

SARDEOLICA S.r.l.

Sesta Strada Ovest - Z.I. Macchiareddu I-09068 Uta (CA)

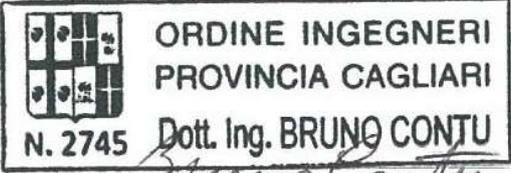
Società del gruppo SARAS

REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "ONANIE" NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ONANI' (NU)

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

ALLEGATO B	Id. elaborato: SIA-ALL-B	Coordinamento: Dott. Ing. Bruno Contu  <i>Bruno Contu</i>	
Rev.	Data		A cura di: Dott. Geol. Michele A. Ena 
0	Settembre 2020		
1	Marzo 2022		
Il Committente: 		Collaborazione: Dott. Geol. Teresa Cossu	
Elaborazione S.I.A.:  ECOS S.R.L. Via Meucci 11a, 09131 CAGLIARI Tel. 07044805 - Fax 0704526095 http://www.ecos-srl.com e-mail: ecos@ecos-srl.com			

INDICE

1. PREMESSA	2
2. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. SINTESI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO, INQUADRAMENTO DELLE PROBLEMATICHE DI NATURA GEOLOGICA E GEOTECNICA CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE, CRITERI DI PROGRAMMAZIONE E ITER METODOLOGICO	4
4. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO	6
5. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO NEL P.A.I. E VINCOLO IDROGEOLOGICO ..8	
5.1. ANALISI VINCOLISTICA P.A.I. – PARTE IDRAULICA.....	8
5.1.1. INTERFERENZE IDRAULICHE E ATTRAVERSAMENTI	14
5.2. ANALISI VINCOLISTICA P.A.I. – PARTE FRANE.....	16
5.3. VINCOLO IDROGEOLOGICO	22
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA VASTA E CONTESTO TETTONICO.....	23
7. ASSETTO GEOLOGICO DI INQUADRAMENTO E RILEVAMENTO GEOLOGICO: DEFINIZIONE DELL'ORIGINE E NATURA DEI LITOTIPI PRESENTI NELL'AREA IN ESAME.....	24
8. SITUAZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE E DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	28
8.1. La Zona A	29
8.2. La Zona B (B1 e B2).....	36
9. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	45
9.1. Considerazioni conclusive all'analisi geomorfologica.....	55
10. LINEAMENTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI	55
10.1. Considerazioni conclusive all'analisi idrogeologica.....	59
11. CONCLUSIONI.....	59



1. PREMESSA

La presente Relazione Geologica, redatta dal Dott. Geol. Michele A. Ena (n. iscr. Ordine Geologi Sardegna 423), con la collaborazione della Dott.ssa Teresa Cossu (n. iscr. Ordine Geologi Sardegna 628), è parte integrante del progetto “Realizzazione del Parco Eolico *Onanie*”, che prevede l’installazione di 6 aerogeneratori da 6,2 MW ciascuno nel territorio comunale di Onani (NU) e la realizzazione di una sottostazione elettrica nel territorio comunale di Buddusò (SS), nelle vicinanze della sottostazione Terna di prossima costruzione, per la connessione del Parco alla Rete di Trasmissione Nazionale, la realizzazione di un cavidotto interrato in territorio di Onani, Bitti (NU) e Buddusò, per il trasporto dell’energia elettrica dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica, nonché la predisposizione della viabilità, delle opere di regimentazione delle acque meteoriche e delle reti tecnologiche a servizio del Parco.

Il presente elaborato ed i relativi allegati sono stati redatti in conformità alla normativa vigente a corredo del Progetto summenzionato, del quale costituiscono parte integrante e non diversamente utilizzabile per scopi ed interventi differenti da quelli di destinazione, illustrati nel seguito.

Il fine dello studio geologico è quello di accertare principalmente l’idoneità in termini geologici e litotecnici dei siti di installazione degli aerogeneratori e delle principali opere connesse (cavidotto, viabilità e sottostazione elettrica), individuando le caratteristiche geolitologiche, litotecniche e morfologiche del territorio interessato per un’area sufficientemente ampia, definita come intorno significativo.

Lo studio vuole quindi pervenire alla definizione, con riferimento al progetto, di un modello geologico riferito al cosiddetto volume significativo, basato sulla conoscenza dei caratteri sopracitati, acquisiti attraverso specifici rilevamenti di superficie, indagini dirette ed analisi di laboratorio su campioni di terreno.

La definizione del modello geologico, inoltre, consentirà di analizzare tutti gli aspetti utili alla caratterizzazione del sito, sia ai fini della realizzazione degli interventi in progetto sia della definizione degli scenari di pericolosità geologica dell’area parco, oltre che all’inquadramento delle problematiche geotecniche a piccola scala (interazione terreno-struttura, stabilità dei terreni).

La redazione della presente Relazione Geologica è stata preceduta da una serie di rilievi sul campo volti alla caratterizzazione dei tipi litologici affioranti, alla interpretazione dei rapporti spaziali intercorrenti tra essi, alla individuazione di particolari strutture tettoniche ed al rilievo in situ dei fattori geologici e geomorfologici utili alla definizione di eventuali processi e dissesti geomorfologici, idrologici ed idraulici in atto o potenziali nell’area indagata.

Nella stesura del presente elaborato si è fatto riferimento alle risultanze di rilievi geologici e geomorfologici condotti in occasione di studi precedentemente effettuati nella zona in esame. Ha inoltre rivestito grande importanza la ricerca bibliografica (scritti e cartografia tematica), necessaria alla ricostruzione dei fenomeni tettonici succedutisi nell’area ed alla definizione geocronologica delle formazioni riscontrate direttamente in affioramento.

Il progetto in esame va ad interessare aree assoggettate a vincolo idrogeologico (istituito e normato con il Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923), ragione per cui la presente Relazione Geologica ha anche il



fine di verificare che gli interventi in progetto non vadano a innescare fenomeni erosivi, ovvero a compromettere la stabilità dei suoli, determinare o favorire fenomeni di denudazione o instabilità dei terreni o turbare il regime delle acque.

2. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi presi in considerazione nel redigere il presente elaborato sono di seguito riportati:

- *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Decreto 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).*
- *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- *DM 14 gennaio 2008. Pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 4 febbraio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e la relativa Circolare 2 febbraio 2009, n. 617.*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.*
- *Eurocodice 8 (1998)*
- *Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture: Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).*
- *Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali – UNI*
- *Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI*
- *Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI*
- *D.M. 11/03/1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.). "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", e relativa Circolare di applicazione LL.PP. 24-09-1988 n. 30483 (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).*
- *Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale (T.U. dell'Ambiente).*
- *Piano Stralcio per L'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (di seguito PAI) e relative Norme di Attuazione del P.A.I., approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006.*



- *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.), approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, con Delibera n. 2 del 17.12.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna.*
- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna (P.G.R.A.), approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016.*
- *Legge 18/05/1989 n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".*
- *D.P.C.M. 29_09_1998 e relativi allegati.*
- *Legge n. 64 del 2 febbraio 1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*
- *Delib. G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31. Pubblicata nel B.U. Sardegna 21 agosto 2004, n. 23. Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- *Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163. Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.*
- *D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554. Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni.*

La normativa vigente precisa che lo studio geologico deve essere esteso ad una zona significativamente ampia, in relazione al tipo di opera ed al contesto geologico in cui questa si colloca. Tali concetti si legano alla propedeuticità di un'analisi del contesto geologico a scala più ampia di quella d'intervento, con la definizione d'ambito morfologico significativo, fisicamente contestualizzato, ed il legame che questo ha con la tipologia dell'opera (fase progettuale).

3. SINTESI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO, INQUADRAMENTO DELLE PROBLEMATICHE DI NATURA GEOLOGICA E GEOTECNICA CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE, CRITERI DI PROGRAMMAZIONE E ITER METODOLOGICO

Si riporta di seguito un breve estratto delle previsioni di progetto; per i dettagli relativi ai singoli interventi si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

Il progetto "Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)" prevede il posizionamento di 6 aerogeneratori posti ad adeguata distanza gli uni dagli altri, così da non interferire dal punto di vista aerodinamico tra loro, in funzione dell'esposizione al vento e dell'impatto visivo. Gli aerogeneratori saranno collegati, mediante cavi interrati (cavidotto), alla rete di trasmissione nazionale attraverso una sottostazione elettrica di smistamento/trasformazione, comprensiva di edificio pertinente.



Nell'ambito dell'intervento in progetto sono inoltre previste minime opere di adeguamento della viabilità esistente o realizzazione di tratti ex novo sia per il collegamento dei singoli aerogeneratori alla rete viaria comunale sia di servizio al cavidotto, oltre che la realizzazione di piazzole di servizio per il montaggio degli aerogeneratori.

Sulla base della sintesi sopra riportata appare evidente che in termini geologici e geotecnici le principali criticità connesse alla realizzazione del progetto in essere siano riferibili:

- a) alla realizzazione delle opere in termini di idoneità dei terreni rispetto ai carichi trasmessi dalle opere di fondazione, oltre che dei momenti, soprattutto in riferimento agli aerogeneratori;
- b) alla idoneità dei terreni interessati dalla viabilità di cantiere e di servizio, dati i mezzi pesanti che su questa dovranno transitare;
- c) alla realizzazione del cavidotto, che andrà ad interessare terreni di natura molto differente, linee di impluvio, aste fluviali e zone eterogenee anche in relazione alla stabilità dei versanti.

Ciò premesso, preventivamente alla stesura del progetto del Parco eolico ed al presente elaborato, in particolare, si è ritenuto opportuno effettuare dapprima uno studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geognostico nell'area oggetto di intervento, finalizzato alla modellazione geologica del sottosuolo.

Si è di seguito approfondito l'aspetto geomeccanico e geotecnico, con la definizione del modello geotecnico del sottosuolo finalizzato alla verifica della idoneità dei terreni di fondazione rispetto ai carichi trasmessi dalle singole strutture in progetto.

Quanto sopra riportato ha reso necessaria l'adozione di un iter metodologico preciso, riferito in particolare ai settori oggetto di posizionamento degli aerogeneratori, alla viabilità d'accesso all'area Parco ed al tracciato del cavidotto.

Le diverse fasi di studio si sono così articolate:

- reperimento e selezione dei dati bibliografici, cartografici e di letteratura disponibile del comune di Onani, da cui è stato possibile ottenere l'inquadramento preliminare relativo all'assetto geologico;
- esecuzione di operazioni di fotointerpretazione aerea, ad integrazione dei rilievi sul terreno, al fine di evidenziare particolari morfologici e tettonici non immediatamente intuibili durante il rilevamento terrestre;
- analisi e rilevamento litologico e litotecnico di superficie, geomorfologico e idrogeologico, con redazione delle carte tematiche Tav. 9.a - Carta Litologica, Tav. 9.b - Carta Geomorfologica, Tav. 9.c - Carta Litotecnica; a questo proposito si precisa che il rilevamento di superficie è stato effettuato secondo i seguenti livelli di dettaglio:
 - a) un rilievo della macroarea di intervento, alla scala 1:25.000;
 - b) un rilievo di dettaglio, alla scala 1:1.000, in corrispondenza del piano di posa dei singoli aerogeneratori e dell'area della sottostazione elettrica;
 - c) un rilievo di dettaglio, alla scala 1:2.000, in corrispondenza del tracciato del cavidotto e della viabilità di servizio (adeguamento/rettifiche);
- esecuzione di n. 5 pozzetti geognostici e redazione dei log stratigrafici (indagine geognostica eseguita nell'anno 2014, effettuata nell'area in cui andranno a sorgere gli aerogeneratori);



- verifica, nel corso della esecuzione dei n. 5 pozzetti di cui al precedente punto, della presenza di falde freatiche superficiali che possano condizionare le caratteristiche geotecniche dei terreni su cui andranno ad insistere le opere in progetto;
- definizione della litostratigrafia locale e del modello geologico del sottosuolo nelle zone di intervento;
- prelievo di n. 1 campione di terreno disturbato in sede di esecuzione dei pozzetti geognostici e del rilevamento di superficie, rappresentativo dei litotipi prevalenti;
- prelievo di n. 2 campioni di roccia in sede di esecuzione dei pozzetti geognostici e del rilevamento di superficie, rappresentativo dei litotipi prevalenti;
- esecuzione di prove di laboratorio su n. 3 campioni prelevati, col fine di determinare i parametri geotecnici e geomeccanici necessari a condurre le trattazioni analitiche previste;
- definizione del modello geotecnico del sottosuolo;
- rilevamento morfologico dei processi e forme in atto o pregressi nelle zone di intervento, previa consultazione delle perimetrazioni PAI e PGRA, e verifica in situ dello stato dell'attività evolutiva degli stessi, opportunamente estesa ad un intorno significativo;
- considerazioni geologico-tecniche inerenti criticità geologiche connesse alla realizzazione degli interventi e ad eventuali opere di consolidamento necessarie a garantire la stabilità dei luoghi.
- valutazione della necessità di eseguire indagini integrative da eseguirsi nei punti di installazione degli aerogeneratori nel ciclo finale di autorizzazioni, per la fase di progettazione esecutiva.

4. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO

L'intervento in progetto ricade a scavalco delle province di Nuoro e Sassari, in agro di Onani (NU), Bitti (NU) e Buddusò (SS).

Più in particolare, ricadono in territorio di Onani i 6 aerogeneratori, il primo tratto di cavidotto, il primo tratto di viabilità di accesso al cantiere (adeguamento, rettifiche tracciato); in territorio di Bitti e Buddusò ricade il restante tratto di cavidotto e di viabilità di accesso al cantiere (adeguamento, rettifiche tracciato) e la sottostazione elettrica.

Dal punto di vista cartografico la zona di intervento è così inquadrata:

- Carta d'Italia IGM Scala 1:25.000. Foglio 481-Quadr. I "Buddusò"; Foglio 482-Quadr. IV "Mamone".
- Carta Tecnica Regionale in Scala 1:10.000. Foglio 481 Sezz. 040-080; Foglio 482 Sezz. 020-050-060.

La Carta Tecnica Regionale numerica alla scala 1:10.000, georiferita nel sistema Gauss Boaga - Fuso Ovest rappresenta la base cartografica su cui sono stati programmati e svolti i rilievi in situ.

In sede di analisi territoriale, inoltre, ci si è avvalsi per lo studio fotogrammetrico, foto-geologico, clivometrico e topografico, delle seguenti fonti, quando possibile sovrapposte in ambiente GIS, anche in modalità WMS (Web Map Service):



- <http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/Repertorio> immagini di diverse annate, a partire dalle quali è stato possibile condurre, ove necessario, una analisi multitemporale delle informazioni ortofotografiche.
- Ortofoto a colori 2006 formato ecw, georiferite in Gauss Boaga.
- Ortofoto 2016, consultabili online da geoportale della Regione Sardegna in modalità WMS.
- Sardegna 3D, Google Earth Pro.

Nella gestione dei dati raster e vettoriali si è ricorsi alle estensioni *.dxf e *.shp, assai diffuse e facilmente interfacciabili con i principali software Gis e Cad, sia commerciali che open-source.

Al fine di semplificare la disamina dei dati raccolti in sede di rilevamento si ritiene opportuno in questa fase suddividere l'area in esame in n. 2 sottozone, denominate Zona A e Zona B:

- la Zona A comprende l'area in cui si prevede di realizzare i 6 aerogeneratori e la viabilità a questi più prossima;
- la Zona B comprende la fascia in cui si prevede la realizzazione del cavidotto, la viabilità di accesso al cantiere (adeguamento e rettifiche tracciato) e la sottostazione elettrica.

Di detta zonizzazione si tiene conto nella redazione della cartografia tematica prodotta a corredo del presente elaborato. Si rimanda in particolare alla Tav. 9.c - Carta Litotecnica, in cui la predetta zonizzazione (schematizzata in Figura 1) è sovrapposta alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Di seguito si riporta una rappresentazione schematica del Parco eolico *Onanie* con il particolare della Zona A e della Zona B, quest'ultima a sua volta suddivisa in sottozona B1-B1bis e B2 (per ragioni meglio specificate nel seguito).



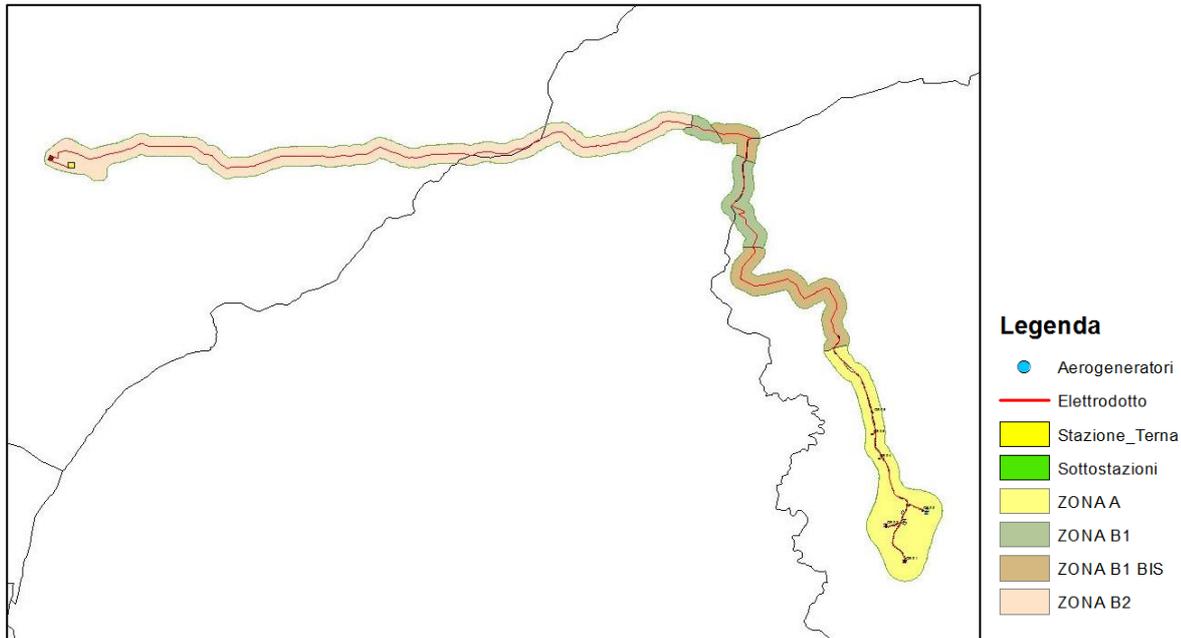


Figura 1 - Rappresentazione schematica del Parco eolico Onanie, con distinzione della Zona A e della Zona B. In nero: limiti comunali.

5. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO NEL P.A.I. E VINCOLO IDROGEOLOGICO

La zona oggetto di intervento ricade in tre distinti Sub-bacini del Bacino Unico della Regione Sardegna:

- Sub-Bacino 5 - "Posada - Cedrino";
- Sub-Bacino 2 - "Tirso";
- Sub-Bacino 3 - "Coghinas-Mannu-Temo".

5.1. ANALISI VINCOLISTICA P.A.I. – PARTE IDRAULICA

Al fine di restituire un quadro completo della vincolistica vigente si elencano di seguito gli studi di assetto idrogeologici, di carattere regionale e comunale, elaborati nel corso degli ultimi anni e il cui involucro costituisce la mappatura vigente sul territorio analizzato. Per ognuno è indicata l'appartenenza o meno dell'area oggetto di intervento.

Variante al P.A.I. - CINSA

Delibera n. 4 del 19.05.2011 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato in via definitiva lo studio redatto dal Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali – CINSA dell'Università degli Studi di Cagliari denominato: "Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada - Cedrino e Sud-Orientale. Piano di



Coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali”

– PARTE IDRAULICA.

L'area oggetto di intervento non risulta mappata a pericolosità idraulica nell'ambito del suddetto studio.

Piano Stralcio Fasce Fluviale (PSFF)

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 26 giugno 2013 è stato adottato in via definitiva il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ai sensi della L.R. n. 19 del 6.12.2006 e dell'art. 1 lettera q) della deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 23.06.2011, lo stralcio funzionale del Piano di Bacino distrettuale denominato: *“Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”*.

L'area oggetto di intervento non risulta mappata a pericolosità idraulica nell'ambito del suddetto studio, fatta eccezione per un tratto del Fiume Tirso la cui area di esondazione è stata individuata con la sola analisi geomorfologica e quindi equivalente alle aree a pericolosità idraulica moderata Hi1.



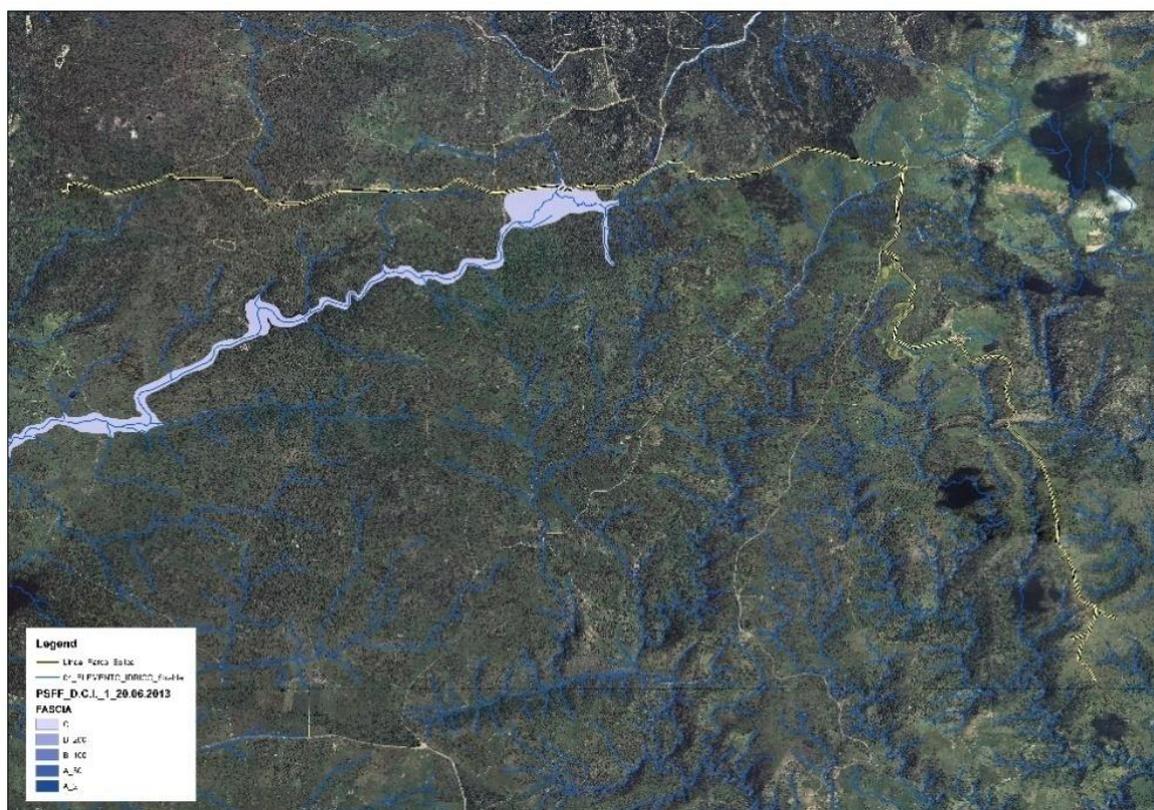


Figura 2 - Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) - Aree a pericolosità idraulica

Piano di gestione del Rischio alluvioni (PGRA)

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n.1 del 30 luglio 2015 è stata adottata, per le finalità di cui all’art. 13 del D. Lgs. 152/2006, la “*Proposta del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni*”. Le perimetrazioni contenute nel PGRA rappresentano l’inviluppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell’ambito della predisposizione del PAI e sue varianti, di studi derivanti dall’applicazione dell’Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, della predisposizione del PSFF, nonché delle aree alluvionate nell’evento del 18/11/2013 denominato “Cleopatra”, aggiornate alla data del 31.12.2016.

Nell’ambito dello stesso Piano sono state prodotte anche le aree mappate a inondazione costiera e gli Scenari di intervento strategico e coordinato, esterne comunque all’area di intervento.



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

L'area oggetto di intervento non risulta mappata a pericolosità idraulica nell'ambito del suddetto studio, fatta eccezione per un tratto del Fiume Tirso la cui area di esondazione è stata individuata, nell'ambito del PSFF, con la sola analisi geomorfologica e quindi equivalente alle aree a pericolosità idraulica moderata Hi1.

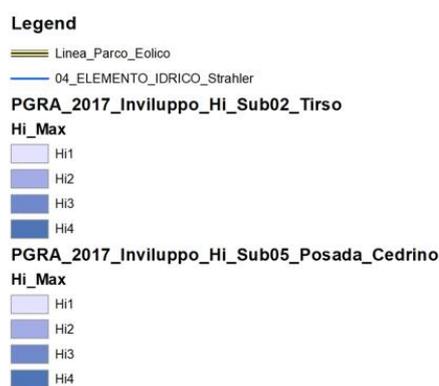
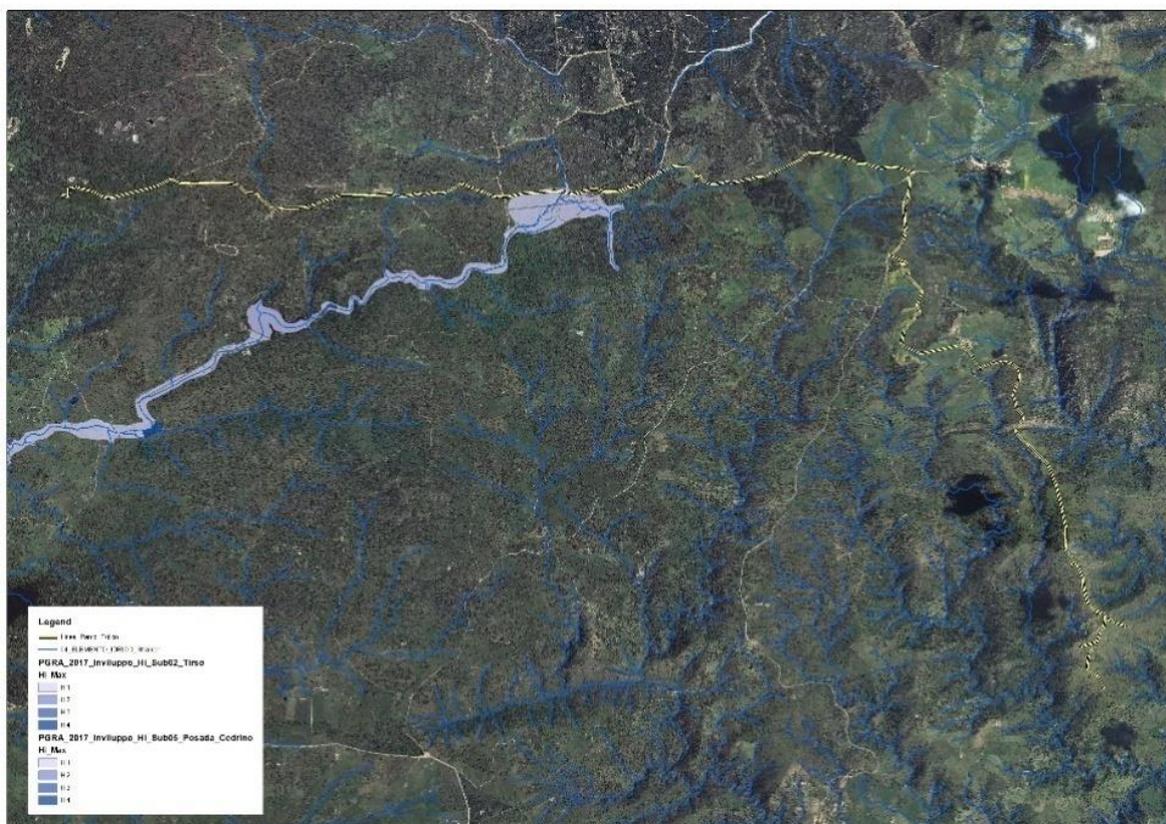


Figura 3 – Piano di gestione rischio alluvioni PGRA – Aree a pericolosità idraulica



Studi di assetto idrogeologico comunali (art. 8 c. 2) o Varianti al PAI (art. 37)**Comune di Bitti**

Il comune di Bitti ha redatto, in ottemperanza dell'art. 37 delle N.A. del PAI, lo studio di assetto idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale, adottato con Delibera del Consiglio Comunale n. 5 dell'11/03/2015. Alla data odierna lo studio è in fase di istruttoria presso gli Uffici del *Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni* ma, così come disposto dall'65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, per le aree così determinate si applicano le norme di salvaguardia. All'interno dello studio sono state rappresentate, oltre alle aree a pericolosità idraulica, le fasce di prima salvaguardia così come disposto dall'art. 30 ter delle NA del PAI.



Figura 4 – Variante al PAI Comune di Bitti

Comune di Buddusò

Il comune di Buddusò ha redatto, in ottemperanza dell'art. 37 delle N.A. del PAI, lo studio di assetto idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale. Alla data odierna lo studio è in fase di istruttoria presso gli Uffici del *Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni* ma, così come disposto dall'65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, per le aree così determinate si applicano le norme di salvaguardia.





Figura 5 - Variante al PAI Comune di Buddusò

Comune di Onani

Il comune di Onani ha redatto, in ottemperanza dell'art. 8 Comma 2 delle N.A. del PAI, lo studio di assetto idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale. Alla data odierna lo studio è in fase di istruttoria presso gli Uffici del *Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni* ma, così come disposto dall'65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, per le aree così determinate si applicano le norme di salvaguardia.



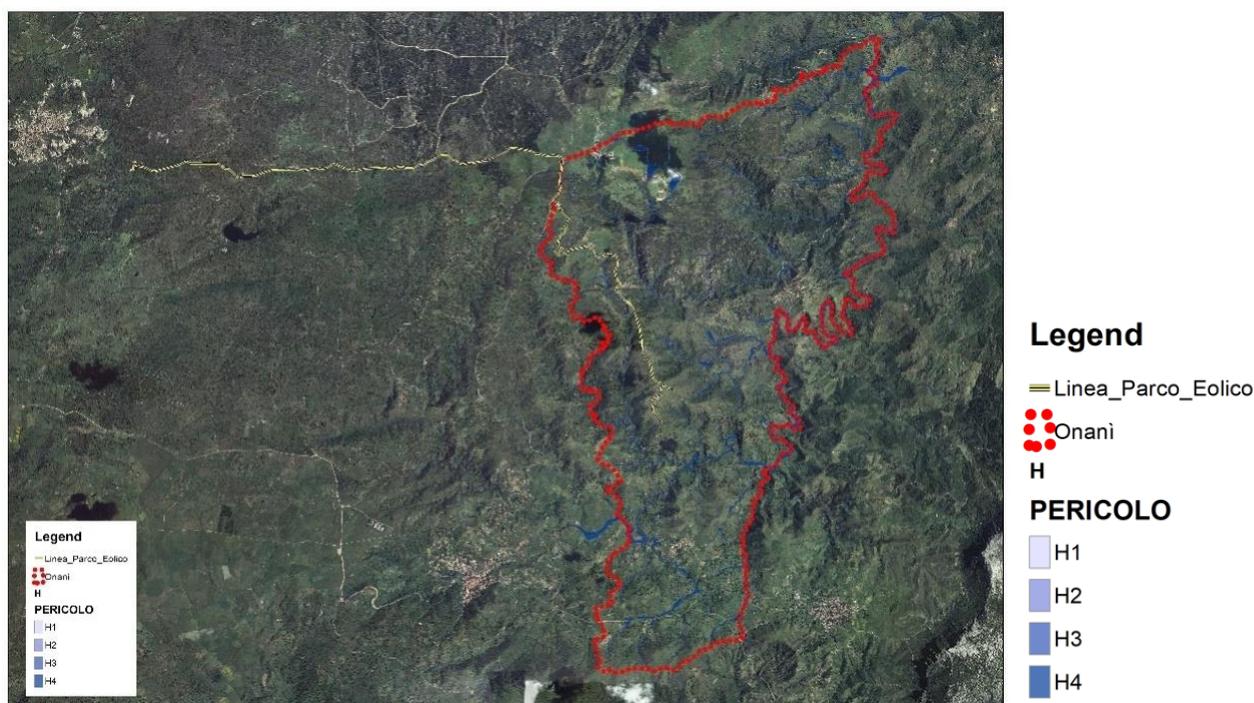


Figura 6- Varante al PAI Comune di Onani

Nella tavola allegata 9.c sono meglio rappresentati, e con la scala adeguata, i vincoli sopra elencati.

5.1.1. INTERFERENZE IDRAULICHE E ATTRAVERSAMENTI

Con deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n. 3 del 30.07.2015 è stato approvato il reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, per le finalità di applicazione delle Norme di attuazione del P.A.I. e delle relative Direttive. Il comitato deliberava di identificare quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp del DBGT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965.

Con la deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n. 1 del 27 febbraio 2018 sono state modificate ed integrate le norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Sardegna ed è stato introdotto l'art. 30 ter, avente per oggetto "*Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia*". Al fine di permettere l'applicazione di quanto stabilito dalla norma, è stata effettuata la gerarchizzazione del reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n. 3 del 30.07.2015. Ad ogni tratto di corso d'acqua è stato assegnato un ordine gerarchico, secondo la metodologia Horton – Strahler. L'articolo



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

succitato dispone che per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto.

Quanto sopra riportato verrà utilizzato nell'analisi delle interferenze premettendo che:

- gli attraversamenti in sub-alveo, relativi ai cavidotti interrati, saranno realizzati ad una profondità di posa compatibile con la dinamica fluviale che assicurerà che tra fondo alveo ed estradosso della condotta ci sia almeno un metro di ricoprimento;
- eventuali pozzetti in testata all'attraversamento in sub-alveo, in destra e/o sinistra idraulica, saranno posizionati esternamente all'alveo;
- nel caso di interferenze di tipo indiretto (parallelismi) verrà comunque garantito il rispetto del R.D. 523/1904 effettuando gli scavi nella fascia esterna ai 10 metri dalle sponde o dal piede degli argini.

Di seguito si rappresenterà ogni intersezione tra l'infrastruttura a rete proposta in progetto e il reticolo ufficiale della Regionale Sardegna sia in forma tabellare che grafica.

CODICE INTERSEZIONE	NOME ELEMENTO IDRICO	TIPOLOGIA VINCOLO	INTERFERENZA		NECESSITA DI COMPATIBILITA'	
			DI TIPO DIRETTO	DI TIPO INDIRETTO	SI	NO
1	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
2	IGM/RIU SERCHE	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
3	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
4	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
5	104008_FIUME_98966	Hi4	X			X
6	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
7	IGM	Hi4	X			X
8	104008_FIUME_119037	Hi4	X			X
9	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
10	104008_FIUME_108746	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
11	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
12	091009_FIUME_107262	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
13	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
14	FIUME TIRSO	30TER - ART. 8 C. 8, 9		X		X
15	091009_FIUME_108485	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
16	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
17	091009_FIUME_111923	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
18	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
19	091009_FIUME_112874	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
20	FIUME_203866	30TER - ART. 8 C. 8, 9		X		X
21	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
22	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
23	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X
24	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9		X		X
25	IGM	30TER - ART. 8 C. 8, 9	X			X



5.2. ANALISI VINCOLISTICA P.A.I. – PARTE FRANE

Al fine di restituire un quadro completo della vincolistica vigente si elencano di seguito gli studi di assetto idrogeologici, di carattere regionale e comunale, elaborati nel corso degli ultimi anni e il cui inviluppo costituisce la mappatura vigente sul territorio analizzato. Per ognuno è indicata l'appartenenza o meno dell'area oggetto di intervento.

Variante al P.A.I. - CINSA

Con Delibera n. 2 del 25.02.2010 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato in via definitiva lo studio redatto dal Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali – CINSA dell'Università degli Studi di Cagliari denominato: *“Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada - Cedrino e Sud-Orientale. Piano di Coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali”* – PARTE FRANE.

L'area oggetto di intervento risulta in parte mappata a pericolosità da frana nell'ambito del suddetto studio, con riferimento ai comuni di Onani e Bitti.

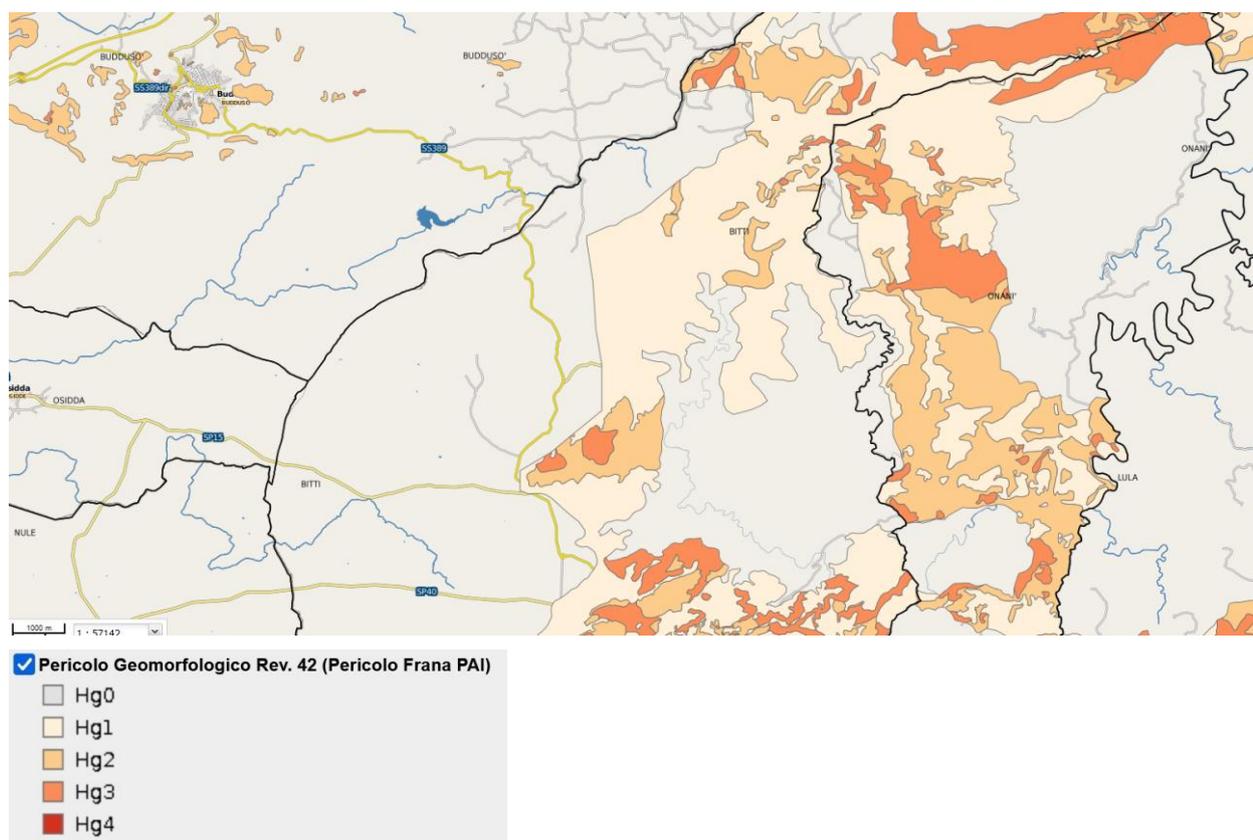


Figura 7 – P.A.I. CINSA – Aree a pericolosità da frana



Variante al P.A.I. – Parte Frane Bacino n. 3

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 1 del 16 giugno 2015 la Regione Autonoma della Sardegna ha approvato in via definitiva lo "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu – Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna". Questo studio ha interessato la porzione medio-settentrionale del territorio comunale di Buddusò, ricadente nel Sub-Bacino Regionale n. 3 Coghinas – Mannu – Temo, individuando aree con pericolosità da frana Hg.

L'area oggetto di intervento risulta interessata in minima parte da questa variante, con alcune limitate zone ricadenti in Hg0.

Piano di gestione del Rischio alluvioni (PGRA)

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n.1 del 30 luglio 2015 è stata adottata, per le finalità di cui all'art. 13 del D. Lgs. 152/2006, la "Proposta del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni". Le perimetrazioni contenute nel PGRA rappresentano l'inviluppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità da frana mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti, di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016.

Rispetto alle precedenti varianti al P.A.I., il P.G.R.A non apporta modifiche alle previgenti perimetrazioni della pericolosità da frana Hg nei comuni di interesse.



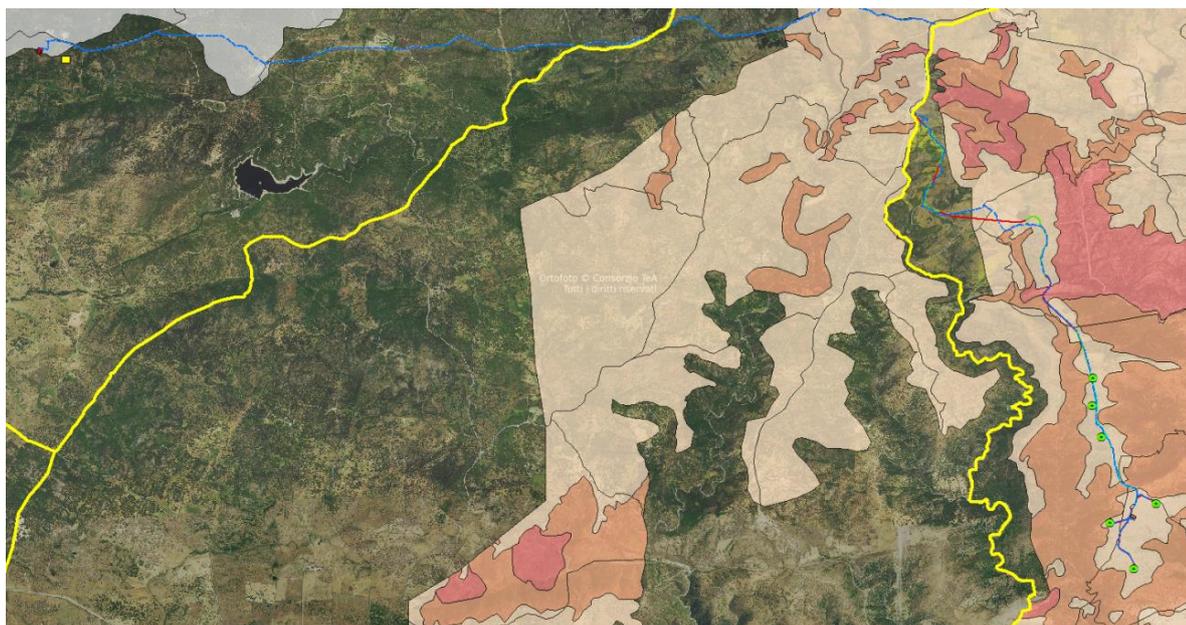
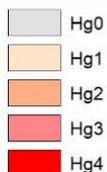
**PERICOLOSITA' DA FRANA Hg**

Figura 8 – Piano di gestione rischio alluvioni PGRA – Aree a pericolosità da frana (in giallo: limiti amministrativi comunali)

Studi di assetto idrogeologico comunali (art. 8 c. 2) o Varianti al PAI (art. 37)**Comune di Bitti**

Il comune di Bitti ha redatto, in ottemperanza dell'art. 37 delle N.A. del PAI, lo studio di assetto idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale, adottato con Delibera del Consiglio Comunale n. 5 dell'11/03/2015. Alla data odierna lo studio è in fase di istruttoria presso gli Uffici del *Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni* ma, così come disposto dall'65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, per le aree così determinate si applicano le norme di salvaguardia.

Nella zona interessata dal progetto, l'analisi di maggiore dettaglio non apporta modifiche alla previgente perimetrazione nelle zone già studiate (Hg1-Hg3); le zone non precedentemente perimetrate, invece, sono state classificate Hg0 e Hg1.



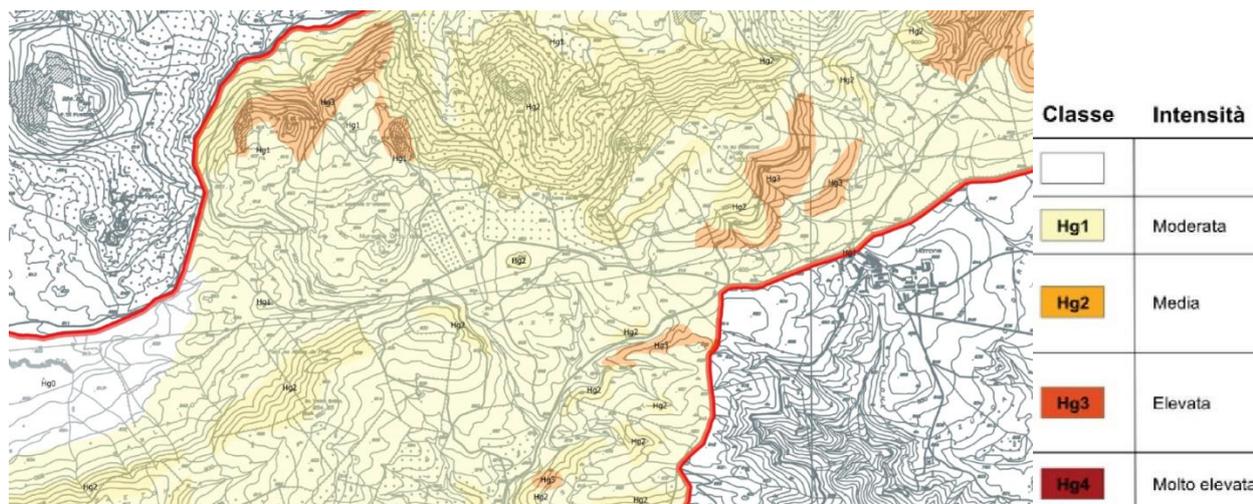


Figura 9 – Variante al PAI Comune di Bitti, stralcio della zona di interesse

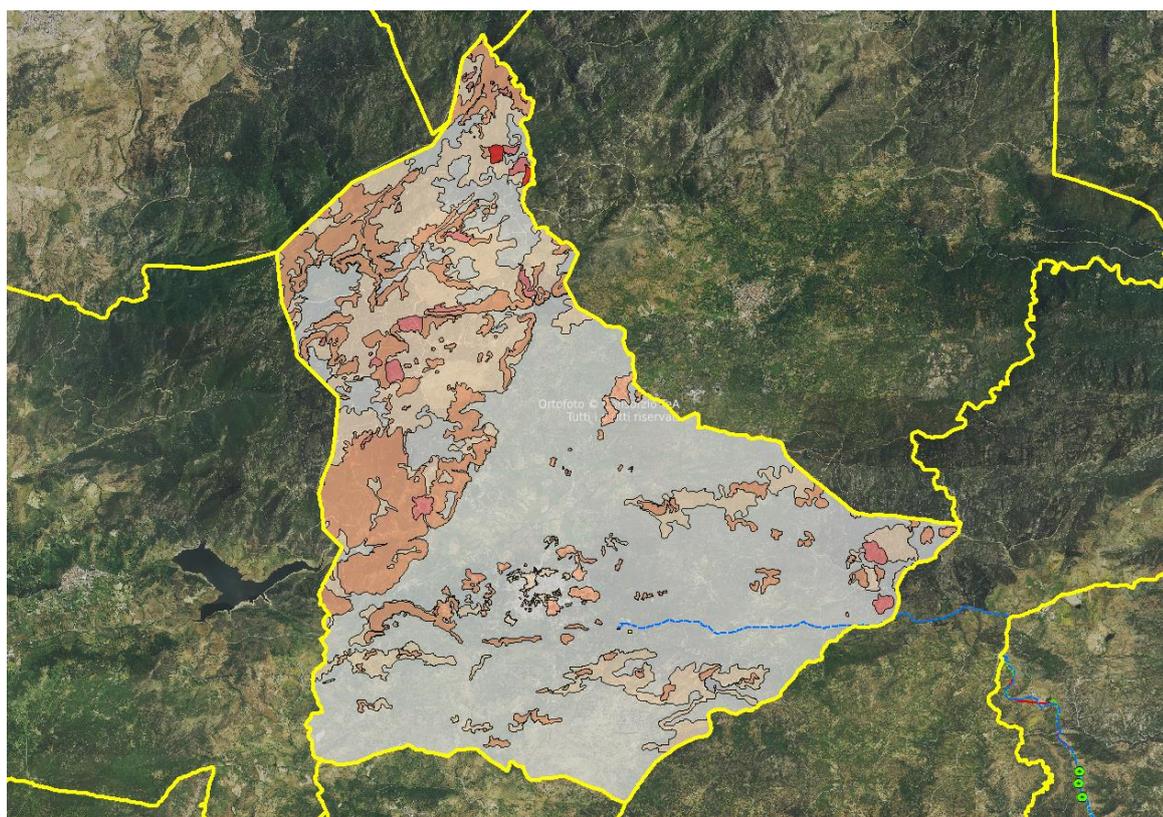
Comune di Buddusò

Il comune di Buddusò ha redatto, in ottemperanza dell'art. 37 delle N.A. del PAI, lo studio di assetto idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale "Studio dell'assetto idrogeologico finalizzato all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio. Variante parte frane". Riferimento approvazione: Delibera C.C. n. 19 del 13/07/2016.

Alla data odierna lo studio è in fase di istruttoria presso gli Uffici del Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni ma, così come disposto dall'65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, per le aree così determinate si applicano le norme di salvaguardia.

Nella zona interessata dal progetto, l'analisi di maggiore dettaglio non apporta modifiche alla previgente perimetrazione nelle zone già studiate (Hg0); le zone non precedentemente perimetrare sono state classificate Hg0.



**PERICOLOSITA' DA FRANA Hg**

- Hg0
- Hg1
- Hg2
- Hg3
- Hg4

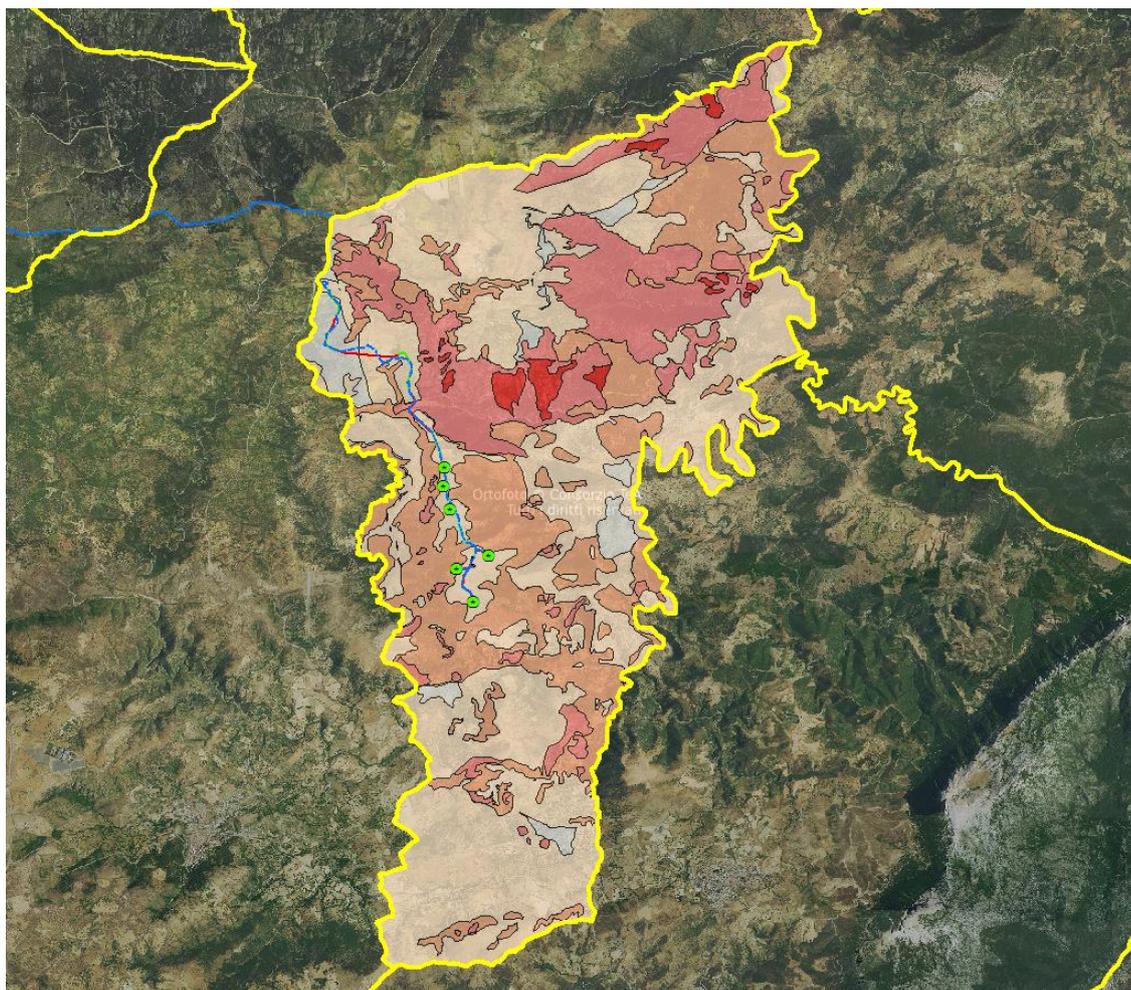
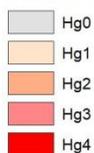
Figura 10 - Variante al PAI Comune di Buddusò**Comune di Onani**

Il comune di Onani ha approvato con Delibera C.C. n. 16 del 31/05/2018 lo “*Studio di approfondimento dell’assetto idrogeologico del comune di Onani ex art. 8, comma 2 delle norme di attuazione del PAI – Parte frane*”.

Alla data odierna lo studio è in fase di istruttoria presso gli Uffici del *Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni* ma, così come disposto dall’65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, per le aree così determinate si applicano le norme di salvaguardia.

Nella zona di stretto interesse progettuale, l’analisi di maggiore dettaglio non apporta significative modifiche alla previgente perimetrazione del tematismo Hg.



**PERICOLOSITA' DA FRANA Hg****Figura 11- Variante al PAI Comune di Onani**

Nella tavola allegata Tav.08- Carta della Pericolosità per frana verranno meglio rappresentati, e con la scala adeguata, i vincoli sopra elencati.

La seguente tabella di sintesi riporta le interferenze tra opere in progetto e P.A.I. Parte Frane vigente, specificando la fonte del riferimento vincolistico più stringente, gli estremi di ammissibilità di cui alle NdA del P.A.I. e la necessità di studio di compatibilità geologica e geotecnica:



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

COMUNE	OPERA	FONTE VINCOLO	VINCOLO	AMMISSIBILITA' (NdA P.A.I.)	NECESSITA' DI STUDIO DI COMPATIBILITA'	
					SI	NO
ONANI'	AEROGENERATORI	P.G.R.A. + Studio Comunale Art. 8	Hg1	Art. 34, C. 1		X
	VIABILITA'	P.G.R.A. + Studio Comunale Art. 8	Hg0-Hg1 Hg2-Hg3	Art. 31, C. 3, Lett. i	X	
	CAVIDOTTO	P.G.R.A. + Studio Comunale Art. 8	Hg0-Hg1 Hg2-Hg3	Art. 31, C. 3, Lett. i	X	
BITTI	VIABILITA'	P.G.R.A. + Studio Comunale Art. 37	Hg1 - Hg3	Art. 31, C. 3, Lett. i	X	
	CAVIDOTTO	P.G.R.A. + Studio Comunale Art. 37	Hg1 - Hg3	Art. 31, C. 3, Lett. i	X	
BUDDUSO'	VIABILITA'	P.G.R.A. + Variante Comunale Art. 37	Hg0	Nessun vincolo		X
	CAVIDOTTO	P.G.R.A. + Variante Comunale Art. 37	Hg0	Nessun vincolo		X
	STAZIONE TERNA	P.G.R.A. + Variante Comunale Art. 37	Hg0	Nessun vincolo		X
	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA	P.G.R.A. + Variante Comunale Art. 37	Hg0	Nessun vincolo		X

Come previsto dalle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico è stato predisposto, a corredo del progetto de quo, lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica (Allegato B.3 dello Studio di Impatto Ambientale), da sottoporre ad approvazione dell'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna.

In relazione alla pericolosità da frana Hg, le opere in progetto sono ammissibili ai sensi dell'Art. 31, Comma 3, lettera i delle Norme di Attuazione del P.A.I.:

“ARTICOLO 31. Disciplina delle aree di pericolosità molto elevata da frana (Hg4).

Comma 3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente:

Lettera i: 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”.

Lo Studio di Compatibilità è richiesto per le opere che rientrano nella fattispecie del predetto articolo ai sensi dell'Art. 31, Comma 6, Lettera c).

5.3. VINCOLO IDROGEOLOGICO

In relazione al vincolo idrogeologico, questo va ad interessare l'aerogeneratore OS06, parte del tratto di cavidotto e della viabilità in agro di Onani e Buddusò e tutto il tratto di cavidotto in agro di Bitti, come risulta



dalla Tav. 08 - Carta della Pericolosità per frana (Stralcio dal P.A.I. R.A.S.) e delle aree soggette a vincolo idrogeologico.

In relazione a tale vincolo verrà attivata la procedura prevista dall'Art. 21 R.D. 1126/1926.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA VASTA E CONTESTO TETTONICO

Le rocce metamorfiche e ignee intrusive affioranti nell'area vasta in cui si inquadra l'intervento sono ascrivibili al cosiddetto basamento della Sardegna, la cui struttura si è originata durante l'orogenesi Varisica, circa 300-250 Milioni di anni fa, risultato di una collisione diacrona tra due grandi continenti, Laurussia e Gondwana, e tra una serie di microplacche tra cui Armorica e Avalonia, staccatesi dal Nord Gondwana durante le prime fasi dell'Orogenesi (Ordoviciano). Il basamento sardo è dunque un segmento della Catena Varisicasud europea; separatosi dall'Europa meridionale nel Miocene inferiore (Burdigaliano), è l'elemento più orientale facilmente raccordabile con la parte sud vergente della Catena Varisica.

Almeno fino all'Oligocene il basamento sardo ha condiviso l'evoluzione stratigrafica, strutturale e paleontologica con la Provenza e la Catalogna, prima di staccarsi dal continente europeo per arrivare alla sua attuale posizione. Ciò è dimostrato da dati paleomagnetici, strutturali e varie affinità stratigrafiche e paleontologiche (Arthaud & Matte, 1977; Ricci & Sabatini, 1978; Edel et al., 1981; Cherchi & Montadert, 1982). Secondo Carmignani et al. (1978) nel blocco Sardo-Corso affiora una sezione completa della catena Varisica: nel nord-est della Sardegna è presente la "linea di sutura Posada-Asinara", individuata da Carmignani et al. (1992) a partire dalla scoperta di relitti eclogitici ad affinità MORB nella fascia milonitica che passa da Posada - Anglona - Asinara. Secondo Cappelli et al (1992), questa rappresenta una paleosutura oceanica compresa tra un basamento cristallino appartenente alla "zona interna" (rappresentato dal complesso migmatitico), e le coperture del margine continentale del Nord-Gondwana, metamorfosate durante l'orogenesi ercinica e impilate nella "zona a falde" della catena. Secondo Rossi et al. (2009), invece, la linea Posada-Asinara rappresenta una grande zona di taglio transpressivo destro, causato dalla rototraslazione oraria del Gondwana verso il Nord America durante la deriva Stefaniana.

La sezione completa della catena Varisica sarebbe dunque apprezzabile principalmente nella Sardegna centro-meridionale, dalla "zona Esterna" che affiora nel sud ovest della Sardegna, fino alla "zona Interna" del nord est Sardegna e della Corsica ed alla "zona a Falde".

La collisione tra Laurussia e Gondwana generò un cuneo orogenetico vergente verso il Gondwana, e un successivo collasso della catena alla fine dell'Orogenesi nel Carbonifero.

Dopo il collasso della catena e la messa in posto dei depositi molassici continentali, la tettonica estensionale ha generato la messa in posto del complesso intrusivo che costituisce il batolite sardo-corso e del corteo filoniano.

I sedimenti continentali, detritici ed alluvionali, di età Quaternaria presenti nell'area in cui si inquadra l'intervento in oggetto presentano deboli potenze e sono da ricondursi alle dinamiche di versante e alla presenza di aste torrentizie dal basso ordine gerarchico, in prevalenza soggette a riattivazioni occasionali.



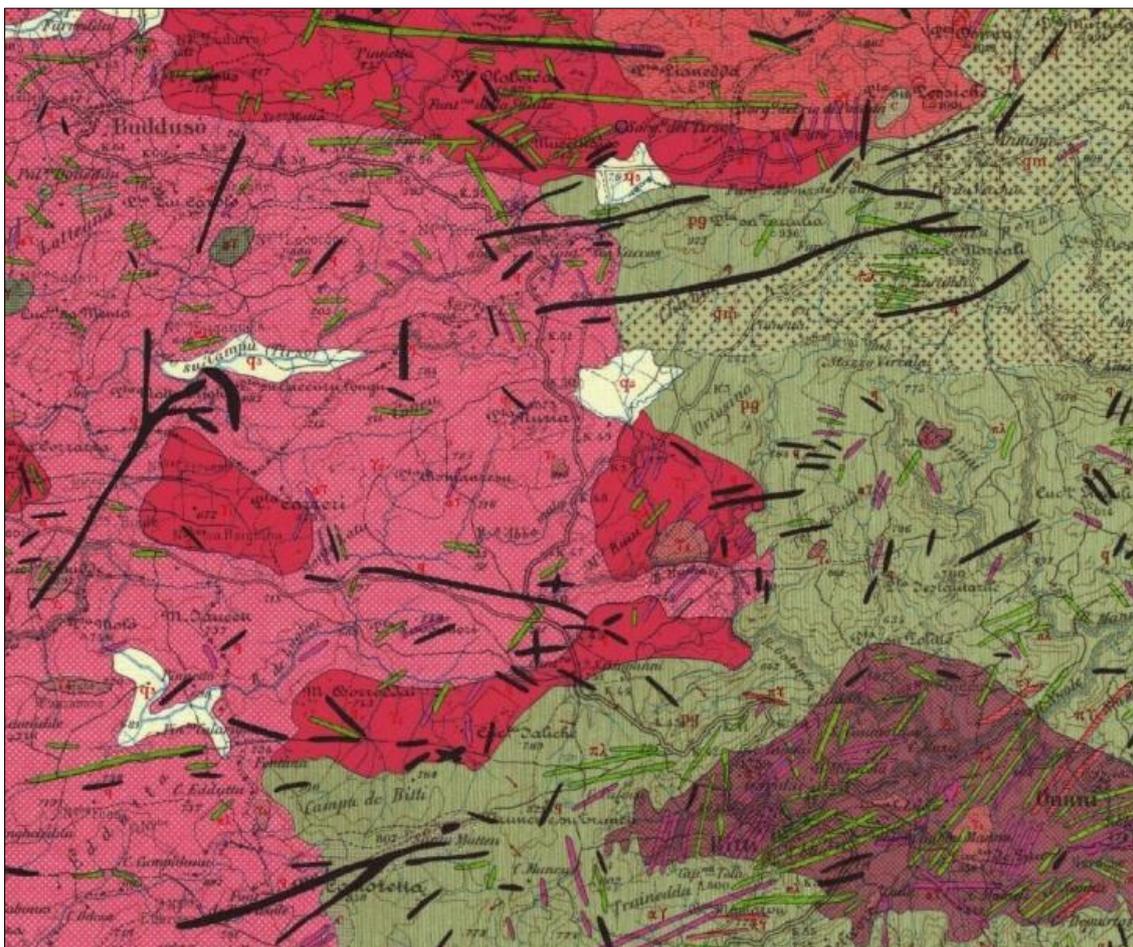


Figura 12 - Stralcio fuori scala della Carta Geologica d'Italia al 100.000 (Foglio 194 - Ozieri, I edizione). I colori rosso-viola indicano litotipi granitoidi, i colori sui toni del verde indicano i litotipi metamorfici.

7. ASSETTO GEOLOGICO DI INQUADRAMENTO E RILEVAMENTO GEOLOGICO: DEFINIZIONE DELL'ORIGINE E NATURA DEI LITOTIPI PRESENTI NELL'AREA IN ESAME

La redazione della presente Relazione Geologica è stata preceduta da un approfondimento del livello conoscitivo della situazione litostratigrafica locale, condotto attraverso la consultazione dei principali riferimenti bibliografici disponibili per l'area, il rilievo geologico di dettaglio della zona di interesse progettuale e del suo intorno significativo, il riferimento ad indagini dirette e indirette e la caratterizzazione delle rocce e dei terreni direttamente interessati dall'opera (Cfr. anche Relazione Geotecnica). Ciò ha consentito di ricostruire con adeguato grado di dettaglio il modello geologico del sottosuolo in corrispondenza dell'area di intervento.

L'area oggetto di studio è caratterizzata dalla presenza di un bedrock ascritto al complesso metamorfico e igneo intrusivo di età paleozoica e di depositi continentali olocenici di copertura di genesi alluvionale, detritica ed eluvio-colluviale.



Le principali formazioni geologiche affioranti nell'area indagata e nel suo intorno sono di seguito riportate in ordine cronologico dalla più antica alla più recente.

Formazione delle filladi di Lula e Micascisti prevalenti. (datazione incerta: ?Cambriano Medio-?Carbonifero).

Formazioni metamorfiche caratterizzate da una fitta e irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi attraversate da vene e filoncelli di quarzo. In senso verticale non è presente una precisa successione litologica, evidentemente a causa della complessità delle originarie sequenze sedimentarie e della loro deformazione Ercinica (CARMIGNANI et al.). La formazione metamorfica nell'area rilevata è costituita da scisti argillosi (filladi e micascisti) e scisti arenacei (metarenarie e metaquarzoareniti) variamente immergenti. Attualmente la tendenza è quella di attribuire tali formazioni al basso Paleozoico, con datazione incerta.

La formazione metamorfica è giustapposta con contatto eteropico ai granitoidi tardo-ercinici, descritti nel seguito, i quali nell'intrudersi hanno determinato la formazione di una estesa aureola di contatto nelle rocce incassanti. Qui la massa intrusiva ha innescato un processo di metamorfismo per contatto principalmente termico (le alte temperature innescano ricristallizzazione e neoformazione di minerali, facilitate dalla presenza di vapore d'acqua e di altri agenti mineralizzatori) ed in minor misura, specialmente in prossimità del contatto, additivo (trasporto di materia dalla roccia intrusiva alla metamorfica).

Nell'area in esame predominano le litologie più spiccatamente metarenacee. Le rocce hanno colore prevalentemente grigio-verdastro, a luoghi con sfumature del marrone e nocciola. La tipica facies di alterazione ha una colorazione grigio-giallastra. Al tatto spesso presentano una discreta untuosità imputabile alla presenza di matrice argillosa. In generale sono presenti singoli minerali risolvibili ad occhio nudo, mentre al microscopio è possibile riconoscere una fitta alternanza di sottili lamine fillosilicatiche, disposte secondo le principali superfici di scistosità ed alternate a letti di quarzo ricristallizzato in microclastisubferoidali. I termini filladici sono fittamente fogliettati: i piani di scistosità presentano una tipica lucentezza metallica, sono molto ravvicinati e quasi sempre ondulati, increspatis e pieghettati, andando a costituire micropieghe disarmoniche. Talvolta compaiono nelle sequenze di metamorfiti anche scisti grafitici, di un tipico colore nero lucido e polveroso, con la caratteristica fissilità lungo superfici piane o poco deformate, comunque privi di reperti fossili. Quest'ultima peculiarità è comune anche alle altre due litologie e ha reso difficile e controverso l'inquadramento geologico e la datazione del complesso.

Le pieghe, riconducibili ad eventi tardivi dell'orogenesi, hanno in genere assi orientati in maniera dispersa (così come già visto per le giaciture dei piani di scistosità) con dimensioni che vanno da quelle centimetriche delle metapeliti e delle filladi sino a metriche e decametriche nel caso delle metarenarie e delle quarziti. Nelle metapeliti prevalgono le micropieghe che alla scala minore divengono crenulazione spaziata.

Ortogneiss granodioritici (Ortogneiss di Lodè-Mamone). Si tratta di rocce ascrivibili al complesso metamorfico ercinico, prevalentemente in facies anfibolitica, originariamente magmatiche (derivati dal



metamorfismo di una originaria roccia eruttiva), con un'età compresa tra 458 ± 31 m.a. e 370 ± 200 m.a.. Anche i termini più recenti di detto complesso risultano antecedenti all'Orogenesi Ercinica, come dimostrano le frequenti intrusioni ed i filoni magmatici sinorogenetici che lo attraversano.

A seguito delle forti sollecitazioni e degli stress tettonici (pieghe, sovrascorrimenti, faglie, joints, ecc.) subiti dalla roccia madre (magmatica a chimismo acido), questa ha subito una riorganizzazione dei minerali originari, i quali si presentano allineati secondo direzioni preferenziali. Dette sollecitazioni, evidenziate da locale scistosità e dalla fitta fratturazione, hanno reso la roccia più fragile e permeabile, facilitando la successiva ricircolazione di fluidi con composizione silicea.

Gli ortogneiss hanno un aspetto massivo ed i piani di scistosità risultano distanziati e ben riconoscibili in conseguenza della presenza di minerali femici (biotiti) e sialici (feldspati e plagioclasti) disposti in livelli pieghettati. Essi hanno un colore beige o grigiastro e presentano dei nuclei di quarzo di dimensioni da millimetriche a centimetriche inclusi tra i piani di scistosità (occhiadini). In superficie la roccia si presenta a luoghi arenizzata per spessori medio-bassi.

Granitoidi del Complesso Granitoide del Goceano-Bittese (Carbonifero sup. - Permiano). Il complesso granitoide tardo-ercinico affiora nell'area di indagine in forma di leucograniti e monzograniti, rispettivamente ascritti alla Facies Loelle ed alla Facies Santa Reparata.

I Leucograniti (Facies Loelle: leucograniti a granato, a grana fine, tessitura isotropa) sono rocce a composizione super-acida, con tenore in silice compreso tra 75-78% e struttura analoga a quella di un granito (con le medesime possibili varietà in termini di equi o inequi-granularità). Sono povere in minerali ferromagnesiaci e con un indice di colore più basso del normale. Hanno colore in prevalenza grigio biancastro-rosato e la paragenesi mineralogica, piuttosto omogenea, è data da quarzo (nelle alte percentuali sopra specificate), feldspato potassico (in prevalenza ortoclasio peritico e in subordine microclino), plagioclasio di composizione oligoclasica e più raramente albitica, poca biotite (<5% modale) e talora muscovite; tra gli accessori figurano apatite, allanite, zircone e più raramente magnetite e titanite.

La particolare resistenza agli agenti esogeni del leucogranito fa sì che questo si riscontri spesso in affioramento nella sua facies francamente litoide al più leggermente alterato nella porzione più superficiale. Affioranti al limite tra comuni di Bitti e Buddusò, leucograniti ascritti alla Facies Loelle, poco disturbati tettonicamente, vanno a costituire un'area altoplanare vanno a concentrarsi forme relitte di alterazione delle rocce granitoidi quali cataste di blocchi e tor.

I Monzograniti (Facies Santa Reparata: monzogranitiequigranulari a marcata tendenza leucocrata, a grana da media a medio-fine, tessitura orientata) si riscontrano in affioramento in agro di Buddusò, nell'ultimo tratto del cavidotto. Si tratta di rocce intrusive sature (percentuale di quarzo >5%) a chimismo acido (percentuale di silice compresa tra 65-75%) caratterizzate dalla predominanza di feldspato potassico e plagioclasio (labradorite); presenti in percentuali simili, pirosseno monoclinico, orneblenda.

All'esame macroscopico i monzograniti mostrano struttura massiva e tessitura granitoide olocristallina in prevalenza equigranulare nell'area di interesse, con granulometria che varia da media a fine, di colore



prevalentemente grigio-rosato (da chiaro a scuro) con piccole macchie nere (cristalli di biotite), biancastre (cristalli di quarzo) e rosate (cristalli di feldspato); a luoghi sono presenti iso-orientazioni per flusso magmatico, evidenziate soprattutto dalla disposizione delle biotiti.

L'area a dominante monzogranitica presenta una morfologia sub-pianeggiante, andando a costituire parte dell'Altopiano Buddusò-Alà dei Sardi. Anche in questo caso è possibile affermare che in linea generale la particolare resistenza agli agenti esogeni del monzogranito fa sì che questo si riscontri spesso in affioramento nella sua facies francamente litoide al più leggermente alterato nella porzione più superficiale.

La roccia granitoide si presenta in prevalenza nell'area in esame nella sua tipica facies francamente litoide fratturata (spesso secondo più di una direzione preferenziale), in forma di ammassi e affioramenti o lungo sezioni di scavo. Tuttavia, è possibile osservare, limitatamente alla porzione più superficiale della formazione intrusiva, la tipica facies di alterazione della roccia granitoide, rappresentata dal cosiddetto "granito arenizzato", che si produce per gli effetti che la combinazione di agenti fisici (acqua di ruscellamento superficiale e vadosa, acido carbonico, ossigeno termoclastismo, crioclastismo) ed agenti organici (animali e vegetali) hanno sui singoli minerali che costituiscono la roccia madre.

Alcuni tra i più comuni processi di degradazione dei minerali che costituiscono le granodioriti sono l'idrolisi dei silicati, la caolinizzazione dei feldspati e fenomeni di idratazione. I prodotti dell'alterazione chimica di solito conservano in buona parte la forma dei minerali originari, così che la struttura primitiva della roccia permane normalmente invariata e riconoscibile.

A seconda dell'intensità e dell'efficacia dell'azione degli agenti chimici e fisici sulla roccia madre, ed in dipendenza dal chimismo e dal grado di fratturazione di quest'ultima, il processo di "arenizzazione" potrà essere più o meno spinto, con tutta una serie di facies di alterazione intermedie. Un granitoide alterato può genericamente essere definito come una roccia semicoerente in cui le strutture originarie sono ancora ben riconoscibili, compresa la maggior parte dei minerali ed eventuali manifestazioni filoniane, ma in cui i legami molecolari risultano più deboli che nella roccia sana. È importante sottolineare che per definizione il granito "arenizzato" è una formazione autoctona, da semicoerente a sub-lapidea.

Complesso filoniano (Carbonifero sup. - Permiano inf.). Le manifestazioni filoniane rilevate nell'area in studio sono da considerarsi un diretto effetto della tettonica connessa alla fase distensiva dell'Orogenesi Ercinica. Rappresentano infatti il prodotto del riempimento di fratture in rocce intrusive (tonaliti) per venuta di fluidi magmatici lungo le stesse. Sono rappresentate da rocce di differente chimismo ma probabilmente riconducibili a corpi intrusivi derivanti da un'unica camera magmatica, per le analogie che esse presentano dal punto di vista classificativo e giaciturale. Il complesso filoniano è prevalentemente costituito da filoni di quarzo, porfiriti e micrograniti, filoni a composizione prevalentemente basica (basalto, spessartiti, diabasi, lamprofiri) e ad affinità calcicalina. I filoni a chimismo basico, subordinati nell'area in esame alle manifestazioni di tipo acido, sono contemporanei ai filoni microgranitici e porfiritici, presentano generalmente una colorazione scura per la presenza di abbondanti minerali femici quali la biotite e l'anfibolo orneblenda (minerale predominante tra i fenocristalli), mentre nella pasta di fondo è presente un plagioclasio di tipo



sodico–calcico.

Depositi di versante (Olocene). La copertura detritica quaternaria presenta nell'area vastain cui si inquadra l'intervento spessori estremamente variabili, da centimetrici a plurimetrici. Gli spessori più bassi si rinvencono in corrispondenza della sommità dei rilievi, con tendenza ad un incremento delle potenze delle coltri alloctone lungo il corpo dei versanti ed in corrispondenza di paleofrane o corpi di frana relativamente recenti, ove si raggiungono gli spessori massimi.

Depositi colluviali (Olocene). Costituiscono una coltre poco potente e più o meno continua di materiale trasportato da acque di ruscellamento diffuso o disceso per gravità. Sono costituiti da frammenti litici a spigoli vivi mediamente millimetrici, massimo centimetrici, immersi in una matrice marrone scura, con una media componente argillosa. Lo stato di aggregazione va da debolmente coerente a incoerente.

Terre di riporto. Comprendono tutto l'insieme di terre derivanti dall'azione morfogenetica connessa con l'attività antropica che ha prodotto una discontinua ma talora significativa coltre di riporto più o meno addensata, variamente distribuita entro l'area di interesse progettuale. Nel caso specifico terre di riporto si riscontrano lungo la viabilità principale e secondaria, rappresentati dalle strutture/sovrastutture stradali e/o da ricariche di inerte lungo i tracciati sterrati.

8. SITUAZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE E DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

La redazione del presente elaborato è stata preceduta da un approfondimento del livello conoscitivo della situazione litostratigrafica locale, condotto attraverso il rilievo geologico di dettaglio dell'area di intervento e la esecuzione di indagini geognostiche volte a ricostruirne la stratigrafia, con particolare riferimento ai settori interessati dal posizionamento degli aerogeneratori, oltre che ai settori di tracciato del cavidotto interrato, alla viabilità d'accesso ed interna all'area Parco (adeguamento e rettifiche tracciati) e alla sottostazione elettrica. Le indagini ed i rilievi svolti hanno consentito di caratterizzare i litotipi interessati dalle lavorazioni previste ed il loro inserimento nel quadro geologico generale (l'inquadramento geologico della macroarea di intervento è stato effettuato alla scala 1:25.000).

Vista la complessità della interazione terreno-opera in corrispondenza degli aerogeneratori, sia in relazione agli ingenti carichi verticali che alle sollecitazioni orizzontali e ai momenti trasmessi al terreno di fondazione, in corrispondenza dell'area in cui si prevede la loro realizzazione (Zona A) sono stati eseguiti n. 5 pozzetti geognostici, spinti fino ad intercettare il bedrock. Ciò ha peraltro consentito di verificare la eventuale presenza di falda acquifera superficiale.



Per quanto attiene al tracciato del cavidotto, alla viabilità di accesso alla sottostazione elettrica (Zona B), i rilievi di dettaglio finalizzati alla redazione della presente si sono concentrati su sezioni di scavo di origine antropica e su numerose sezioni stradali ed affioramenti prossimi ai siti di interesse, non ritenendo necessario procedere in questa fase con indagini geognostiche dirette, vista la natura del substrato, la limitata portata delle opere in termini di scavo e le prestazioni attese.

Per quasi tutto il tracciato il cavidotto e la viabilità di accesso al parco ricalcano dapprima la viabilità interpodereale, poi comunale ed infine la statale, e seppure gli affioramenti rilevati siano mediamente di modesta estensione hanno consentito, per la loro continuità spaziale, non solo l'agevole rilievo e caratterizzazione dei litotipi direttamente interessati dalle lavorazioni previste, ma anche la definizione delle potenze e dello stato di alterazione delle formazioni rilevate.

Occorre sottolineare che l'indagine geognostica ad oggi eseguita si riferisce alla definizione delle condizioni di superficie dell'area di interesse.

Conseguentemente, per l'esecuzione degli interventi di scavo e rimodellamento del suolo per la realizzazione della viabilità d'accesso, per la realizzazione del cavidotto e per l'attestazione ed il dimensionamento delle opere di fondazione di ciascun aerogeneratore, i litotipi ricadenti nel volume significativo dovranno essere ulteriormente caratterizzati, in fase di progettazione esecutiva, sulla base di un piano d'indagini che preveda l'esecuzione di scavi esplorativi e perforazioni di sondaggio spinte fino ad interessare l'intero volume significativo, sia sul settore di ubicazione di ciascun aerogeneratore, sia lungo le opere a rete.

Ciò consentirà di appurare direttamente lo stato del bedrock roccioso in profondità e la presenza di una eventuale falda acquifera profonda, nell'ipotesi (realistica) che si debbano impiegare fondazioni profonde atte ad ancorare il plinto di appoggio dell'aerogeneratore.

8.1. La Zona A

Come già in precedenza affermato, la Zona A comprende l'area in cui si prevede di realizzare i 6 aerogeneratori e la viabilità a questi più prossima.

Nell'area di intervento denominata Zona A si riscontrano direttamente in affioramento filladi e metarenarie iniettate da filoncelli di quarzo secondario, la cui origine è da ricollegarsi alle dinamiche dinamometamorfiche erciniche.

Gli affioramenti rocciosi osservati in corrispondenza dell'area Parco in cui si prevede la realizzazione degli aerogeneratori, delle piazzole di manovra e della viabilità di accesso (Zona A), mostrano una roccia nel complesso da moderatamente a leggermente alterata, localmente decolorata, comunemente attraversata da una fitta rete di giunti.

Detti affioramenti si intercalano ad estese aree in cui affiora un corpo suolo poco potente, mediamente decimetrico, poggiante su una coltre regolitica mediamente poco profonda cui segue il bedrock litoide.

La Fotografia n. 1 mostra un affioramento in sezione osservato in sede di rilevamento geologico di superficie



preventivamente alla esecuzione delle indagini geognostiche lungo la viabilità di accesso alla zona A, in cui la roccia in posto si presenta nella sua tipica facies a tessitura scistosa, moderatamente alterata, con piani ben distinguibili, fortemente allentata nella porzione più superficiale.

Con l'incremento della profondità la roccia scistosa acquisisce una consistenza crescente, sub-litoide. Senza una precisa soluzione di continuità si ha la transizione alla roccia madre, disturbata tettonicamente e fittamente iniettata da filoncelli e vene di quarzo. Ciò si rende particolarmente evidente sul fondo stradale della viabilità interpoderale esistente, in cui la roccia si presenta con piani di scistosità chiusi, seppure evidenti, e decisamente più compatta e meno allentata che in sezione (rif. Fotografie 2 a-b-c).

La Zona A è stata oggetto di una apposita indagine geognostica, consistita nella esecuzione di n. 5 pozzetti geognostici mediante escavatore, realizzati in corrispondenza dei previsti piani di posa degli aerogeneratori OS01, OS02 e OS03, come rappresentato nella Figura 13.

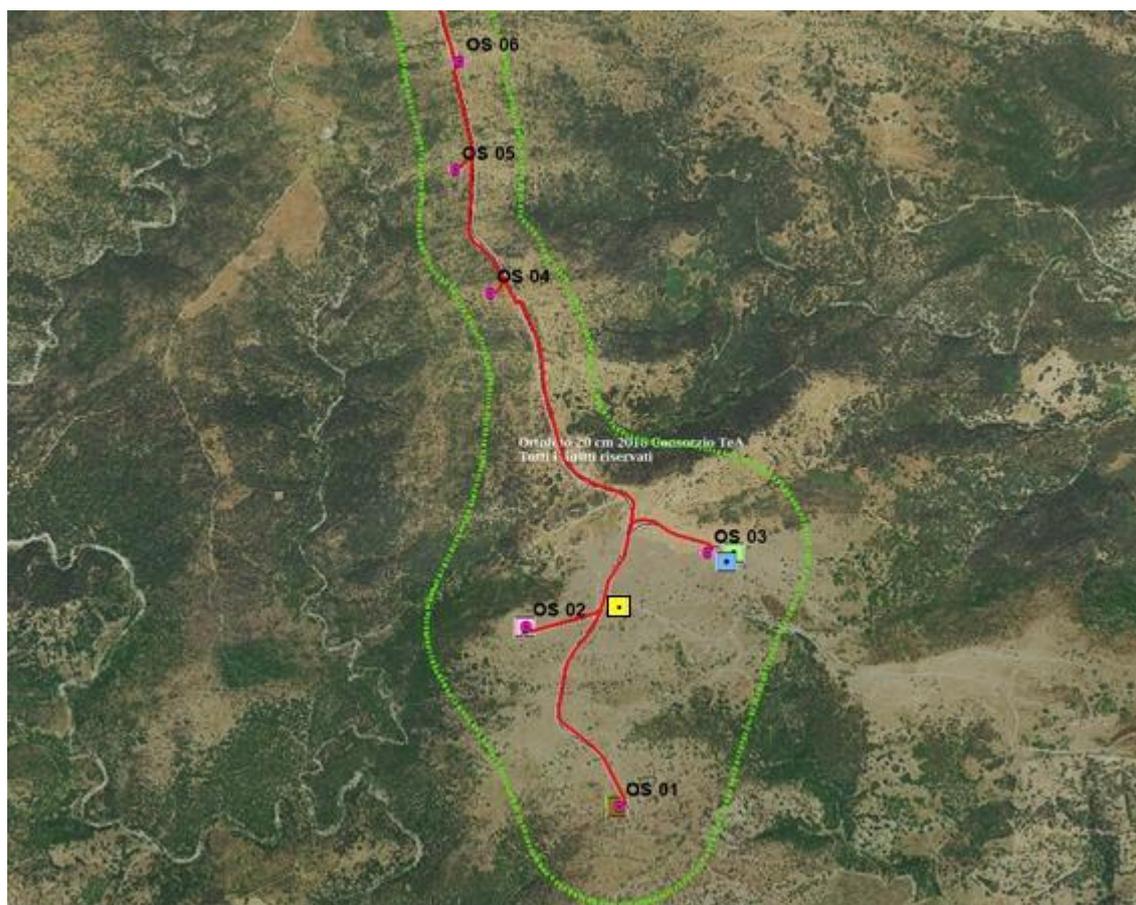
Il rilievo geologico di dettaglio effettuato nella Zona A, unitamente alle predette indagini, ha consentito di constatare l'elevata omogeneità nei tratti geologici e litotecnici dell'area in cui andranno a sorgere i 6 aerogeneratori e la viabilità a questi più prossima.

Fotografia 1. Immagine scattata nella Zona A.



Fotografia 2 a-b-c. Immagini scattate nella Zona A.





Legenda

- Aerogeneratori
- Tracciato cavidotto
- POZZETTO GEOGNOSTICO PZ1
- POZZETTO GEOGNOSTICO PZ2
- POZZETTO GEOGNOSTICO PZ3
- POZZETTO GEOGNOSTICO PZ4
- POZZETTO GEOGNOSTICO PZ4 A

Figura 13 - Posizionamento aerogeneratori e indagini geognostiche su foto aerea e base topografica CTR.

Nella totalità dei pozzetti geognostici eseguiti (febbraio 2014), i cui log stratigrafici sono riportati in appendice, emerge la presenza del bedrock litoide metarenaceo scistoso ad una profondità variabile tra 0,00 m e 1,50 m dal p.c..

In sede di esecuzione della predetta campagna di indagini geognostiche non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera superficiale impostata nella coltre regolitica poggiante sul substrato scistoso litoide disturbato tettonicamente.

Le informazioni e i dati litostratigrafici raccolti in fase di rilevamento di superficie e la esecuzione delle suddette indagini geognostiche e geomeccaniche, hanno condotto alla definizione del modello geologico del sottosuolo per la Zona A.



In particolare, il modello geologico è stato ricostruito attraverso la definizione di una sequenza litostratigrafica-tipo, di seguito descritta, definibile come una unità geologico-tecnica che tende a comportarsi in maniera omogenea rispetto ad un dato tipo di problema geologico e geotecnico.

Sezione lito-stratigrafica A

Ubicazione: **superficie altoplanare Zona A.**

È costituita dall'alto verso il basso dai seguenti termini:

- a) Eluvium argilloso con immersi frammenti litici mediamente millimetrici, più raramente centimetrici, di composizione esclusivamente metarenacea.

POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.10 - 0.30 - 0.50.

- b) Livello regolitico, costituito da frammenti litici di composizione esclusivamente scistosa metarenacea con dimensioni da centimetriche a oltre decimetriche immersi in matrice argillosa dallo spessore variabile.

POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.00 - 0.50 - 1.20.

Caratterizzazione Geotecnica della matrice:

Campione PZ1-C1_Pozzetto PZ1_Profondità prelievo: -0,50 m.

Coesione 0.15 Kg/cm^q

Angolo d'attrito interno 32.35 °

Peso di volume naturale 1,806 gr/cmc

Peso di volume secco 1,654 gr/cmc

- c) Filladi di Lula. Paraderivati a tessitura scistosa con consistenza da litoide a sub-litoide. All'esame macroscopico la roccia metamorfica mostra struttura e tessitura scistosa, con piani distanziati di qualche centimetro. La facies di alterazione della roccia madre varia a seconda delle sue caratteristiche, molto variabili di punto in punto per la sua natura di "roccia mista". In generale nelle filladi la tipica facies di alterazione è rappresentata da roccia in disfacimento con componente argillosa medio-elevata concentrata nei piani di scistosità.

Point load test:

Campione PZ2-C1_Pozzetto PZ2

Resistenza a compressione 6.166 MPa

Campione PZ3-C1_Pozzetto PZ3

Resistenza a compressione 4.463 MPa

I dati litostratigrafici raccolti e la sequenza litostratigrafica sopra descritta si ritengono rappresentativi dell'area altoplanare in cui si prevede la realizzazione delle piazzole e della viabilità interna al Parco eolico nella cosiddetta Zona A, vista l'omogeneità dei tratti litologici constatata in sede di rilevamento geologico di superficie.

Nel corso della realizzazione dei pozzetti geognostici (febbraio 2014) non si è rilevata la presenza di falda acquifera superficiale.



In Appendice alla presente relazione si riportano i log stratigrafici relativi ai singoli pozzetti geognostici. In Appendice all'elaborato *Relazione Geotecnica* si riportano i certificati di laboratorio relativi alle analisi di laboratorio condotte sui campioni prelevati.

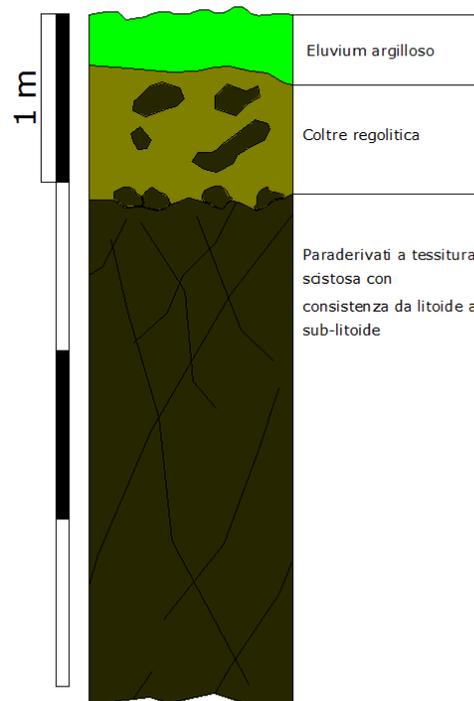


Figura 14 - Sequenza litostratigrafica A.



Fotografia3. Pozzetto geognostico n. 1. Il basamento cristallino risulta essere sub-superficiale, come mostrano anche i log stratigrafici in allegato. In sede di scavo è stata intercettata la facies più massiva, metarenacea.



Fotografia 4. Panoramica della Zona A, in cui si rileva la presenza di roccia metarenacea in facies litoide direttamente in affioramento (freccce).



Fotografia 5. Particolare di un campione di roccia metarenacea alterata prelevata al fondo scavo del pozzetto geognostico n. 3. Sono visibili ad occhio nudo alcuni minerali.



8.2. La Zona B (B1 e B2)

Come già in precedenza affermato, la Zona B comprende la fascia in cui si prevede la realizzazione del cavidotto, della viabilità di accesso al cantiere (adeguamento e rettifiche tracciato) e della sottostazione elettrica.

Il cavidotto si diparte dalla Zona A, per il cui modello geologico si rimanda al precedente paragrafo, per poi svilupparsi lungo viabilità esistente (sia sterrata sia asfaltata) dapprima interpodereale, poi principale, per oltre 20 km lungo quella che è stata definita, ai fini della definizione del modello geologico e geotecnico, Zona B.

Questa si sviluppa attraverso due ambiti litologici differenti tra loro per natura ed origine, così che per una più efficace schematizzazione litotecnica, la Zona B è stata ulteriormente suddivisa in due sottozone:

- la Zona B1: primo tratto della Zona B, in cui il cavidotto va a svilupparsi su litotipi metamorfici;
- la Zona B2: secondo tratto della Zona B, in cui il cavidotto va a svilupparsi su litotipi ignei intrusivi.

Vista la limitatissima entità dell'intervento in termini di larghezza e profondità di scavo non si è ritenuto necessario effettuare, in questa fase progettuale, indagini geognostiche lungo il tracciato del cavidotto, ritenendo sufficienti affioramenti e trincee stradali che ne costeggiano il corso, che hanno consentito l'agevole rilievo delle formazioni interessate dalle lavorazioni in scavo.

Oltre ai litotipi descritti nel seguito (Zone B1 e B2), il cavidotto andrà ad interessare per brevi tratti (in particolare intersezioni con rete minore ed impluvi) formazioni continentali oloceniche di origine alluvionale e detritica, seppure dai modesti spessori.



Visti gli spessori delle coltri alteritiche e regolitiche delle rocce del basamento paleozoico, metamorfico ed igneo intrusivo, e le potenze limitate delle coltri alloctone succitate, è possibile affermare che lungo il tracciato, in termini di rippabilità, vi sia una omogenea distribuzione di tratti in scavo su roccia lapidea e roccia tenera (semicoerente o sub-litoide).

Nella **Zona B1** in sede di rilevamento geologico di superficie è emersa una situazione geolitologica assimilabile a quella riscontrata nella Zona A: si riscontrano direttamente in affioramento con una certa continuità metamorfiti paleozoiche (filladi, metarenarie e ortogneiss iniettate da filoncelli di quarzo secondario). La potenza media delle formazioni alteritiche e/o detritico-colluviali di copertura è molto limitata, in ragione del posizionamento del cavidotto lungo spartiacque superficiali o comunque in corrispondenza ad alti morfologici relativi, zone in cui non vi sono condizioni morfologicamente favorevoli all'accumulo.

Gli affioramenti rocciosi osservati in corrispondenza della Zona B1 mostrano una roccia nel complesso da moderatamente a leggermente alterata, localmente decolorata, comunemente attraversata da una fitta rete di giunti.

Detti affioramenti si intercalano ad estese aree in cui affiora un corpo suolo poco potente, mediamente decimetrico, poggiante su una coltre regolitica mediamente poco profonda; con l'incremento della profondità la roccia acquisisce una consistenza crescente, sub-litoide, e senza una precisa soluzione di continuità si ha la transizione alla roccia madre, disturbata tettonicamente e fittamente iniettata da filoncelli e vene di quarzo. Le informazioni e i dati litostratigrafici raccolti in fase degli accurati rilievi di superficie hanno condotto alla definizione del modello geologico del sottosuolo per la Zona B1.

In particolare, il modello geologico è stato ricostruito attraverso la definizione di due sequenze litostratigrafiche-tipo, di seguito descritte, definibili come una unità geologico-tecniche che tendono a comportarsi in maniera omogenea rispetto ad un dato tipo di problema geologico e geotecnico.

La prima (Sequenza litostratigrafica B1), si riferisce ai tratti di cavidotto ricadenti su litotipi parametamorfici (Paraderivati: Filladi di Lula, Micascisti Prevalenti. Rif. Tav. 9.a - Carta Litologica).

La seconda (Sequenza litostratigrafica B1bis), si riferisce ai tratti di cavidotto ricadenti su litotipi ortometamorfici (Ortoderivati: Ortogneiss di Lodè-Mamone).

Si è ritenuto necessario effettuare la distinzione tra paraderivati ed ortoderivati in quanto i secondi, tendenzialmente, presentano un aspetto più massivo a livello di ammasso roccioso e possono dunque presentare una notevole differenza in termini di scavabilità rispetto ai paraderivati.

Sezione lito-stratigrafica n. B1

Ubicazione: **superficie altoplanare Zona B1.**

È costituita dall'alto verso il basso dai seguenti termini:

- a) Eluvium argilloso con immersi frammenti litici mediamente millimetrici, più raramente centimetrici, di composizione esclusivamente metarenacea.

POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.10 - 0.30 - 0.50.



- b) Livello regolitico, costituito da frammenti litici di composizione esclusivamente scistosa metarenacea con dimensioni da centimetriche a oltre decimetriche immersi in matrice argillosa dallo spessore variabile.

POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.00 - 0.50 - 1.20.

Caratterizzazione Geotecnica della matrice:

Campione PZ1-C1_Pozzetto PZ1_Profondità prelievo: -0,50 m.

Coesione 0.15 Kg/cmq

Angolo d'attrito interno 32.35 °

Peso di volume naturale 1,806 gr/cmc

Peso di volume secco 1,654 gr/cmc

- c) Paraderivati a tessitura scistosa con consistenza da litoide a sub-litoide. All'esame macroscopico la roccia metamorfica mostra struttura e tessitura scistosa, con piani distanziati di qualche centimetro. La facies di alterazione della roccia madre varia a seconda delle sue caratteristiche, molto variabili di punto in punto per la sua natura di "roccia mista". In generale nelle filladi la tipica facies di alterazione è rappresentata da roccia in disfacimento con componente argillosa medio-elevata concentrata nei piani di scistosità.

Point load test:

Campione PZ2-C1_Pozzetto PZ2

Resistenza a compressione 6.166 MPa

Campione PZ3-C1_Pozzetto PZ3

Resistenza a compressione 4.463 MPa



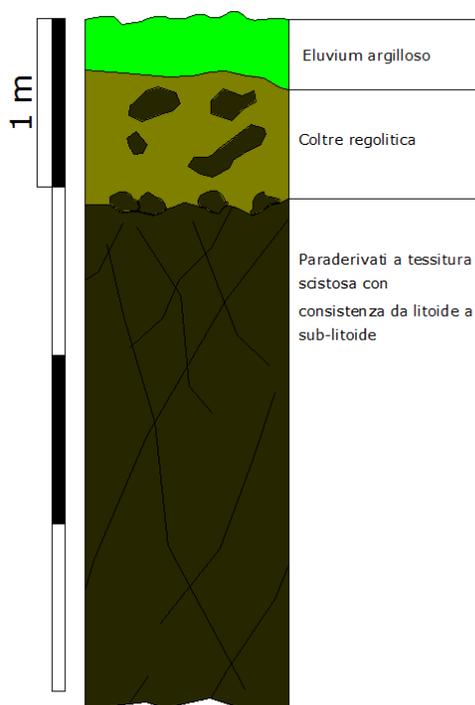


Figura 15 - Sequenza litostratigrafica B1.



Sezione lito-stratigrafica n. B1-bisUbicazione: **superficie altoplanare Zona B1.**

È costituita dall'alto verso il basso dai seguenti termini:

- a) Eluvium argilloso con immersi frammenti litici mediamente millimetrici, più raramente centimetrici, di composizione esclusivamente metarenacea.
POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.10 - 0.30 - 0.50.
- b) Livello regolitico-alteritico, in cui l'ortogneiss si presenta parzialmente arenizzato, destrutturato, con consistenza semicoerente, che rapidamente diviene sub-lapidea con l'incremento della profondità.
POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.00 - 0.30 – 0.80.
- c) Ortoderivati di consistenza da litoide a sub-litoide. All'esame macroscopico la roccia metamorfica mostra tessitura che va da olocristallina inequigranulare (con grana da media a grossolana), a porfirica fino a microcristallina, con marcate evidenze di iso-orientazioni di flusso date dalla conformazione dei filoncelli quarzosi che iniettano la roccia. L'ammasso roccioso è tendenzialmente di aspetto massivo, con piani di scistosità distanziati di qualche centimetro. La facies di alterazione della roccia madre varia a seconda delle sue caratteristiche, molto variabili di punto in punto per la sua natura di "roccia mista". In generale negli ortogneiss prevale il processo di "arenizzazione", similamente a quanto si osserva nei granitoidi.

Tabella 1 - Determinazione della Resistenza a Compressione Uniassiale attraverso prova sclerometrica

Letture sclerometro (kN)	Valore medio delle letture allo sclerometro (previa esclusione dei valori più alto ** e più basso *)	Resistenza a compressione uniassiale (Stima densità roccia=2400Kg/mc) (Direzione strumento: orizzontale)
20*	26	34 MPa
20		
24		
24		
24		
26		
28		
30		
32		
44**		



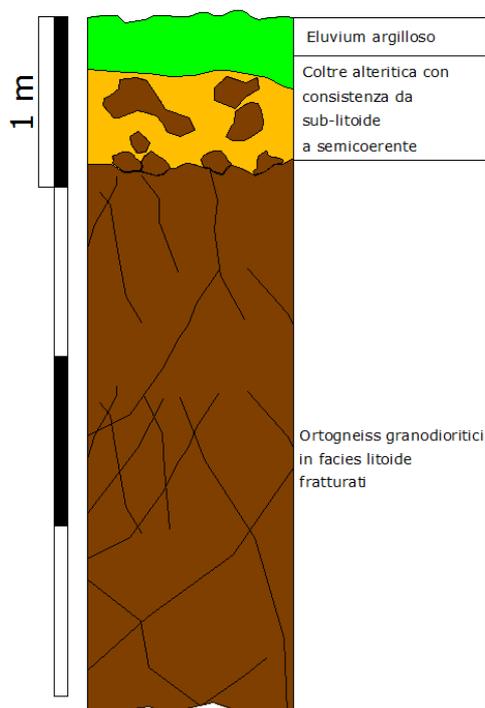


Figura 16 - Sequenza litostratigrafica B1-bis.

Nella **Zona B2** in sede di rilevamento geologico di superficie emerge una netta variazione nella natura del substrato litologico: ci si trova in questo caso in un contesto geologico igneo intrusivo, di natura granitoidale.

Le rocce granitoidi si riscontrano in affioramento con continuità lungo il previsto tracciato del cavidotto nella loro tipica facies massiva, francamente litoide. La superficie altoplanare in cui si sviluppa l'opera a rete presenta deboli pendenze e conformazione regolare, interrotta da spuntoni rocciosi e cataste di blocchi sub-sferoidali (tipica facies di alterazione del bedrock granitico), che lasciano intuire la prossimità del bedrock alla superficie topografica anche laddove non è direttamente riscontrabile, ricoperto da una debole coltre eluvio-colluviale di potenza media decimetrica.

La situazione litostratigrafica della Zona B2 è stata dunque agevolmente indagata, in questa fase progettuale, attraverso affioramenti diretti e sezioni stradali, oltre che attraverso indagini e scavi eseguiti a breve distanza dalla zona di stretto interesse progettuale nel corso di altri lavori, che hanno confermato sostanzialmente il dato emerso dal rilievo di superficie.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica e geomeccanica delle formazioni granitoidi riscontrate in affioramento nella Zona B si è fatto riferimento alle risultanze di prove in situ e di sperimentazioni in laboratorio geotecnico eseguite in occasione di pregressi studi condotti nell'area indagata. Occorre sottolineare a questo proposito che i risultati delle prove condotte nell'ambito di progettazioni svolte in passato su campioni di materiali prelevati nella zona di intervento, assimilabili a quelli interessati dalle lavorazioni in progetto, mostrano una buona omogeneità nei risultati e sono in linea con i valori bibliografici



riportati per l'area in studio, a riprova della validità e rappresentatività dei parametri adottati per il caso in esame.

In particolare, i parametri geotecnici a cui si fa riferimento di seguito per il livello alteritico sono rappresentativi del litotipo granitoide in facies alterata, semicoerente. Il campione è da ritenersi disturbato ed è stato estratto da un livello caratterizzato da un grado medio-elevato di alterazione, posto ad una profondità dal p.c. di circa 1.0 cm.

Si riportano di seguito (Sequenza litostratigrafica n. 2) i risultati di una *prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande* svolta nella modalità *consolidata drenata (CD)*, che ha consentito di pervenire a valori di ϕ e c ragionevolmente vicini a quelli che la letteratura suggerisce come *efficaci* (ϕ' e c') per il litotipo in oggetto, nell'ipotesi di una buona capacità di dissipazione delle pressioni neutre in presenza di sovraccarico (*condizioni drenate*).

La valutazione delle caratteristiche geomeccaniche della roccia nella facies massiva litoide è stata effettuata sulla base dei risultati di prove di rimbalzo con il Martello di Schmidt (Sclerometro). Il principio di funzionamento consiste nel misurare il rimbalzo di un pistone metallico che impatta sulla roccia per mezzo della spinta esercitata da una molla. Una volta applicata la correzione ai valori ottenuti *in situ* a seconda della posizione di impiego dello Sclerometro (da verticale a orizzontale), ed in base alla determinazione della densità della roccia in esame (circa 2800 kg/mc per i litotipi in esame), viene determinato il valore della resistenza alla compressione uniassiale.

Le informazioni e i dati litostratigrafici raccolti in fase degli accurati rilievi di superficie hanno condotto alla definizione del modello geologico del sottosuolo per la Zona B2.

In particolare, il modello geologico è stato ricostruito attraverso la definizione di una sequenza litostratigrafica-tipo, di seguito descritta, definibile come una unità geologico-tecnica che tende a comportarsi in maniera omogenea rispetto ad un dato tipo di problema geologico e geotecnico.



Sezione lito-stratigrafica n. B2Ubicazione: **superficie altoplanare Zona B2.**

È costituita dall'alto verso il basso dai seguenti termini:

- a) Eluvium sabbioso con immersi frammenti litici da millimetrici a centimetrici di composizione granitoidale.
POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.00 - 0.05 - 0.10.
- b) Livello alteritico, costituito da roccia granitoidale leggermente alterata¹ da semicoerente a sub-litoide.
POTENZA (m) MIN - MED - MAX: 0.00 - 0.05–0.10.

Caratterizzazione Geotecnica (dati bibliografici):

Coesione	0.10 kg/cmq
Angolo d'attrito interno	28°
Densità naturale	2,20 g/cmc
Densità secca	2,00 g/cmc

- c) Roccia granitoidale massiva francamente litoide.

Tabella 2 - Determinazione della Resistenza a Compressione Uniassiale

Lecture sclerometro (kN)	Valore medio delle lecture allo sclerometro (previa esclusione dei valori più alto** e più basso*)	Resistenza a compressione uniassiale Direzione strumento: verticale basso Densità roccia: 2800 Kg/mc
26*	45	102 MPa
32		
36		
36		
45		
48		
49		
55		
59		
75**		

In sede di rilevamento di superficie (giugno 2020) non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera superficiale impostata nella coltre alteritica dei granitoidi. Tuttavia, vista la sequenza litostratigrafica che caratterizza l'area non è da escludersi l'instaurarsi di falde superficiali stagionali al limite tra coltre alteritica e la roccia litoide.

¹Estratto dalla Rivista di Geotecnica, n. 2, 1993. Metodologia per la descrizione quantitativa delle masse rocciose. Tabella A – “Grado di alterazione delle masserocce”. **FORTEMENTE ALTERATA:** Più della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente come uno scheletro discontinuo o all'interno di singoli blocchi. **MODERATAMENTE ALTERATA:** Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi. **LEGGERMENTE ALTERATA:** La decolorazione indica una alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno.



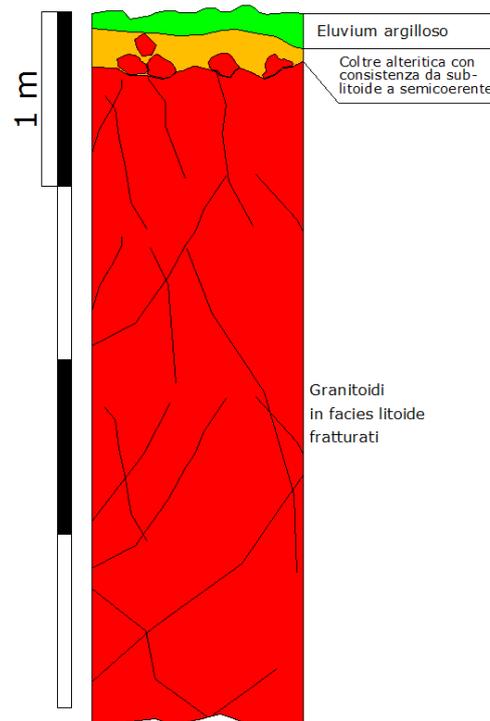


Figura 17 - Sequenza litostratigrafica B2.

Fotografia 6. Sezione stradale lungo il previsto tracciato del cavidotto, in cui si osserva roccia di consistenza da sub-litoide a litoide immediatamente al di sotto di una debole copertura eluvio-colluviale.



Fotografia 7. Sezione stradale lungo il previsto tracciato del cavidotto, in cui si osserva roccia di consistenza sub-litoide immediatamente al di sotto di una debole copertura eluvio-colluviale, che diviene rapidamente lapidea con l'ulteriore incremento della profondità.



9. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Il Parco eolico *Onanie* si sviluppa su un altopiano collinare morfologicamente delimitato in maniera molto netta da profonde incisioni vallive, rappresentato da un profilo evoluto, caratterizzato da settori pseudo pianeggianti (settori di ubicazione degli aerogeneratori e preferenziali per il cavidotto), con valori di pendenza ricadenti in classe 0-10%, delimitati dai settori circostanti a acclività molto elevata, anche superiore a 50%.

L'eredità strutturale della macroarea indagata ha svolto un ruolo importante nel modellamento del paesaggio, dato che la maggior parte delle valli e delle linee di impluvio, finanche le minori, si approfondiscono lungo faglie e fratture principali. Le discontinuità altimetriche individuano quindi una morfostruttura mediamente evoluta.

L'acclività dei fianchi vallivi è il carattere maggiormente evidente nell'osservazione generale del paesaggio e della sua evoluzione; ad essa sono legati in maniera diretta gli effetti dei principali processi geomorfici erosivi attivi, in particolare quelli dovuti alla gravità, che proprio per effetto della maggiore pendenza agiscono con intensità medio-elevata: a parità di altre condizioni infatti all'inclinazione dei versanti sono proporzionali la



velocità di deflusso, l'erosione superficiale e quindi l'entità del trasporto dei detriti prodotti dall'alterazione del substrato.

In relazione alla pendenza è possibile distinguere tre differenti tipologie di aree omogenee:

- Area con classe di pendenza 0-10%: comprende i settori pianeggianti e sub pianeggianti, a tratti ondulati, e le forme tabulari delle zone sommitali dell'altopiano: qui sono stati ubicati sia gli aerogeneratori, sia il cavidotto, sia viabilità di accesso al cantiere (adeguamenti e rettifiche).
- Aree con classe di pendenza 10-20%: comprende alcuni tratti di versanti collinari che vanno localmente ad ondulare la superficie dell'altopiano; qui si osservano occasionali deflussi laminari, raramente deflussi incanalati, con deboli processi di dilavamento superficiale, agevolata spesso dalla assenza di adeguata copertura vegetale. In relazione al progetto solo alcuni brevi tratti del cavidotto e della viabilità di accesso al cantiere rientrano in questa fascia.
- Aree con classi di pendenza superiore al 20%: comprendono le aree con acclività medio-elevata che contornano l'esteso altopiano; sono qui possibili soliflussi, processi gravitativi connessi con l'evoluzione dei versanti ed è elevato il rischio di frane di crollo o ribaltamento; non si hanno interventi in zone con queste caratteristiche clivometriche.

In linea generale si distinguono quindi nell'area vasta in cui si inquadra l'intervento le seguenti unità fisiografiche, sulla base della clivometria:

- fascia orografica di crinale e altoplanare, caratterizzata dalla presenza di roccia sub-affiorante e da morfologie a dossi e superfici lievemente ondulate, con pendenze modeste e priva di scarpate nette o fortemente incise. I processi geomorfologici in atto sono quasi del tutto assenti, al più rappresentati da divagazione areale;
- fascia di fondovalle, caratterizzata dalla presenza di fasce detritiche o alluvionali e da morfologie sub-pianeggianti. I processi geomorfologici sono legati a erosione torrentizia o accumulo/sedimentazione dei terreni detritici provenienti dai versanti;
- fascia orografica di raccordo tra le precedenti, caratterizzata nella zona di interesse da versanti molto acclivi, interessata localmente da fenomeni di dissesto gravitativo connessi a pericolosità anche elevata.

La totalità degli interventi previsti in progetto ricade nella fascia orografica di crinale e altoplanare.

Una volta definito il contesto di area vasta, è stato eseguito dallo scrivente un rilevamento geomorfologico di dettaglio, volto ad approfondire gli aspetti connessi alla pericolosità geomorfologica e quindi ai processi morfogenetici rilevanti che possano evolvere in tempi confrontabili con quelli di vita nominale dell'impianto eolico, indagando oltre i singoli settori di posizionamento degli aerogeneratori, anche i settori della viabilità di servizio e di passaggio del cavidotto interrato.

Le caratteristiche locali ed i processi geomorfici dell'area Parco sono nel seguito descritti distinguendo aree geomorfologicamente omogenee, ed in particolare:



1) Settore aerogeneratori, viabilità di servizio e primo tratto del cavidotto (Zona A e Zona B1-B1bis).

Gli aerogeneratori, il primo tratto del cavidotto e la relativa viabilità di servizio (adeguamento e rettifiche di nuova realizzazione) vanno a ricadere su superfici altoplanari pseudopianeggianti, in un settore sommitale allungato in direzione NNW-SSE che separa i bacini del Riu Laerru e del Riu Calavrina.

Il cavidotto e la viabilità di servizio per accesso mezzi di cantiere e trasporto aerogeneratori andranno a ricalcare viabilità interpodereale esistente, da adeguare se e ove necessario per consentire il passaggio di mezzi per la realizzazione dell'opera. Solo in alcuni brevi tratti si prevedono alcune rettifiche della viabilità esistente.

In questo settore non si evidenziano in corrispondenza dei previsti interventi forme di instabilità attive, quali crolli o ribaltamenti di roccia e scivolamenti della coltre alteritica, o processi di creep nelle coperture incoerenti. Non si osservano forme erosive legate a deflussi di acque superficiali, data la pendenza molto contenuta, a tratti assente, e le prevalenti caratteristiche litoidi delle rocce in posto, sub-affioranti.

I fenomeni di instabilità gravitativa si rilevano invece in corrispondenza delle incisioni vallive dei principali corsi d'acqua che contornano la zona di interesse (Fiume 92622, Riu Calavrina, Riu Laerru), come evidenziato nella Tav. 9.b - Carta Geomorfologica"; questi vanno ad esplicarsi in direzione divergente rispetto all'opera in progetto, non si ha dunque la possibilità che possano interessarle, né direttamente, né indirettamente.

Di seguito alcune immagini panoramiche dell'area in cui andranno a sorgere gli aerogeneratori (Zona A):

Fotografia 8. Panoramica Zona A



Fotografia 9. Panoramica Zona A



Fotografia10. Panoramica Zona A



Fotografia 11. Panoramica Zona A

In corrispondenza delle intersezioni con la rete idrica superficiale (DBT RAS), il progetto prevede che l'attraversamento sia realizzato in subalveo, con le modalità illustrate nella seguente Figura 18.

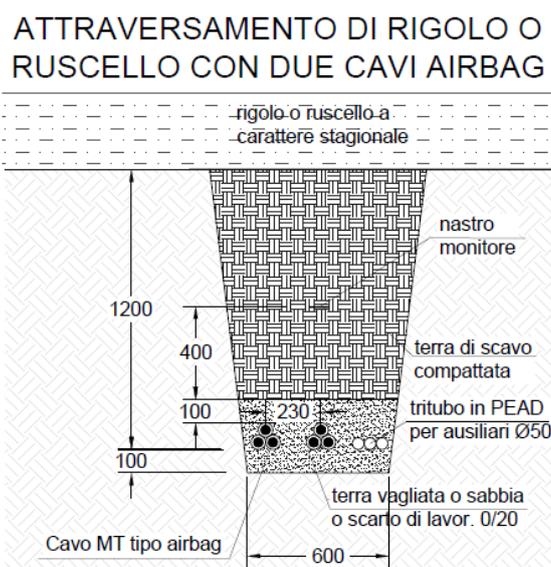


Figura 18 - Modalità di attraversamento dei corsi d'acqua

In relazione ad eventuali criticità in termini geomorfologici, si rilevano lungo il tratto di cavidotto ricadente nella Zona B1-B1bisi seguenti due tratti che vanno ad interessare zone con pendenza superiore al 15%:

- il primo si trova ubicato in Loc. Tenniferra (rif. Fotografia 12). Qui il cavidotto segue per circa 150 m il tracciato di un tratturo che risale il tratto sommitale del versante Sud di un rilievo collinare che svetta a 772 m slm. Il pendio è impostato interamente su roccia sub-affiorante, non presenta copertura detritica potenzialmente soggetta a fenomeni erosivi; dal rilievo non emergono evidenze di terreno che possano



ricondere a fenomeni di dissesto gravitativo in atto o potenziale.

Non sono presenti in questa zona linee di impluvio o conformazioni del versante tali da determinare concentrazione di deflussi, flussi incanalati di acque meteoriche, neppure occasionali. In relazione all'intervento in progetto in questo tratto (adeguamento/nuova realizzazione viabilità per accesso mezzi e posa cavidotto), data la sua entità e tipologia, è possibile affermare che non andrà a determinare o innescare processi geomorfici o fenomeni di dissesto gravitativo, così che le condizioni ex ante ed ex post intervento risulteranno invariate.

Fotografia 12 – Tratto con pendenza superiore al 15%



- il secondo tratto si trova ubicato nei pressi della intersezione tra cavidotto e SP50. Qui il cavidotto ricalca il tracciato di una strada interpodereale che costeggia sul lato Ovest la strada Bitti-Mamone, in un tratto in cui questa si trova in trincea. La scarpata stradale si trova impostata su roccia metamorfica (ortogneiss) e non risulta interessata allo stato attuale da fenomeni di instabilità gravitativa (rif. Fotografie n. 13-14). Dai rilievi geologici e geomorfologici condotti, è possibile affermare che la realizzazione del cavidotto non andrà a modificare lo stato di equilibrio della scarpata stradale e non andrà dunque a innescare fenomeni di instabilità gravitativa né in fase di realizzazione né in fase di esercizio. Le fotografie 15 e 16 che seguono ritraggono il tratto stradale ricadente in Hg3 ed il contesto geomorfologico in cui si inquadra quest'area. La freccia indica l'ubicazione del tracciato del cavidotto.



Fotografia 13



Fotografia 14



Fotografia 15



Fotografia 16



2) Settore secondo tratto del cavidotto e sottostazione elettrica (Zona B2).

In questo settore il cavidotto ricalca viabilità esistente, principale ed interpodereale, da adeguare se e ove necessario per consentire il passaggio di mezzi per la realizzazione dell'opera.

Il cavidotto e le altre opere che si prevede di realizzare in questo settore (sottostazione elettrica), vanno a ricadere in aree sub-pianeggianti in cui non si evidenziano forme di instabilità attive, quali crolli o ribaltamenti di roccia e scivolamenti della coltre alteritica, o processi di creep nelle coperture incoerenti. Non si osservano forme erosive legate a deflussi di acque superficiali, data la pendenza molto contenuta, a tratti assente, e le prevalenti caratteristiche litoidi delle rocce in posto, subaffioranti.

Le fotografie 17, 18 e 19 che seguono mostrano alcune immagini panoramiche della Zona B2.

Anche in questo tratto, le intersezioni con la rete idrica superficiale (DBT RAS), il progetto prevede come già descritto in precedenza, l'attraversamento in subalveo secondo le modalità illustrate nella Figura 18 che precede.

Fotografia 17

Fotografia 18



Fotografia 19



9.1. Considerazioni conclusive all'analisi geomorfologica

Sulla base dei rilievi geologici e geomorfologici eseguiti e viste le caratteristiche e l'ubicazione degli interventi è possibile concludere che i fenomeni geomorfologici osservati non vadano ad interferire in maniera significativa con le opere in progetto. La realizzazione delle opere in progetto non determinerà l'innescio di fenomeni erosivi, di fenomeni di instabilità locale e/o globale e non andrà in definitiva a determinare modifiche o incrementi del grado di pericolosità geologico-geomorfologica del sito di interesse. Inoltre non sarà compromessa la stabilità dei suoli e non si andranno a determinare o favorire fenomeni di denudazione o instabilità dei terreni o a turbare il regime delle acque.

10. LINEAMENTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

I **deflussi superficiali** sulle rocce paleozoiche che dominano l'area di intervento (sia metamorfiche sia ignee intrusive) sono impostati prevalentemente lungo direttrici tettoniche (faglie e fratture): ciò genera reticoli idrografici di tipo dendritico e sub-dendritico a tratti rettangolare, a testimonianza del forte controllo strutturale sullo scorrimento in alveo.

L'analisi del reticolo idrografico alla grande scala consente una agevole distinzione tra i tratti caratteristici del substrato metamorfico e quelli del substrato granitoide.

Il primo, maggiormente erodibile e suscettibile ai fenomeni erosivi in alveo, si caratterizza per l'assetto idrografico piuttosto giovanile, con alvei ad elevata pendenza, assenza di terrazzamenti e scarsi depositi alluvionali, reticoli idrografici mediamente gerarchizzati di tipo dendritico, a tratti rettangolare. L'erosione fluviale, agendo sui punti di debolezza (giunti) della roccia, ha creato dei tracciati ben individuati, che spesso formano linee di impluvio strette e ben scavate, che in alcuni casi evolvono fino a divenire meandri incassati. Interposte alle incisioni vallive, le linee di displuvio, seppure evidenti, nette e ben delineate topograficamente e morfologicamente, presentano solitamente una conformazione dolce e arrotondata.

Nel settore a dominante granitoide, invece, il reticolo presenta sub-dendritico, con scarsa gerarchizzazione ed un maggior numero di confluenze e deviazioni ad alto angolo. Il controllo tettonico risulta in questo caso maggiormente evidente, essendo meno netto l'effetto dell'erosione da parte delle acque di ruscellamento.

Non si rilevano interferenze col reticolo idrografico per i punti in cui sorgeranno gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica. Non si pongono pertanto in termini idrologici problemi connessi alla stabilità e la durabilità di queste opere.

Per quanto attiene al caviodotto, in sede di analisi delle previsioni progettuali, sono stati rilevati punti di interferenza tra l'opera in progetto e il reticolo idrografico (DBT Regionale).

Le aste sopra elencate presentano regime occasionale, con riattivazioni in concomitanza ad eventi pluviometrici intensi. Con il verificarsi di precipitazioni particolarmente intense o a carattere calamitoso, lungo le predette aste torrentizie possono verificarsi fenomeni di ruscellamento concentrato, che possono essere accompagnati da erosione sul fondo alveo a carico dei materiali di copertura (colluvio).



Trattasi di fossi di incisione locali, privi di idronimi, in genere colonizzati da vegetazione spontanea di tipo arboreo ed arbustivo con tempi di corrivazione molto bassi. I fossi, poco profondi, sono attestati nella copertura superficiale. Considerata la natura litoide del substrato, la capacità erosiva delle acque di smaltimento risulta trascurabile.

I singoli punti di interferenza sono stati oggetto di un rilievo di dettaglio, che ha consentito di individuare le più consone soluzioni progettuali al fine di evitare qualsivoglia interferenza tra opera in rete e deflussi superficiali. Si prevede in particolare di attraversare gli alvei in subalveo, garantendo rispetto al fondo alveo un franco di ricoprimento del cavidotto di almeno 1m. Sarà necessario approfondire preventivamente lo scavo a sezione obbligata per la sua posa fino ad attestarsi su terreni in posto, oltrepassando la eventuale coltre detritica o alluvionale che si venga ad intercettare in fase realizzativa. I fenomeni di dissesto idraulico potenzialmente esplicabili lungo il tracciato alle intersezioni con le aste, infatti, sono a carico delle coltri alloctone, con la possibilità di fenomeni di trasporto solido e asportazione di terreni di origine alluvionale e detritica. Più raramente si osserva asportazione di roccia in posto.

In conclusione, in considerazione delle modalità previste in progetto per gli attraversamenti fluviali da parte del cavidotto non saranno creati nuovi ostacoli al libero deflusso delle acque o modifiche al regime idrologico attuale.

Per quanto attiene **all'aspetto idrogeologico**, le acque di corrivazione superficiale danno origine, sui litotipi non litoidi coesivi o sub-litoidi (quali colluvio, detrito di versante e coltre alterata delle rocce paleozoiche), a infiltrazioni limitate e stagionali che possono alimentare emergenze sorgentizie e/o falde acquifere superficiali di modesta entità, le quali si sviluppano al contatto fra la coltre superficiale di roccia alterata ed il sottostante basamento, metamorfico o granitico, massivo fratturato (che rappresenta un acquitardo di base) e tendono a seguire l'andamento della superficie topografica (permeabilità primaria). Date le medio-basse potenze delle formazioni porose, che lasciano il passo alle formazioni litoidi (a permeabilità secondaria), l'acqua di falda superficiale tende ad accumularsi soprattutto in corrispondenza delle aree di compluvio, in genere ha potenze scarse e la sua presenza è direttamente connessa al regime delle precipitazioni e delle acque di scorrimento superficiale, spesso quindi ha anch'essa regime stagionale.

Il bedrock litoide, sia igneo sia metamorfico, può essere sede di falda acquifera profonda localizzata in fratture e discontinuità, anch'essa in generale non molto potente e limitata alle porzioni di roccia maggiormente fratturate. Le rocce del basamento possono presentare localmente delle fasce a maggior grado di cataclasizzazione, in corrispondenza delle quali vanno a impostarsi falde acquifere più ricche e profonde.

In conclusione, l'analisi idrogeologica eseguita per l'area in esame ha permesso di definire il seguente modello idrogeologico concettuale:

- livello freatico di tipo sospeso e stagionale che può presentarsi nei litotipi paleozoici, metamorfici o granitoidi, alterati, e/o nei depositi eluvio-colluviali incoerenti;
- livello/i semiconfinato/i possono essere presenti a diverse profondità del sottosuolo nei litotipi metamorfici



o granitoidi fessurati, sostenuti dai medesimi litotipi poco fessurati o compatti (acquitardo basale).

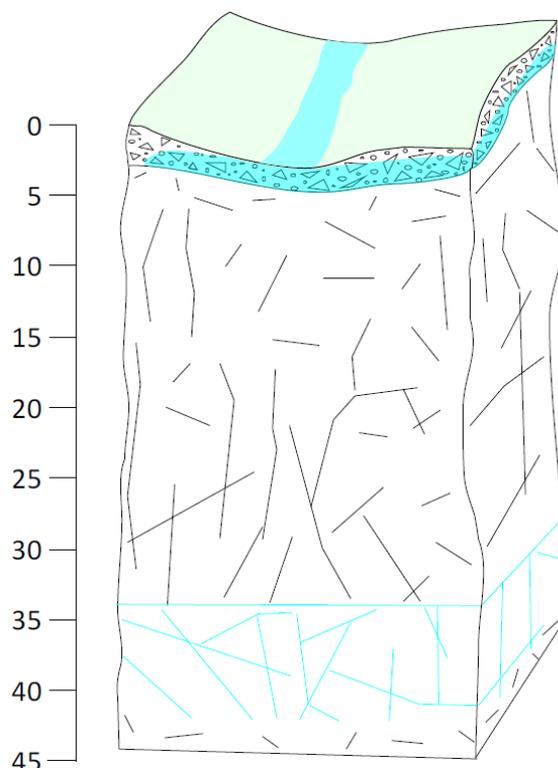


Figura 19 - Colonna idrogeologica concettuale “tipo” dedotta per l’area Parco Onanie.

Come già asserito nel capitolo dedicato alla modellazione geologica del sito di intervento, in sede di esecuzione della campagna di indagini geognostiche (n. 5 pozzetti geognostici eseguiti nel febbraio 2014) e del rilievo geologico di superficie che hanno interessato la zona di intervento non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera superficiale impostata nella coltre alteritica del bedrock (metamorfico e granitoidi) che sormonta il substrato lapideo, in entrambi i casi disturbato tettonicamente.

Tuttavia, viste le sequenze litostratigrafiche definite per l’area di indagine non è da escludersi l’instaurarsi di falde superficiali stagionali al limite tra coltre alteritica e roccia lapidea, come illustrato nel modello idrogeologico concettuale di Figura 19.

L’indagine geognostica e il rilievo di superficie ad oggi eseguiti si riferiscono dunque alla definizione delle condizioni di superficie dell’area di interesse progettuale all’atto del rilievo e della esecuzione delle indagini geognostiche.

Conseguentemente, per l’esecuzione degli interventi di scavo e rimodellamento del suolo per la realizzazione della viabilità d’accesso, per la realizzazione del cavidotto e per l’attestazione ed il dimensionamento delle opere di fondazione di ciascun aerogeneratore, i litotipi ricadenti nel volume significativo dovranno essere ulteriormente caratterizzati, in fase di progettazione esecutiva, sulla base di un piano d’indagini che preveda l’esecuzione di scavi esplorativi e perforazioni di sondaggio spinte fino ad



interessare l'intero volume significativo, sia sul settore di ubicazione di ciascun aerogeneratore, sia lungo le opere a rete.

Ciò consentirà di appurare direttamente anche lo stato del bedrock roccioso in profondità e la presenza di una eventuale falda acquifera profonda, nell'ipotesi che si debbano impiegare fondazioni profonde atte ad ancorare il plinto di appoggio dell'aerogeneratore.

Al fine di consentire il monitoraggio della falda acquifera, già in sede di redazione del piano delle indagini propedeutiche al progetto esecutivo si prevederà di attrezzare a piezometro a tubo aperto un congruo numero di perforazioni di sondaggio (con un minimo di n. 1 sondaggio per ciascun aerogeneratore, opera maggiormente complessa in termini geotecnici e per la quale si stimano i più rilevanti volumi significativi).

Ciò consentirà di verificare la quota piezometrica della falda acquifera, ove presente, e di registrarne le eventuali oscillazioni in sede di progettazione delle opere.

Fatta questa premessa, si riportano di seguito alcune considerazioni inerenti alle possibili interazioni tra circolazione idrica sotterranea e opere previste in progetto.

Installazione di n. 6 aerogeneratori. I plinti di fondazione delle singole torri eoliche, ivi compresi gli scavi per il loro alloggiamento, sono da considerarsi opere puntuali e localizzate. La loro posa sarà preceduta dalla realizzazione di adeguati sistemi di drenaggio.

Analogamente, anche le eventuali fondazioni profonde a sostegno del singolo plinto presentano carattere puntuale e circoscritto, così che sotto il profilo dell'integrità delle risorse idriche sotterranee si può affermare che la loro realizzazione non andrebbe ad influenzare apprezzabilmente l'assetto idrogeologico dell'area.

In definitiva, non si ritiene che la realizzazione dei n. 6 aerogeneratori possa determinare modifiche apprezzabili nell'assetto idrogeologico dell'area di intervento, nelle direzioni di drenaggio di eventuali falde acquifere sia superficiali sia profonde, o nella produttività degli eventuali acquiferi presenti.

Sottostazione elettrica. Anche la sottostazione elettrica è da considerarsi un'opera puntuale e circoscritta. Visto il contesto geologico in cui andrà a sorgere si prevede al momento la realizzazione di un impianto di fondazioni superficiali, la cui posa sarà preceduta, anche in questo caso, dalla realizzazione di adeguati sistemi di drenaggio.

In definitiva, non si ritiene che la realizzazione della sottostazione elettrica possa determinare modifiche nell'assetto idrogeologico dell'area di intervento, nelle direzioni di drenaggio di eventuali falde acquifere superficiali, o nella produttività degli eventuali acquiferi presenti. Non si prevedono interazioni con una eventuale falda profonda.

Cavidotto interrato (e eventuali reti tecnologiche interrate). Il cavidotto è un'opera lineare interrata la cui realizzazione necessita la previsione di accorgimenti progettuali finalizzati a minimizzare l'interazione con la circolazione idrica sotterranea, con riferimento in particolare all'instaurarsi di una falda superficiale, ancorché a carattere stagionale o anche solo effimera e sospesa. Benché dai rilievi e dalle indagini ad oggi eseguite



non sia emersa la presenza di una falda superficiale, l'assetto idrogeologico dell'area di intervento è tale da non poter escludere la possibilità che questa possa periodicamente presentarsi, vista la presenza di un livello acquifero superficiale.

La modesta profondità di scavo prevista per la trincea del cavidotto rende altamente improbabile l'instaurarsi di interferenze tra il cavidotto ed una eventuale falda superficiale: infatti, in sede di rilevamento geologico di superficie non sono stati osservati fenomeni di idromorfia o zone di ristagno superficiale che indichino falde con soggiacenza così prossima alla superficie topografica.

Viabilità. La conformazione plano-altimetrica dell'area di intervento fa sì che la realizzazione della viabilità non vada a comportare scavi o riprofilature di rilievo, minimizzando al massimo la possibilità di interferenze con eventuali falde superficiali. La realizzazione della struttura e della sovrastruttura stradale sarà realizzata a regola d'arte, con impiego di materiali drenanti che impediranno fenomeni di risalita capillare o, al contrario, imbibizione e impaludamento della carreggiata. Di fatto, la realizzazione della viabilità non andrà quindi ad influenzare l'assetto idrogeologico dell'area.

10.1. Considerazioni conclusive all'analisi idrogeologica

Analizzate le previsioni di intervento, in esito allo studio dell'assetto idrogeologico dell'area in cui sorgeranno le opere in progetto e di un suo ampio intorno, è possibile concludere che la loro realizzazione non possa determinare modifiche nell'assetto idrogeologico dell'area, nelle direzioni di drenaggio di eventuali falde acquifere sia superficiali sia profonde, o nella produttività degli eventuali acquiferi presenti. In definitiva, dunque, la realizzazione del parco eolico "*Onanie*" non andrà ad influenzare l'assetto idrogeologico dell'area.

11. CONCLUSIONI

Il presente elaborato fornisce la descrizione dei lineamenti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area oggetto di intervento, ubicata nei comuni di Onani, Bitti e Buddusò.

Il rilevamento di superficie è stato effettuato secondo i seguenti livelli di dettaglio:

- un rilievo della macroarea di intervento, alla scala 1:25.000;
- un rilievo di dettaglio, alla scala 1:1.000, in corrispondenza del piano di posa dei singoli aerogeneratori e della sottostazione elettrica;
- un rilievo di dettaglio, alla scala 1:2.000, in corrispondenza del tracciato del cavidotto e della viabilità di servizio (adeguamento/rettifiche).

Gli elementi geotematici acquisiti nel corso della stesura della presente Relazione Geologica, integrati opportunamente fra loro ed anche attraverso la esecuzione di indagini geognostiche dirette (n. 5 pozzetti geognostici), hanno permesso di descrivere il modello geologico di riferimento delle zone interessate dalla realizzazione degli interventi, con la definizione di n. 3 sequenze litostratigrafiche-tipo, attraverso cui si



effettuerà il dimensionamento e la quantificazione degli interventi di scavo e rimodellamento del suolo per la realizzazione della viabilità d'accesso, per la realizzazione del cavidotto e per l'attestazione ed il predimensionamento delle opere di fondazione di ciascun aerogeneratore.

Occorre sottolineare che l'indagine geognostica ad oggi eseguita si riferisce alla definizione delle condizioni di superficie dell'area di interesse.

Conseguentemente, per l'esecuzione degli interventi di scavo e rimodellamento del suolo per la realizzazione della viabilità d'accesso, per la realizzazione del cavidotto e per l'attestazione ed il dimensionamento delle opere di fondazione di ciascun aerogeneratore, i litotipi ricadenti nel volume significativo dovranno essere ulteriormente caratterizzati, in fase di progettazione esecutiva, sulla base di un piano d'indagini che preveda l'esecuzione di scavi esplorativi e perforazioni di sondaggio spinte fino ad interessare l'intero volume significativo, sia sul settore di ubicazione di ciascun aerogeneratore, sia lungo le opere a rete.

Ciò consentirà di appurare direttamente lo stato del bedrock roccioso in profondità e la presenza di una eventuale falda acquifera profonda, nell'ipotesi (realistica) che si debbano impiegare fondazioni profonde atte ad ancorare il plinto di appoggio dell'aerogeneratore.

Al fine di consentire il monitoraggio della falda acquifera, già in sede di redazione del piano delle indagini propedeutiche al progetto esecutivo si prevederà di attrezzare a piezometro a tubo aperto un congruo numero di perforazioni di sondaggio (con un minimo di n. 1 sondaggio per ciascun aerogeneratore, opera maggiormente complessa in termini geotecnici e per la quale si stimano i più rilevanti volumi significativi).

Ciò consentirà di verificare la quota piezometrica della falda acquifera, ove presente, e di registrarne le eventuali oscillazioni in sede di progettazione delle opere.

Lo stato relativo ai processi geomorfologico-evolutivi locali non ha evidenziato nei settori di posizionamento degli aerogeneratori, del cavidotto e della sottostazione elettrica condizioni di potenziale instabilità gravitativa.

Sulla base dei rilievi geologici e geomorfologici eseguiti e viste le caratteristiche e l'ubicazione degli interventi è possibile concludere che i fenomeni geomorfologici osservati nella zona di interesse progettuale non vadano ad interferire in maniera significativa con le opere in progetto. La realizzazione delle opere in progetto non determinerà l'innescio di fenomeni erosivi, di fenomeni di instabilità locale e/o globale e non andrà in definitiva a determinare modifiche o incrementi del grado di pericolosità geologico - geomorfologica del sito di interesse. Inoltre, non sarà compromessa la stabilità dei suoli e non si andranno a determinare o favorire fenomeni di denudazione o instabilità dei terreni o a turbare il regime delle acque.

Analizzate le previsioni di intervento, in esito allo studio dell'assetto idrogeologico dell'area in cui sorgeranno le opere in progetto e di un suo ampio intorno, è possibile concludere che la loro realizzazione non possa determinare modifiche nell'assetto idrogeologico dell'area, nelle direzioni di drenaggio di eventuali falde acquifere sia superficiali sia profonde, o nella produttività degli eventuali acquiferi presenti. In definitiva, dunque, la realizzazione del parco eolico "*Onanie*" non andrà ad influenzare l'assetto idrogeologico dell'area.



Il progetto in esame va ad interessare aree assoggettate a vincolo idrogeologico (istituito e normato con il Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923), ragione per cui con la presente Relazione Geologica si è verificato che gli interventi in progetto non innescano fenomeni erosivi, non compromettono la stabilità dei suoli, non determinano o favoriscono fenomeni di denudazione o instabilità dei terreni e non turbano il regime delle acque.

Sulla base delle indagini, dei rilievi e degli studi condotti nell'area di interesse progettuale e nel suo intorno significativo, considerate le caratteristiche delle opere in progetto, è possibile concludere attestando la fattibilità geologica dell'intervento.



ALLEGATI



STRATIGRAFIA POZZETTI GEOGNOSTICI

		Dr. Geol. Michele A. Ena Via Gramsci, 23 08100 Nuoro (I) Tel. 0784 208030 – Cell.3479506478 E-mail: richele.ena@tiscali.it								
Pozzetto geognostico n. PZ1 Committente: ECOS s.r.l. Cantiere: "Parco eolico Onani (NU)". TORRE N° 1 Data: 4 febbraio 2014 Ubicazione pozzetto (Coordinate Gauss - Boaga): E 1537081; N 4484799. Profondità finale: 0,70 m Falda acquifera: assente										
m	Descrizione Litologie			Parametri geotecnici						
	Prof. Strati	Spess. Strati		Coes. kg/cmq	Angolo *	γ_w g/cmc	γ_d g/cmc	Mod. Ed kg/cmq	Compr. Mpa	Classif. AASHO
0,0										
0,2	0,2	0,2								
0,4										
0,5	0,5	0,3		0,15	32,35			Cfr. Certif.		
0,7	0,7	0,2								
Note:										
										
Pozzetto geognostico n. 1										



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

 Dr. Geol. Michele A. Ena Via Gramsci, 23 08100 Nuoro (I) Tel. 0784 208030 – Cell.3479506478 E-mail: michele.ena@tiscali.it														
<p>Pozzetto geognostico n. PZ2 Committente: ECOS s.r.l. Cantiere: "Parco eolico Onani (NU)". TORRE N° 2 Data: 4 febbraio 2014 Ubicazione pozzetto (Coordinate Gauss - Boaga): E 1536801; N 4485348. Profondità finale: 1,65 m Falda acquifera: assente</p>														
m				Descrizione Litologie				Parametri geotecnici						
0,0	Prof. Strati	Spess. Strati						Coes. kg/cmq	Angolo °	γ_n g/cm ³	γ_s g/cm ³	Mod. Ed. kg/cmq	Compr. Mpa	Classif. AASHO
0,2				TOP SOIL										
0,4				Terreno vegetale										
0,6	0,6	0,60												
0,8				Coltre alteritica										
1,0														
1,2	1,10	0,50												
1,4				Roccia fratturata e fortemente alterata									6,166	
1,7	1,65	0,55												
Note:														
														
Pozzetto geognostico n. 2														



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

 <p>Dr. Geol. Michele A. Ena Via Gramsci, 23 08100 Nuoro (I) Tel. 0784 208030 – Cell.3479506478 E-mail: michele.ena@tiscali.it</p>											
<p>Pozzetto geognostico n. PZ3 Committente: ECOS s.r.l. Cantiere: "Parco eolico Onani (NU)". TORRE N° 3 Data: 4 febbraio 2014 Ubicazione pozzetto (Coordinate Gauss - Boaga): E 1537089; N 4485410. Profondità finale: 1,40 m Falda acquifera: assente</p>											
m	Descrizione Litologie				Parametri geotecnici						
	Prof. Strati	Spess. Strati			Coes. kg/cmq	Angolo °	γ_n g/cm ³	γ_s g/cm ³	Mod. Ed. kg/cmq	Compr. Mpa	Classif. AASHO
0,0				TOP SOIL							
0,2				Terreno vegetale							
0,4	0,45	0,45									
0,6				Coltre alteritica							
0,8	0,80	0,35									
1,0											
1,2				Roccia fratturata e fortemente alterata							
1,4	1,40	0,60								4,463	
Note:											
											
Pozzetto geognostico n. 3											



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

		Dr. Geol. Michele A. Ena Via Gramsci, 23 08100 Nuoro (I) Tel. 0784 208030 – Cell.3479506478 E-mail: michele.ena@tiscali.it								
<p>Pozzetto geognostico n. PZ4</p> Committente: ECOS s.r.l. Cantiere: "Parco eolico Onani (NU)". TORRE N° 4 Data: 4 febbraio 2014 Ubicazione pozzetto (Coordinate Gauss - Boaga): E 1537413; N 4485546. Profondità finale: 2,00 m Falda acquifera: assente										
m	Descrizione Litologie			Parametri geotecnici						
	Prof. Strati	Spess. Strati		Coes. kg/cmq	Angolo °	γ_n g/cm ³	γ_d g/cm ³	Mod. Ed. kg/cmq	Compr. Mpa	Classif. AASHO
0,0										
0,2										
0,4	0,30	0,30								
0,6										
0,8	0,75	0,40								
1,0										
1,2										
1,4										
1,6										
1,8										
2,0	2,0	1,30								
Note:										
										
Pozzetto geognostico n. 4										



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

		Dr. Geol. Michele A. Ena Via Gramsci, 23 08100 Nuoro (I) Tel. 0784 208030 – Cell.3479506478 E-mail: michele.ena@tiscali.it								
<p>Pozzetto geognostico n. PZ4 A</p> Committente: ECOS s.r.l. Cantiere: "Parco eolico Onani (NU)". TORRE N° 4 Data: 4 febbraio 2014 Ubicazione pozzetto (Coordinate Gauss - Boaga): E 1531043; N 4480537 Profondità finale: 1,30 m Falda acquifera: assente										
m		Descrizione Litologie		Parametri geotecnici						
0,0	Prof. Strati	Spess. Strati		Coes. kg/cmq	Angolo °	γ_n g/cm ³	γ_s g/cm ³	Mod. Ed. kg/cmq	Compr. Mpa	Classif. AASHO
0,2	0,25	0,25	TOP SOIL Terreno vegetale							
0,4			Coltre alteritica							
0,6	0,55	0,30								
0,8										
1,0										
1,2			Roccia fratturata e fortemente alterata							
1,3	1,30	0,75								
Note:										
										
Pozzetto geognostico n. 4A										

