragion per cui si esclude l'alterazione delle dinamiche di deflusso idrico superficiale.

---

**Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020**

---

Il posizionamento in corrispondenza delle creste allungate e poco inclinate, escluderebbe un'eventuale interazione tra falda e fondazioni, tuttavia non è da escludere presenze di acqua nel sottosuolo di carattere stagionale. Si ritiene per questo, che le opere previste possano realizzarsi senza particolari problematiche di natura geologica/geotecnica, sarà comunque necessario l'esecuzione di mirate indagini geognostiche finalizzate ad approfondire l'assetto locale, in modo da supportare obbligatoriamente la fase di progettazione esecutiva.

Le indagini geognostiche, come previsto dalle N.T.C.2018 “*devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo*”, queste dovranno permettere un'accurata ricostruzione dell'andamento litostratigrafico implementando così il modello geologico, coadiuvando il progettista nella scelta del piano di posa delle fondazioni, nonché migliorare la definizione della risposta sismica dell'area.