

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

ABBILA

**Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai
e Perdasefogu (NU)**



**ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI**
N. 3832 *Manolo Mulana*
Dott. Ing. MANOLO MULANA

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.
0	30/04/21	Emesso per procedura di VIA	IAT	Sartec	Sartec

**ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI**
N. 3453 *Giuseppe Frongia*
Dott. Ing. Giuseppe Frongia

**ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA**
N. 211 *Mauro Pompei*
Dott. Geol. Mauro Pompei

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

ABBILA

**Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai
e Perdasdefogu (NU)**

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

COORDINAMENTO GENERALE:

SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

Ing. Manolo Mulana

Ing. Giuseppe Frongia (I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.)

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico)

Gruppo di lavoro:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Mariano Agus

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Ing. Gianluca Melis

Dott.ssa Elisa Roych

Ing. Emanuela Spiga

Ing. Francesco Schirru

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Mauro Pompei – Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti pedologici ed uso del suolo: Dott. Nat. Marco Cocco

Rumore: Dott. Francesco Perria – Ing. Manuela Melis

Interferenze telecomunicazioni: Respect S.r.l. – Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella – Ing. Emilio Ghiani

SOMMARIO

1	ASPETTI INTRODUTTIVI.....	4	
1.1	INTRODUZIONE.....	4	
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI	5	
1.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6	
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO	7	
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	7	
2.2	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	11	
3	PERIMETRAZIONE	PAI	E
	DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI.....		13
3.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA		13
3.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....		18
4	MODELLAZIONE GEOLOGICA		22
4.1	ASSETTO GEOLOGICO DI CONTESTO		22
4.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE.....		24
4.3	STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....		28
4.4	ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO.....		36
4.5	ASSETTO IDROGEOLOGICO		37
5	MODELLO GEOTECNICO.....		40
5.3	VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA POSTAZIONE 508.....		42
5.4	VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA POSTAZIONE 509.....		43
5.5	VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA POSTAZIONE 518.....		44
5.6	CAVIDOTTI.....		44
6	VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI PAI.....		47

1 ASPETTI INTRODUTTIVI

1.1 Introduzione

Il presente Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica, riguardante «*l'Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai nei Comuni di Ulassai e Perdasdefogu (NU)*» mediante la realizzazione di n. 8 nuovi aerogeneratori e delle relative opere accessorie (viabilità e cavidotti), si redige in conformità con le disposizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III «IL CONTROLLO DEL RISCHIO NELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA: Capo I – *Norme comuni per la disciplina degli interventi nelle aree di pericolosità idrogeologica*», con particolare riferimento all'artt. 25 delle medesime che prescrive l'esecuzione di uno «STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA» per i progetti di opere ammissibili da realizzarsi nelle aree a pericolosità geologica media (Hg2) ed elevata (Hg3).

Nel caso specifico, in questa sede si è fatto riferimento all'Allegato F delle N.T.A. del P.A.I. che indica i criteri con cui deve essere predisposto lo studio.

L'intento preordinato è quello di:

- valutare il progetto con riferimento alle finalità e agli effetti sull'ambiente;
- verificare l'esistenza di pericolosità da frana del luogo in cui si inserisce l'intervento in progetto;
- analizzare le relazioni tra le trasformazioni degli areali nei quali si prevede di intervenire e l'assetto geostatico dei luoghi, in funzione dei dissesti attivi o potenziali delle aree interessate;
- verificare e dimostrare la coerenza del progetto con le previsioni del PAI.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

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

- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018*»;
- D.M. 14.01.2018 «*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009 «*Istruzioni per l'applicazione delle nuove "Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008"*»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003 «*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;
- Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 «*Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica*»;
- D.M. LL.PP.11.03.1988 «*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*» e relativa Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero LL.PP.;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 del 11.03.2005;
- Norme di Attuazione del P.A.I. - Testo coordinato e ss.mm.ii..

1.3 Documenti di riferimento

- [1] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A.;
- [2] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geotecnica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello;
- [3] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione sismica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello;
- [4] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostici, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A.;
- [5] «Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu», relazione geologico-tecnica, Dott. Nicolò Consuelo;
- [6] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus-Fenarbu - Integrazione per gli aerogeneratori MVS 9-23-28-35-40-48», relazione geologica, Indagine geognostica, relazione geotecnica, ottobre 2005, Dott. Angius Antonello e Dott. Corda Graziella;
- [7] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus-Fenarbu. Integrazione per gli aerogeneratori MVS 1÷6», relazione geologica, indagine geognostica, relazione geologico-tecnica, agosto 2009, Dott. Angius Antonello;
- [8] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus – Fenarbu», relazione geologica-geotecnica-sondaggi, giugno 2004 Dott. Angius Antonello e Dott. Corda Graziella;

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO

2.1 Inquadramento territoriale dell'area di intervento

L'intervento in progetto riguarda il parco eolico di Ulassai che attualmente consta di n. 57 turbine ubicate tra i territori comunali di Ulassai (n. 52 WTG) e Perdasdefogu (n. 5 WTG). L'ampliamento in essere prevede l'installazione di n. 8 nuovi aerogeneratori (identificativi 508, 509, 513, 514, 516, 518, 523 e 524) in altrettanti siti individuati nei territori di Perdasdefogu (513, 514 e 516) ed Ulassai (508, 509, 518, 523 e 524), nel settore che abbraccia i Tacchi dell'Ogliastra e il basamento paleozoico della Barbagia (Figura 2.1), ove le quote s.l.m. variano, nella configurazione di progetto, rispettivamente tra 630÷660 m e 800÷820 m.

Il centro abitato più prossimo all'area di progetto è Perdasdefogu che sorge, in linea d'aria, circa 3,4 km a ovest-sudovest.

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

- | | |
|-----------------------------------------------|-------------------|
| – C.T.R. Foglio 541060 “Monte Corongiu” | [scala 1:10.000] |
| – C.T.R. Foglio 541070 “Monte Arbu” | [scala 1:10.000] |
| – C.T.R. Foglio 541100 “Perdasdefogu” | [scala 1:10.000] |
| – C.T.R. Foglio 541110 “Tertenia” | [scala 1:10.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-I “Jerzu” | [scala 1:25.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-II “Tertenia” | [scala 1:25.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-III “Escalaplano” | [scala 1:25.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-IV “Genna su Ludu” | [scala 1:25.000] |
| – Carta Geologica d'Italia Foglio 541 “Jerzu” | [scala 1:100.000] |



Figura 2.1 - Panoramica del parco eolico di Ulassai visto dall'altopiano calcareo di Perdasdefogu.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021

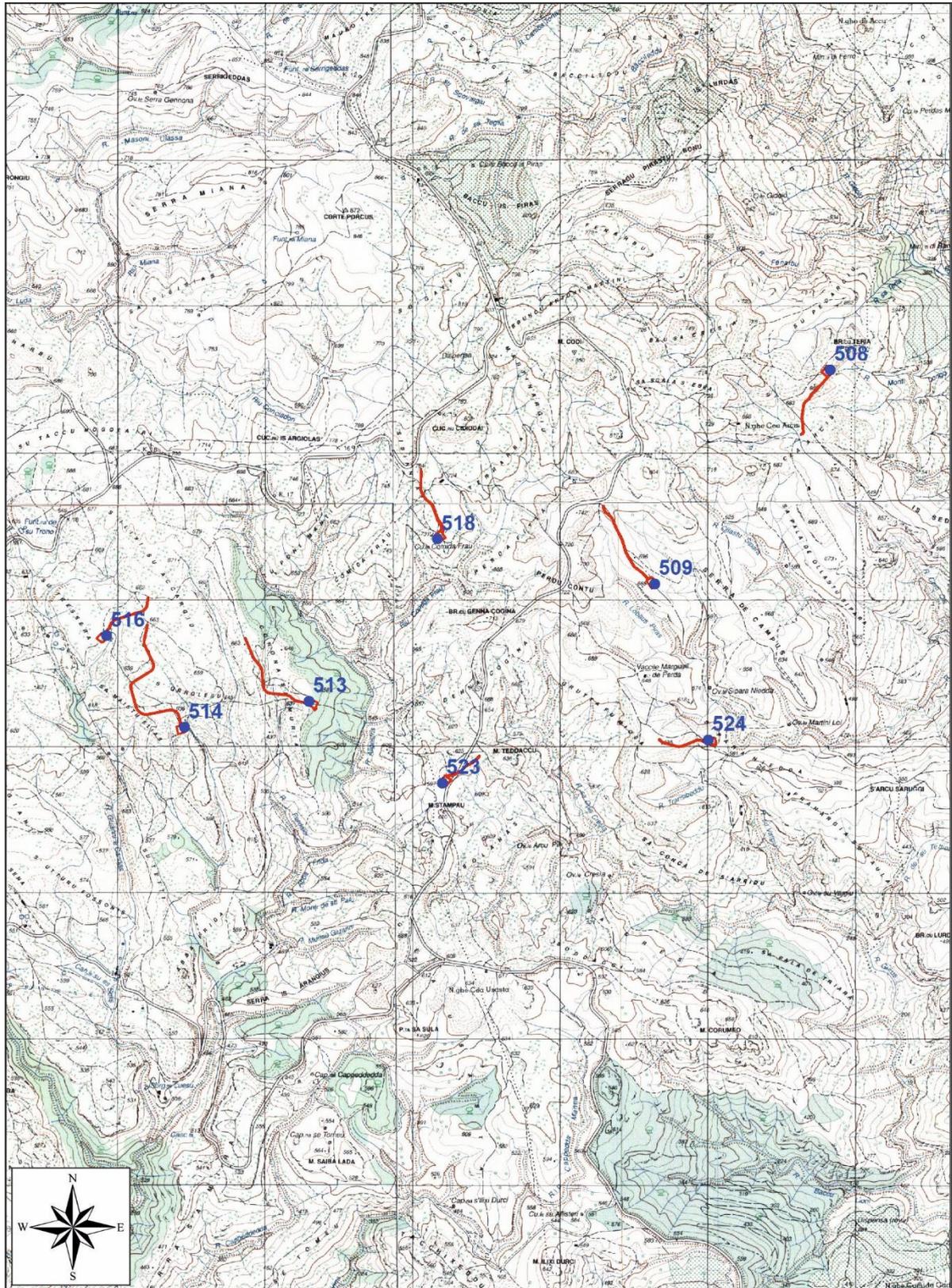


Figura 2.2 - Aerogeneratori in progetto su base cartografica I.G.M., fuori scala.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021

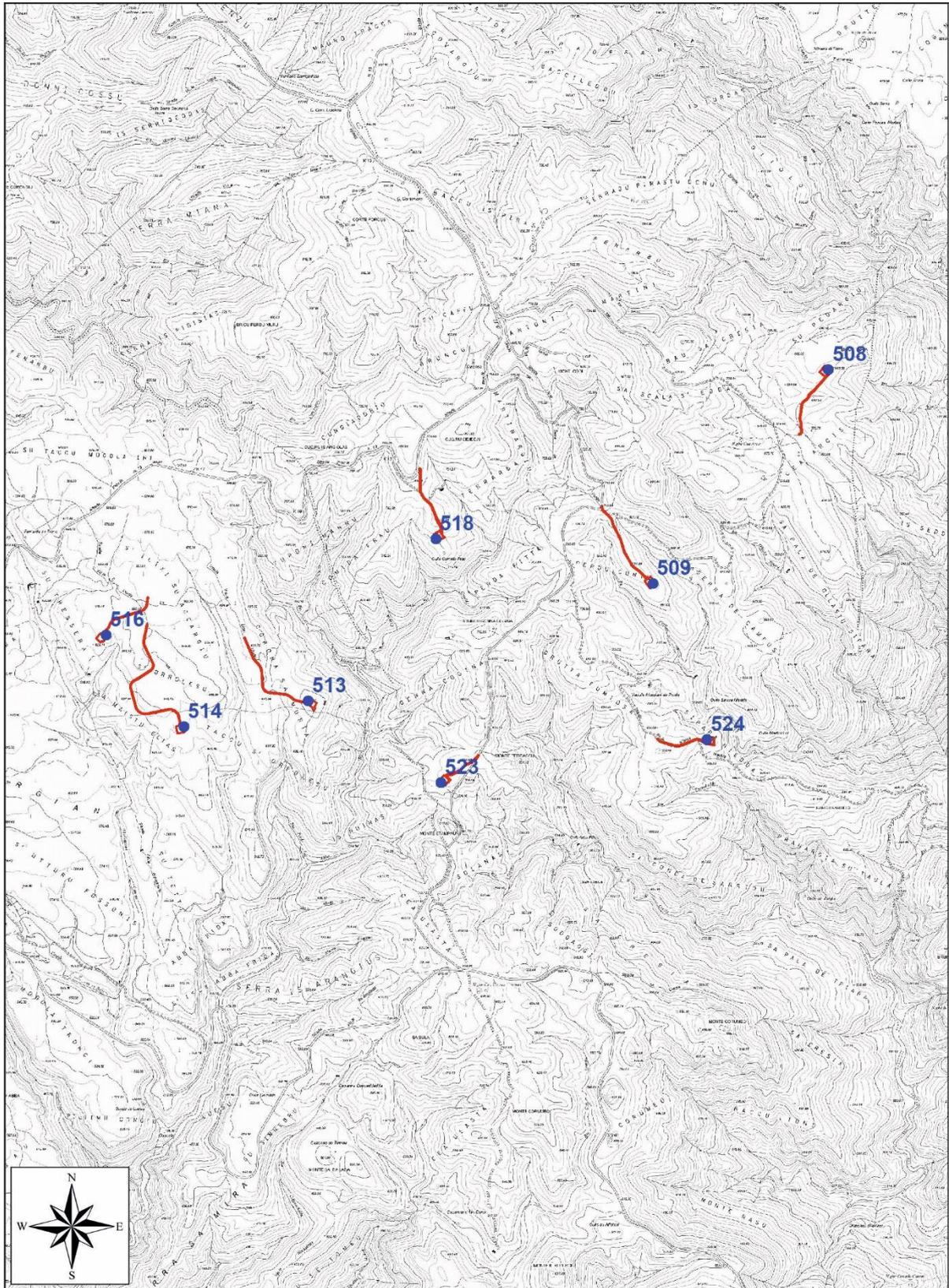


Figura 2.3 - Aerogeneratori in progetto su base cartografica C.T.R., fuori scala.

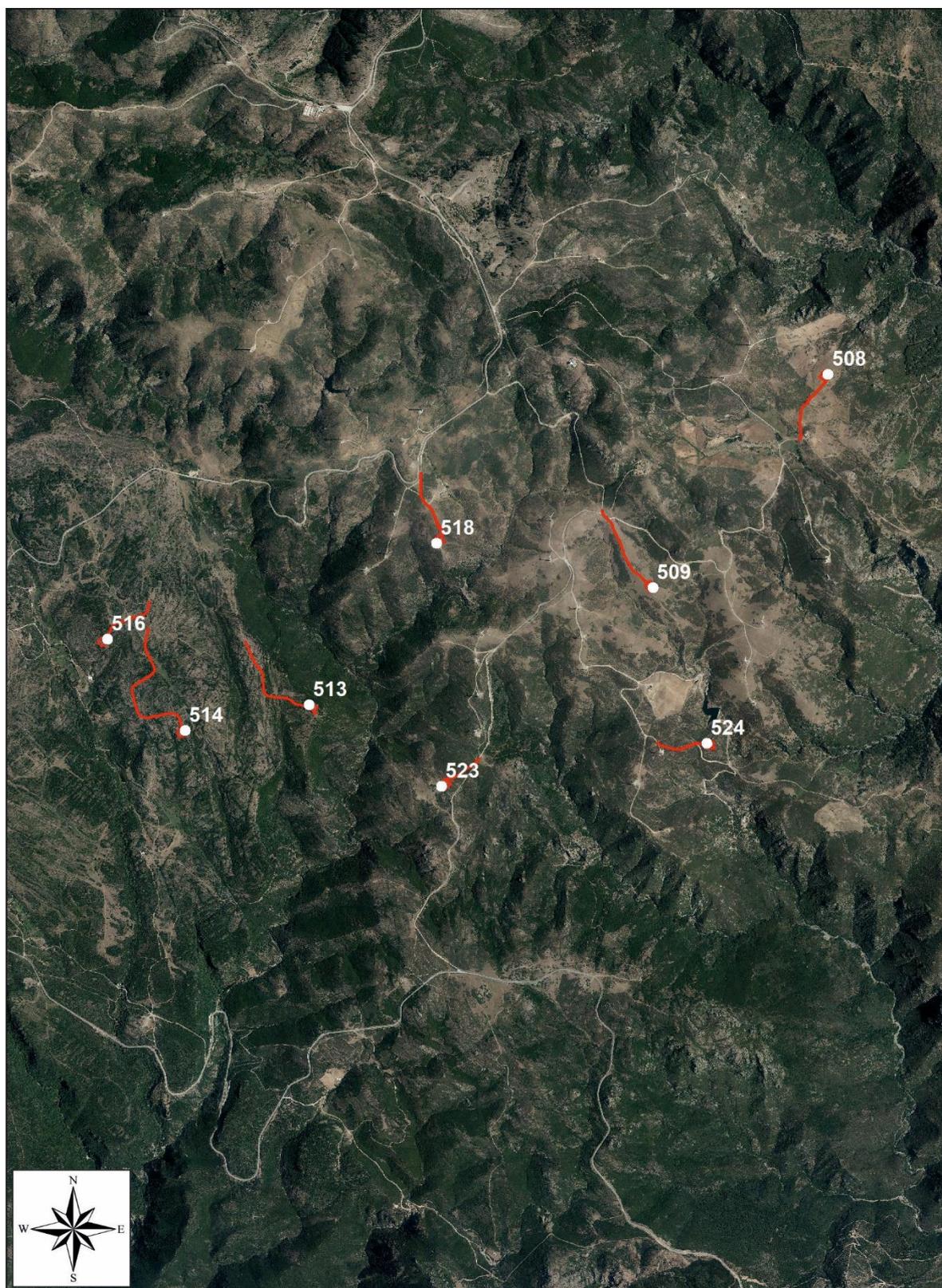


Figura 2.4 - Aerogeneratori in progetto su base aerofotogrammetrica, fuori scala.

I siti che ospiteranno le nuove turbine ricadono in un ambito pianeggiante o in debole declivio, quasi tutti agevolmente raggiungibili da strade di penetrazione agraria, che si dipartono dalla rete viaria a servizio del parco eolico esistente.

La viabilità principale locale è rappresentata dalla S.S. 125 “Orientale Sarda”, dalla strada militare per Perdasdefogu e dalla S.P. Escalaplano-Jerzu.

Il contesto territoriale è prettamente pastorale, con vegetazione rada costituita essenzialmente da specie arbustive e da limitate zone a copertura boschiva. L'intenso disboscamento ed i pregressi fenomeni di incendio, verificatisi in periodi antecedenti la realizzazione dell'impianto eolico hanno significativamente ridotto la copertura boschiva naturale, soprattutto ad elevate altitudini, tale per cui sono stati realizzate, in vaste aree dei comuni di Jerzu, Perdasdefogu e Tertenia, estese opere di rimboschimento.

2.2 Descrizione sommaria degli interventi in progetto

Al fine di garantire l'installazione e la piena operatività delle nuove macchine eoliche, saranno da prevedersi le seguenti opere principali:

- allestimento di nuova viabilità per assicurare adeguate condizioni di accesso alle postazioni degli aerogeneratori, in accordo con le specifiche indicate dalla casa costruttrice delle turbine eoliche;
- approntamento delle piazzole di cantiere funzionali all'assemblaggio ed all'installazione degli aerogeneratori;
- realizzazione delle opere di fondazione delle torri di sostegno;
- realizzazione delle opere di regimazione delle acque superficiali, attraverso l'approntamento di canali di scolo e tombinamenti stradali funzionali al convogliamento delle acque di ruscellamento diffuso e incanalato verso i compluvi naturali;
- installazione degli aerogeneratori;
- al termine dei lavori di installazione e collaudo funzionale degli aerogeneratori:
 - esecuzione di interventi di sistemazione morfologico-ambientale in corrispondenza delle piazzole di cantiere e dei tracciati stradali al fine di contenere opportunamente il verificarsi di fenomeni erosivi e dissesti e favorire un più equilibrato inserimento delle opere nel contesto paesaggistico;

- esecuzione di mirati interventi finalizzati alla compensazione della perdita di vegetazione nelle aree di intervento, ancorché sia stata comunque rilevata l'assenza di impatti significativi sulla componente floristica e vegetazionale.

Ai predetti interventi, propedeutici all'installazione delle macchine eoliche, si affiancheranno tutte le opere riferibili all'infrastrutturazione elettrica oggetto di trattazione nello specifico progetto allegato all'istanza di VIA ed Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 387/2003:

- sistema di distribuzione e trasporto dell'energia (in cavidotto interrato in MT 30 kV) tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione MT/AT;
- realizzazione di n. 2 cabine elettriche MT di smistamento;
- sistema di distribuzione dell'energia in BT mediante cavidotto interrato per l'alimentazione degli impianti ausiliari;
- sistema di cablaggio mediante cavidotto interrato per sistema trasmissione dati e segnali di monitoraggio e controllo aerogeneratori;
- nuova sezione 30/150 kV della SSE di utenza esistente con installazione di n. 2 nuovi stalli di trasformazione (50 MVA) e di un montante cavo a 150 kV dalla SSE verso l'attigua stazione RTN di Terna, con apparati di misura e protezione (TV e TA), secondo quanto previsto dagli standard applicabili e dalle prescrizioni Terna;
- installazione dei sistemi di monitoraggio, controllo e misura delle turbine (MCM).

3 PERIMETRAZIONE PAI E

DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI

3.1 Pericolosità Geomorfológica

Allo stato attuale, nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu sono vigenti i vincoli derivanti dal PAI nella sua versione originale e dalla variante frane per il bacino sud-orientale, adottata definitivamente dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n. 2 del 25 febbraio 2010, scaricabile dal sito web della regione (cfr *Pericolo Geomorfológico rev.42*).

L'analisi dell'evoluzione dei pendii a supporto del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (P.A.I.), ha fornito precise indicazioni sulle criticità per frana del territorio ove ricadono gli interventi in programma, che vede la presenza di vaste aree perimetrate in classe a pericolosità moderata (Hg1) ed in subordine media (Hg2).

Con riferimento alle opere previste, dall'esame delle mappe di pericolosità da frana del PAI di cui si riportano gli stralci in Figura 3.1- Figura 3.4, si evince quanto segue.

Aerogeneratori e piazzole:

- in territorio comunale di Perdasdefogu, le postazioni eoliche 513, 514 e 516 si collocano interamente in aree cartografate con pericolosità moderata da frana di tipo Hg1;
- in territorio comunale di Ulassai, le postazioni eoliche 508, 518 e 523 si collocano in aree cartografate con pericolosità da frana di tipo Hg1;

Viabilità di nuova realizzazione:

- la viabilità di nuova realizzazione interessa pressoché interamente aree cartografate con pericolosità da frana Hg1 per una lunghezza complessiva pari a circa 2220 m; costituiscono eccezione due brevi tratti di viabilità di accesso alle postazioni eoliche 509 e 518, di lunghezza pari rispettivamente a 18 m e 55 m, ubicati in aree cartografate a pericolosità da frana Hg2;

Viabilità in adeguamento a quella esistente:

- la viabilità in adeguamento a quella esistente interessa pressoché interamente aree cartografate a pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 1170 m; costituiscono eccezione due tratti di viabilità di accesso alle postazioni

eoliche 508 e 518, di lunghezza pari rispettivamente a 150 m e 40 m, sovrapposti ad aree cartografate a pericolosità da frana Hg2.

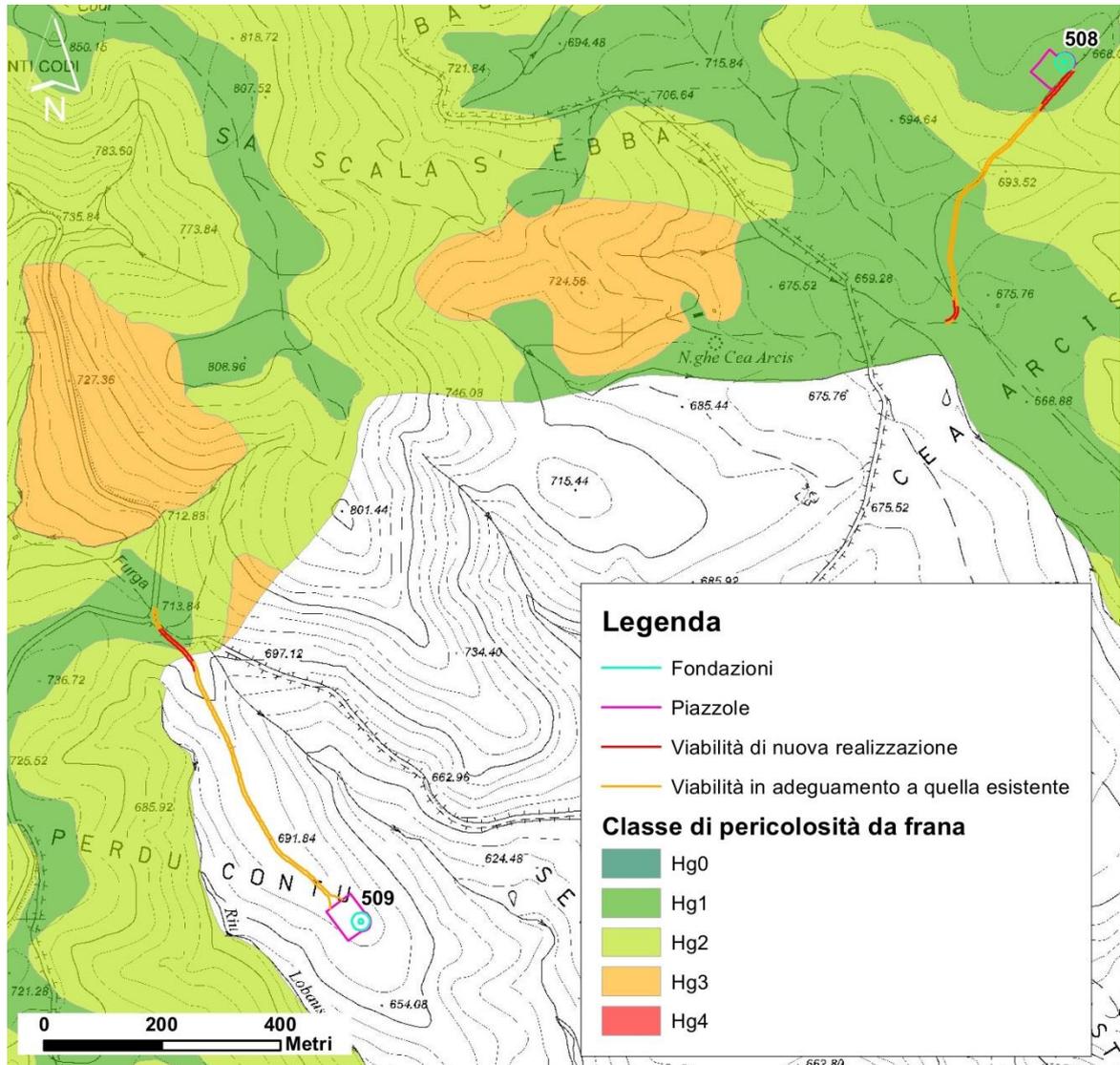


Figura 3.1 – Sovrapposizione delle opere con aree cartografate a pericolosità da frana in corrispondenza delle postazioni eoliche 508 e 509

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021

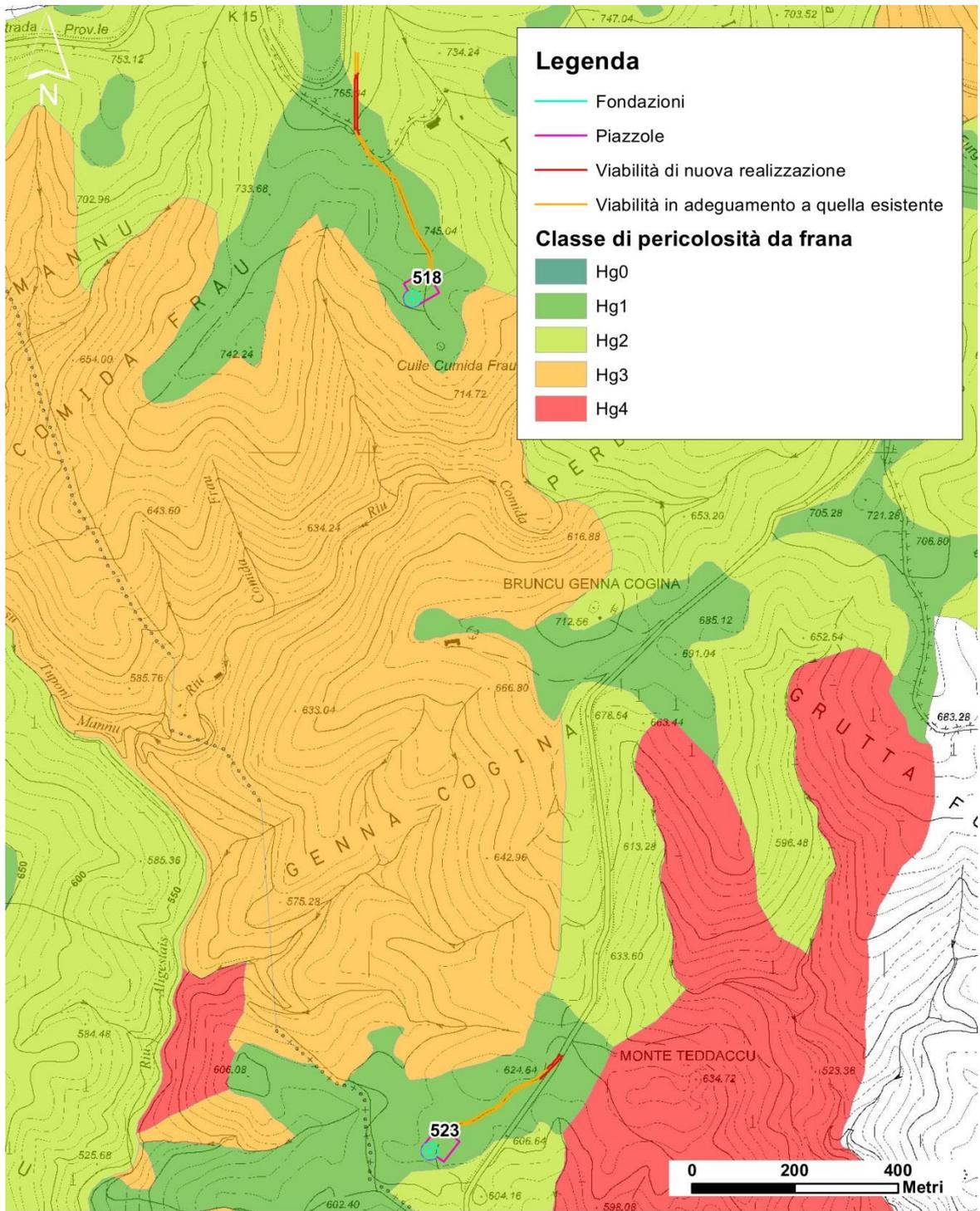


Figura 3.2 - Sovrapposizione delle opere con aree cartografate a pericolosità da frana in corrispondenza delle postazioni eoliche 518 e 523

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021

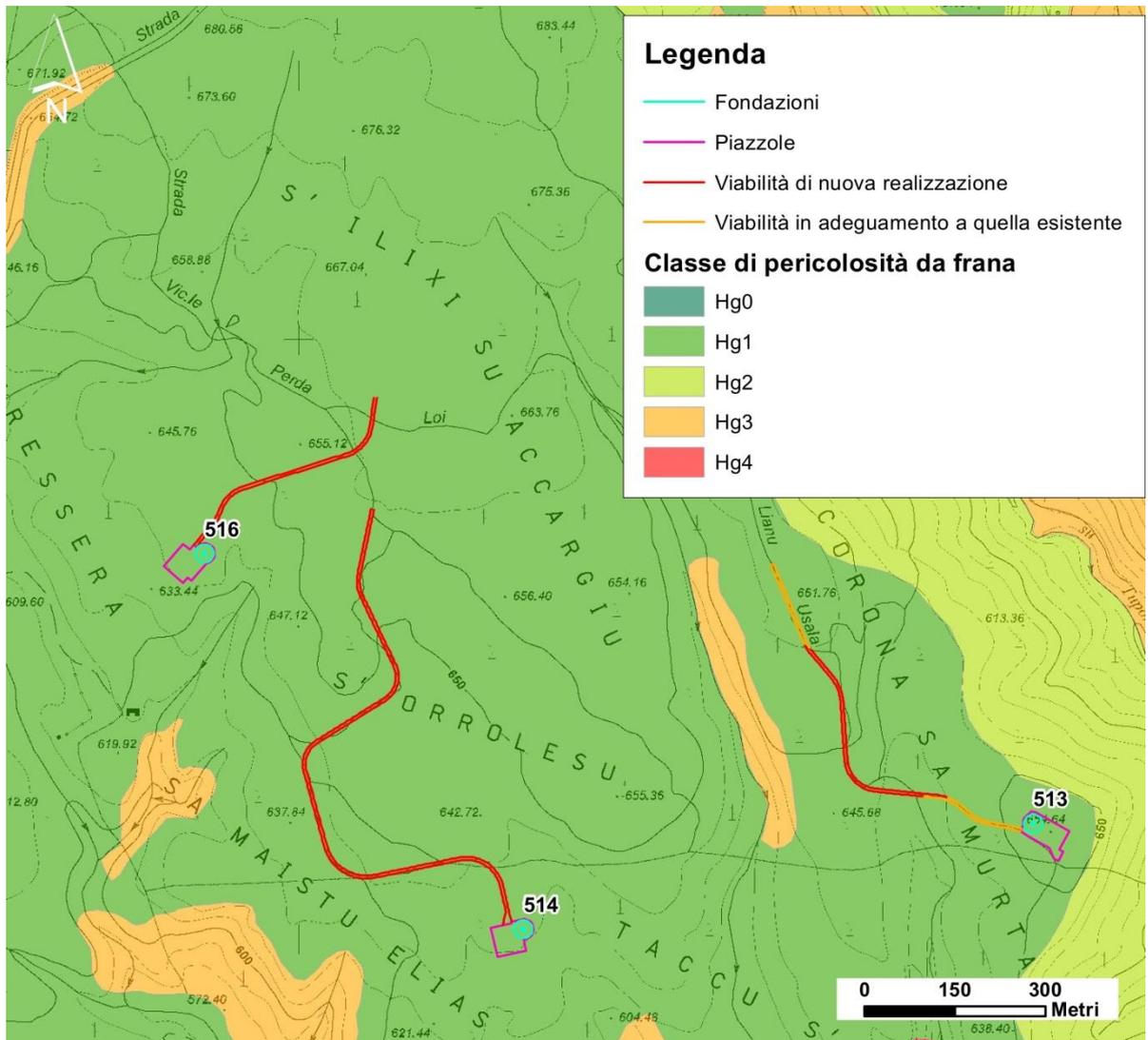


Figura 3.3 - Sovrapposizione delle opere con aree cartografate a pericolosità da frana in corrispondenza delle postazioni eoliche 513, 514 e 516, in territorio comunale di Perdasdefogu

Cavidotto MT di distribuzione elettrica di impianto

- Il cavidotto MT, prevalentemente impostato sulla viabilità esistente o in progetto, interessa aree classificate da pericolosità da frana di tipo Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 10,5 km, aree cartografate a pericolosità da frana Hg2, per una lunghezza complessiva pari a circa 3,8 km, e, in misura minore, aree cartografate a pericolosità da frana Hg3, per una lunghezza pari a circa 86 m;

Ampliamento stazione elettrica esistente e realizzazione terrapieno da destinare a futuro sistema di accumulo energetico

- Non si rilevano interferenze tra le suddette opere e le aree cartografate a pericolosità da frana.

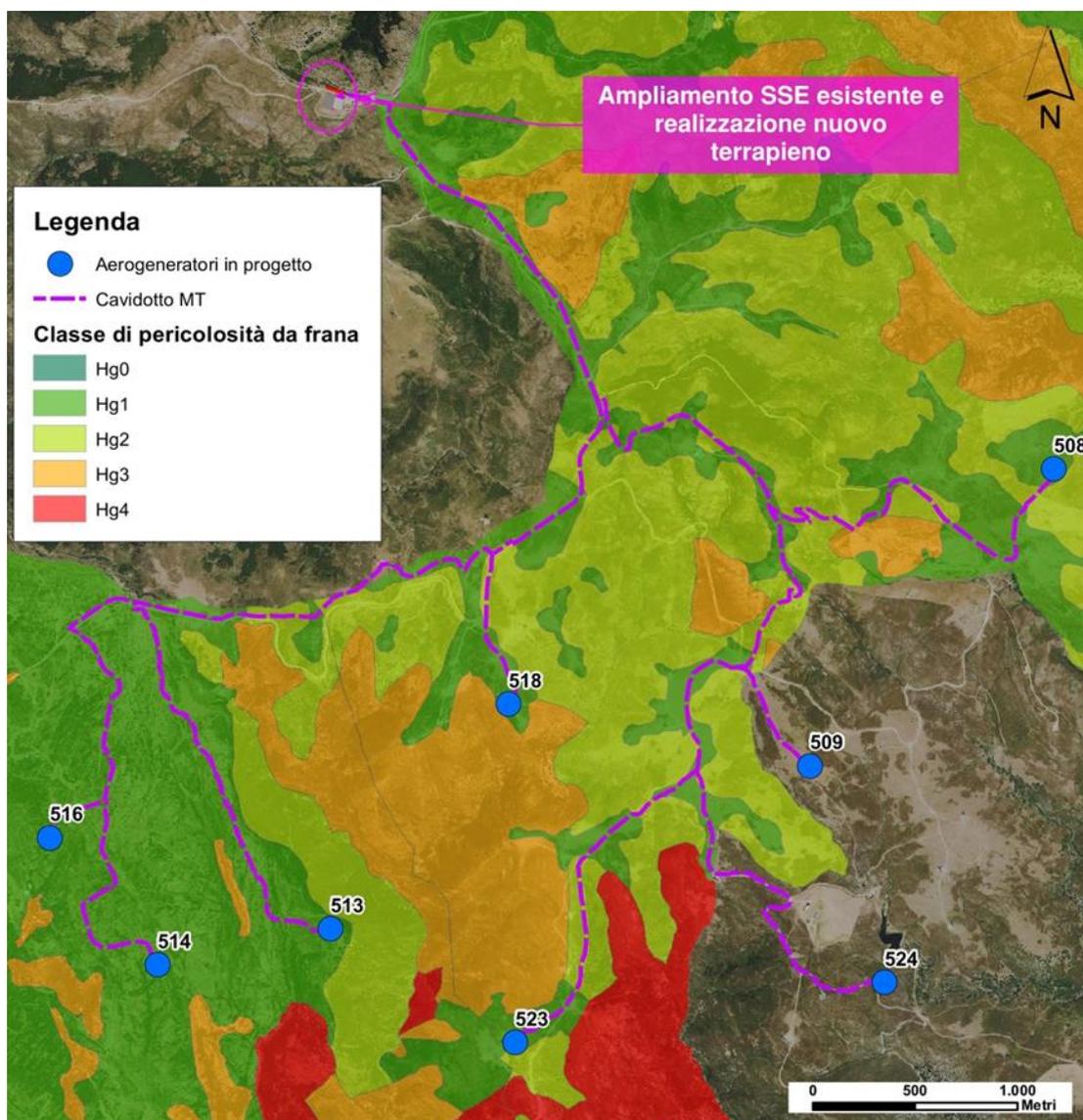


Figura 3.4 - Sovrapposizione del tracciato del cavidotto MT e delle opere da realizzare in corrispondenza della stazione elettrica esistente con aree cartografate e pericolosità da frana

3.2 Pericolosità Idraulica

Relativamente alla pericolosità idraulica, in corrispondenza delle aree di intervento non risulta alcuna perimetrazione né ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), né del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) e del Piano Gestione e Rischio Alluvione (P.G.R.A.).

Trattasi infatti di aree non ancora studiate, per le quali si applica la vincolistica di cui all'art. 30 ter comma 1 che recita: «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, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, 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».

Ordine gerarchico (numero di Horton-Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	60
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Nel caso in fattispecie, trattandosi prevalentemente di corsi d'acqua di ordine gerarchico n. 1, la fascia di rispetto applicabile è di 10 m: essendo sia gli aerogeneratori che la viabilità ubicati ad una distanza di oltre 10 m dai più vicini corsi d'acqua, come si evince dalla Figura 3.5 e dalla Figura 3.6, le opere non interessano le suddette fasce di salvaguardia.



Figura 3.5 - Sovrapposizione tra il Reticolo Idrografico di riferimento e le opere in progetto in territorio comunale di Ulassai

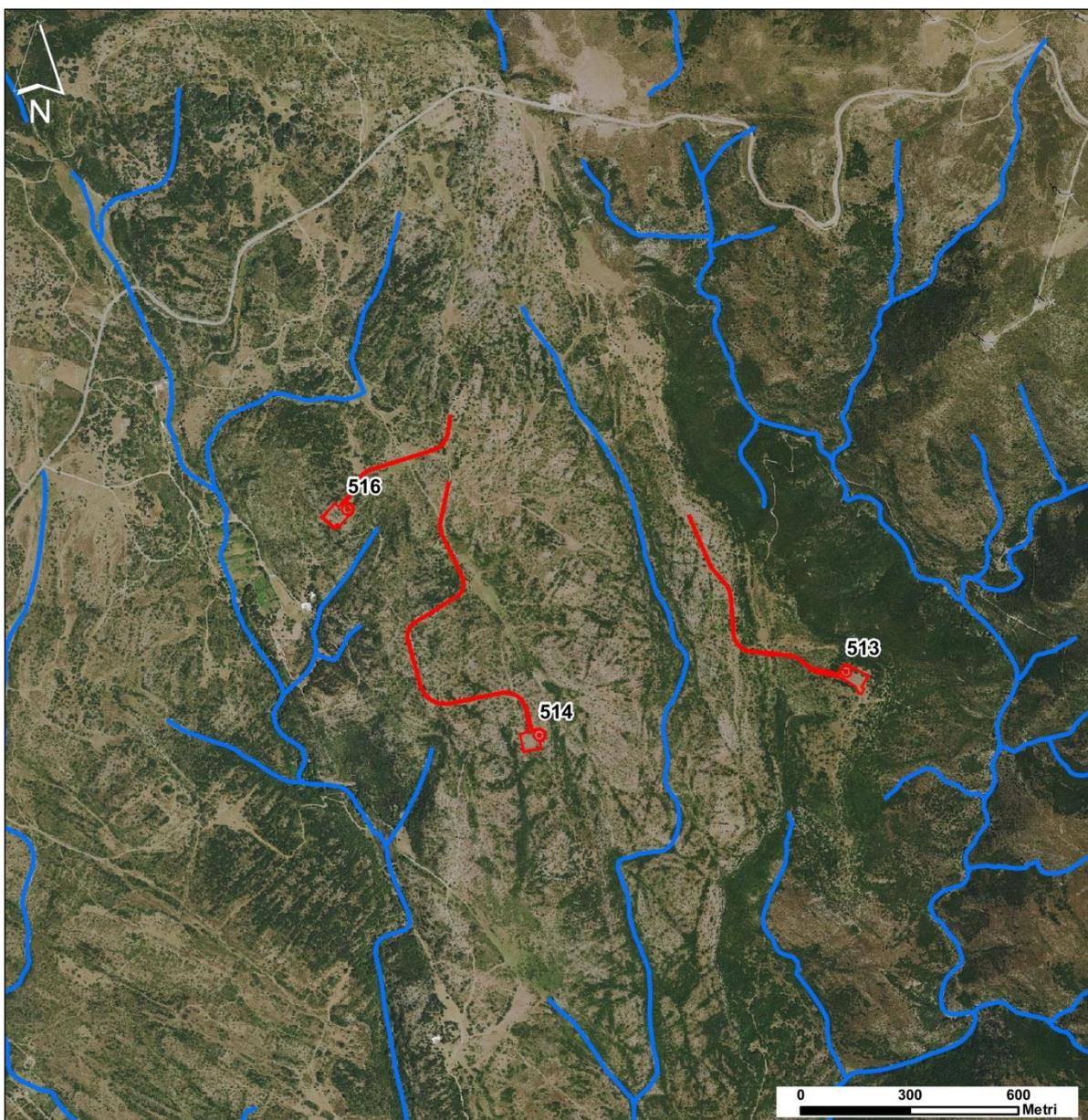


Figura 3.6 - Sovrapposizione tra il Reticolo Idrografico di riferimento e le opere in progetto in territorio comunale di Perdasdefogu.

4 MODELLAZIONE GEOLOGICA

4.1 Assetto geologico di contesto

Il settore ove ricade l'intervento si caratterizza per la diffusa presenza della sequenze deposizionali del Paleozoico inferiore e medio, deformate e metamorfosate durante l'Orogenesi Ercinica (circa 300 m.a.), intruse da rocce granitoidi con relativo corteo filoniano e ricoperte da una eterogenea sequenza di successioni sedimentarie e vulcaniche afferenti al Paleozoico superiore (Carbonifero superiore - Permiano), al Mesozoico (Giurassico medio e superiore) ed al Quaternario.

Il substrato geologico locale è infatti costituito in prevalenza dalle successioni del Cambriano medio-superiore (SVI – *Formazione delle Arenarie di San Vito*) e dell'Ordoviciano superiore (MSV – *Formazione di Monte Santa Vittoria*; ORR – *Formazione di Orroleddu*). La storia deformativa dell'area mostra vari aspetti di complessità strutturale, in quanto contrassegnata da due eventi plicativi isoclinali e da una significativa ricristallizzazione metamorfica. Il primo è rappresentato dalla tettonica distensiva del Carbonifero superiore - Permiano, con collasso della crosta ispessita ed esumazione delle unità più profonde e formazione delle "antiformi" del Gennargentu e della Barbagia.

La medesima fase estensionale favorisce la messa in posto del batolite calcalciano, del relativo corteo filoniano e dei prodotti effusivi, intercalati ai depositi dei bacini molassici che si sedimentano in netta discordanza angolare sul basamento metamorfico.

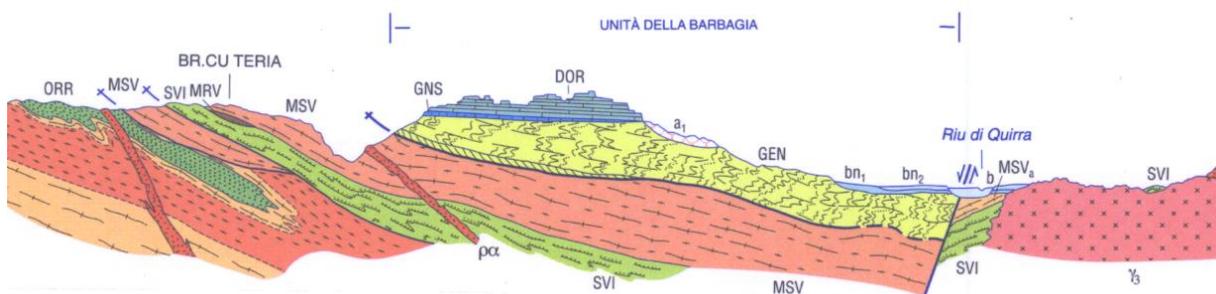


Figura 4.1 - Schema tettonico strutturale del settore di intervento rappresentato su sezione geologica (Carta geologica d'Italia - Foglio 541 Jerzu in scala 1:50.000, modificata).

Durante il Mesozoico nell'Isola si instaura un periodo di relativa stasi deformativa, tanto che fino al Giurassico inferiore il settore centrale e centro-orientale costituisce un alto strutturale, interessato da sedimentazione perlopiù continentale. Infatti, l'ingressione del mare avviene in maniera completa solo nel Giurassico medio (Dogger), quando si forma una vasta piattaforma carbonatica i cui relitti danno forma agli altopiani carbonatici conosciuti con il nome di "Tacchi".

Una nuova fase di lunga continentalità del settore ogliastrino di interesse si prolunga dal Cretacico sino al Paleocene, chiudendosi con i depositi trasgressivi dell'Eocene inferiore affioranti perlopiù nel settore di *Monte Cardiga* racchiuso tra i territori comunali di Villaputzu San Vito. Con l'Eocene medio-superiore in tutta l'Isola si ristabiliscono condizioni di continentalità (Fase Pirenaica) che perdurano per l'intero Oligocene.

Durante il Miocene inferiore e medio, contemporaneamente alla rotazione del blocco sardo-corso ed all'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno settentrionale, tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara si sviluppa un sistema di fosse ove si depone una sequenza di detriti perlopiù marini, a cui si intercalano vulcaniti a chimismo variabile da basaltico a riolitico e con chiara affinità calcalcalina. Nel corso di questa fase evolutiva, il settore centrale della Sardegna rimane un alto strutturale ove solo marginalmente si instaurano fenomeni deposizionali, mentre prosegue l'attività erosiva delle coperture mesozoiche e dello stesso basamento ercinico.

A partire dal tardo Miocene superiore e durante il Plio-Quaternario tutta l'Isola è sede di una tettonica distensiva a cui sono legate estese manifestazioni vulcaniche prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeitica, messe in relazione con l'apertura del Tirreno centro-meridionale.

Nel corso dell'ultimo interglaciale Riss-Wurm e nella successiva glaciazione wurmiana, i pendii e i fondovalle sono teatro di una intensa attività morfodinamica con cicli ripetuti di erosione e deposizione: nel settore ogliastrino ciò determina l'approfondimento del reticolo idrografico, con conseguente smantellamento delle coperture mesozoiche e formazione di una diffusa coltre detritica di versante associata a depositi eluvio-colluviali.

Durante l'Olocene i depositi alluvionali, contestualmente alle oscillazioni del livello del mare in risalita subiscono ulteriori fasi di erosione/deposizione con formazione di diversi gradi di terrazzamenti.

4.2 Assetto litostratigrafico locale

Sulla base dalle osservazioni effettuate in situ e dall'elaborazione complessiva dei dati disponibili, è stato ricostruito il modello geologico del sottosuolo interagente con le opere in progetto che, schematicamente e coerentemente alla cartografia edita da APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia) di cui si richiama uno stralcio in Figura 4.2, vede la seguente successione di unità litologiche a partire dalla più antica:

SVI]	Arenarie di San Vito	[Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
MSV]	Formazione di Santa Vittoria	[Ordoviciano medio]
MSVa]	Formazione di Manixeddu	[Ordoviciano medio]
MSVb]	Formazione di Serra Tonnai	[Ordoviciano medio]
ORR]	Formazione di Orroleddu	[Ordoviciano superiore]
pa]	Porfiri quarziferi	[Permiano]
DOR]	Formazione di Dorgali	[Dogger - Malm]
GNS]	Formazione di Genna Selole	[Dogger]
a1]	Depositi di frana	[Olocene]
a]	Depositi di versante	[Olocene]
b2]	Coltri eluvio-colluviali	[Olocene]

SVI] **Arenarie di San Vito**

Questa formazione di compone di alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti grigie, più raramente arcose, di colore grigio-verdastro e metasiltiti e metapeliti grigie o verdastre, raramente nere.

Lo spessore, difficilmente valutabile a causa delle strutture plicative isoclinali e delle complesse laminazioni, è valutato di ordine pluriometrico.

MSV] **Formazione di Santa Vittoria**

Sono rappresentate da metavulcaniti a chimismo da acido a basico, metaepiclastiti, metarenarie feldspatiche e metaconglomerati a componente vulcanica.

MSVa] **Formazione di Manixeddu**

Si tratta principalmente di metaepiclastiti a prevalente matrice vulcanica, di varia granulometria, con clasti che in genere non superano i 5 m.

Sono inoltre presenti intercalazioni di metaquarzogrovacche e metarenarie. Frequenti i metaconglomerati a quarzo prevalente, ben classati e metaconglomerati a ciottoli riolitici di dimensioni centimetriche, ben selezionati ed arrotondati.

Derivano da prodotti effusivi ed esplosivi acidi, rimaneggiati.

MSVb] Formazione di Serra Tonnai

Comprende metagrovacche vulcaniche verdastre e rare metavulcaniti di composizione da andesitica a basaltica.

Sono originate da un'attività vulcanica a chimismo da intermedio a basico e dai relativi prodotti del rimaneggiamento.

ORR] Formazione di Orroleddu

È costituita da un'irregolare alternanza di metarenarie, metarenarie grossolane e filladi.

Sono frequenti intercalazioni di metaconglomerati minuti in strati decimetrici e metrici, in clasti di quarzo e frammenti litici. Si riconoscono quarziti, arenarie quarzose, siltiti, epiclastiti e vulcaniti in matrice quarziti-sericitico-cloritica.

Lo spessore fortemente variabile probabilmente dipende dall'irregolarità degli apparati vulcanici che essa trasgredisce.

pa] Porfiri quarziferi

Si tratta di rocce di colore molto variabile, dal biancastro, al rosa, rosso o grigio fino a verde, talora in relazione a differenti processi di alterazione della compagine litoide.

Solitamente mostrano struttura debolmente porfirica in pasta di fondo da microgranulare a granofirica.

GNS] Formazione di Genna Selole

Si tratta di depositi di ambiente fluviale o fluvio-lacustre costituiti da una eterogenea successione di conglomerati monogenici quarzosi, argilliti e siltiti da grigio scuro a grigie o biancastre con abbonanti resti vegetali a pirite, con subordinate intercalazioni di arenarie quarzose. Questa formazione ha spessori variabili da pochi metri fino a 30÷40 m.

Talvolta alla base del conglomerato affiorano paleosuoli ricchi in ossidi ed idrossidi di ferro, derivati da una lunga evoluzione pedogenetica di tipo lateritico in clima caldo-umido.

La formazione è ricoperta in concordanza dai calcari giurassici della Formazione di Dorgali.

DOR] Formazione di Dorgali

Nella parte basale è costituita da calcari marnosi e marne di colore da giallastro a grigio, con locali intercalazioni arenacee e siltitico-argillitiche grigio-versastre. Seguono dolomie e calcari dolomitici di colore da nocciola a violacei a rossastri, fossiliferi, in bancate da decimetriche a metriche.

a1] Depositi di frana

Rappresentano gli accumuli gravitativi delle frane in evoluzione, costituiti da materiali eterogenei ed in giacitura caotica, con evidenze di movimento in atto.

In genere sono originati da crollo o ribaltamento delle cornici carbonatiche giurassiche.

a] Depositi di versante

Questa unità, discontinua ed eterogenea sia in termini di estensione areale sia di spessore, costituisce il risultato della progressiva attività di arretramento dei versanti soprattutto durante il Pleistocene superiore e l'Olocene.

Si tratta pertanto di accumuli gravitativi caotici, con clasti poco elaborati, in genere incoerenti (brecciamme) o scarsamente cementati, a volte in parte stabilizzati dall'azione biomeccanica degli apparati radicali della vegetazione naturale che li ha colonizzati, dovuti a fenomeni prevalenti di crollo e/o ribaltamento originati per lo più dalle sovrastanti cornici rocciose calcareo-dolomitiche costituenti l'altopiano carbonatico del Giurassico, attualmente quiescenti o stabilizzati: in tal caso si tratta di depositi monogenici ed eterometrici (dalle sabbie sino ai massi ciclopici).

b2] Coltri eluvio-colluviali

Trattasi di depositi di versante dovuti sia a fenomeni gravitativi sia all'azione dalle acque di ruscellamento areale agenti direttamente sul substrato più o meno alterato.

A seconda della posizione sul versante (base delle cornici rocciose, parte mediana o basale del pendio) sono naturalmente possibili una molteplicità di combinazioni granulometriche e composizionali. Talora, dove le condizioni sono favorevoli (ad esempio ruscellamenti di acque arricchite di carbonato di calcio disciolto per effetto di fenomeni carsici), intercalati ai detriti di versante si rinvengono depositi travertinosi in genere compatti, localmente di aspetto spugnoso, con abbondanti resti vegetali.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021

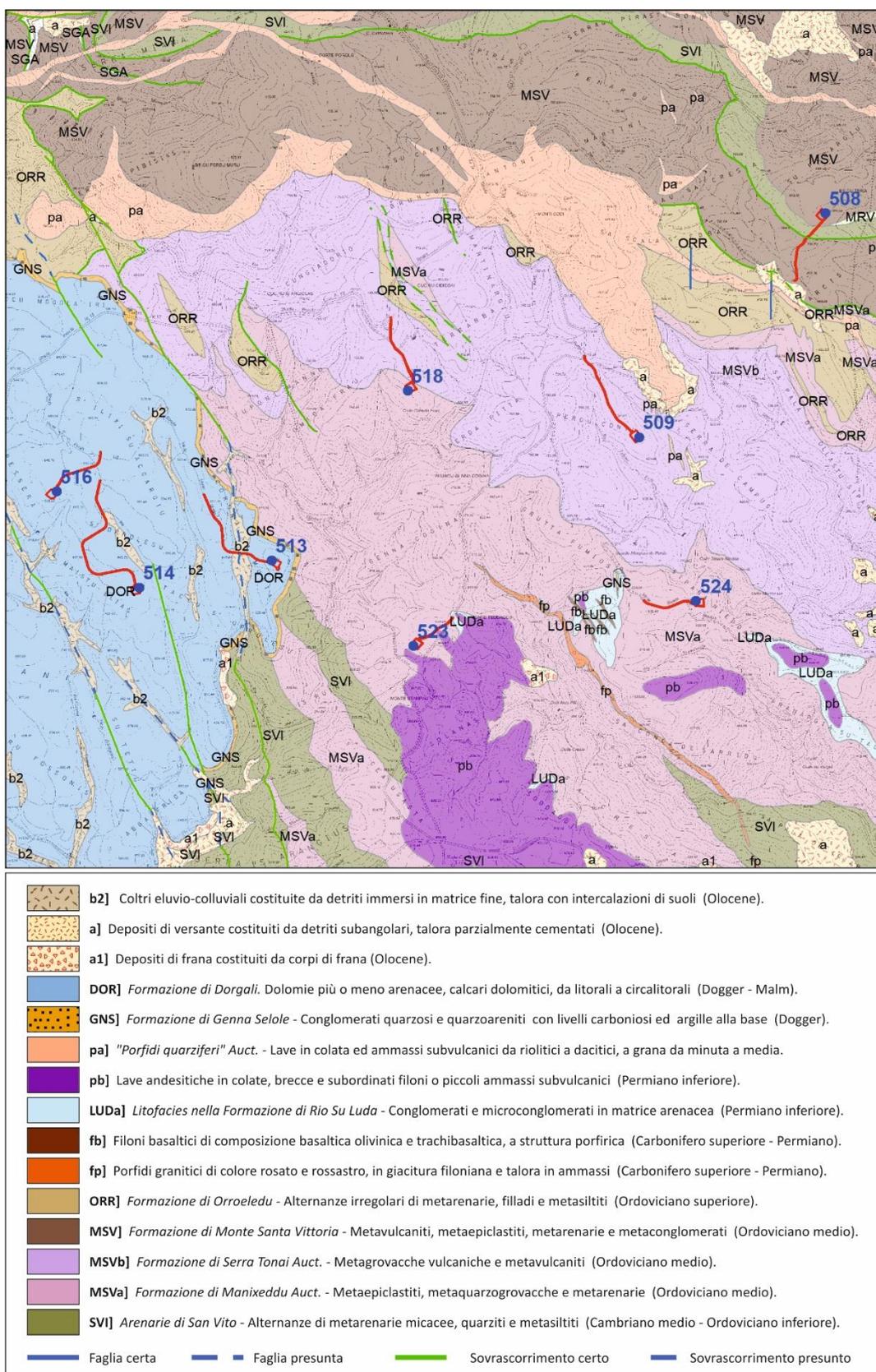


Figura 4.2 - Stralcio della "CARTA GEOLOGICA D'ITALIA" a cura di: APAT, modificata, fuori scala

4.3 Stratigrafia dei terreni di fondazione

I rilievi condotti in corrispondenza dei siti che ospiteranno le opere in programma ed un loro idoneo contorno hanno evidenziato la diffusa presenza di roccia affiorante o sormontata da una coltre detritica di ordine metrico.

Considerato che la distribuzione territoriale è piuttosto ampia, la natura della litologia è differente, ricadendo gli aerogeneratori 513, 514 e 516 nel Tacco di Perdasdefogu e quelli 508, 509, 518, 523 e 524 nei rilievi paleozoici di Ulassai.

Fatta salva questa constatazione e fermo restando gli opportuni approfondimenti nelle fase più avanzate della progettazione, si descrivono i terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione per domini, con diretto riferimento agli identificativi delle turbine.

4.3.1 WTG 513, 514 e 516

Il substrato è rappresentato dalle dolomie della Formazione di Dorgali [DOR], sormontati da una coltre detritica di spessore metrico. La roccia in affioramento si presenta tenace seppur attraversata da diverse famiglie di fratture.

Costituiscono ottimi terreni di fondazione ma richiedono cautele e valutazioni specifiche in ordine alla stabilità delle scarpate di scavo in ordine alla passibilità di distacco di cunei rocciosi.



Foto 4.1 – Coltre detritica che sormonta il basamento carbonatico



Foto 4.2 – Affioramento di dolomia nell'intorno della piazzola 513

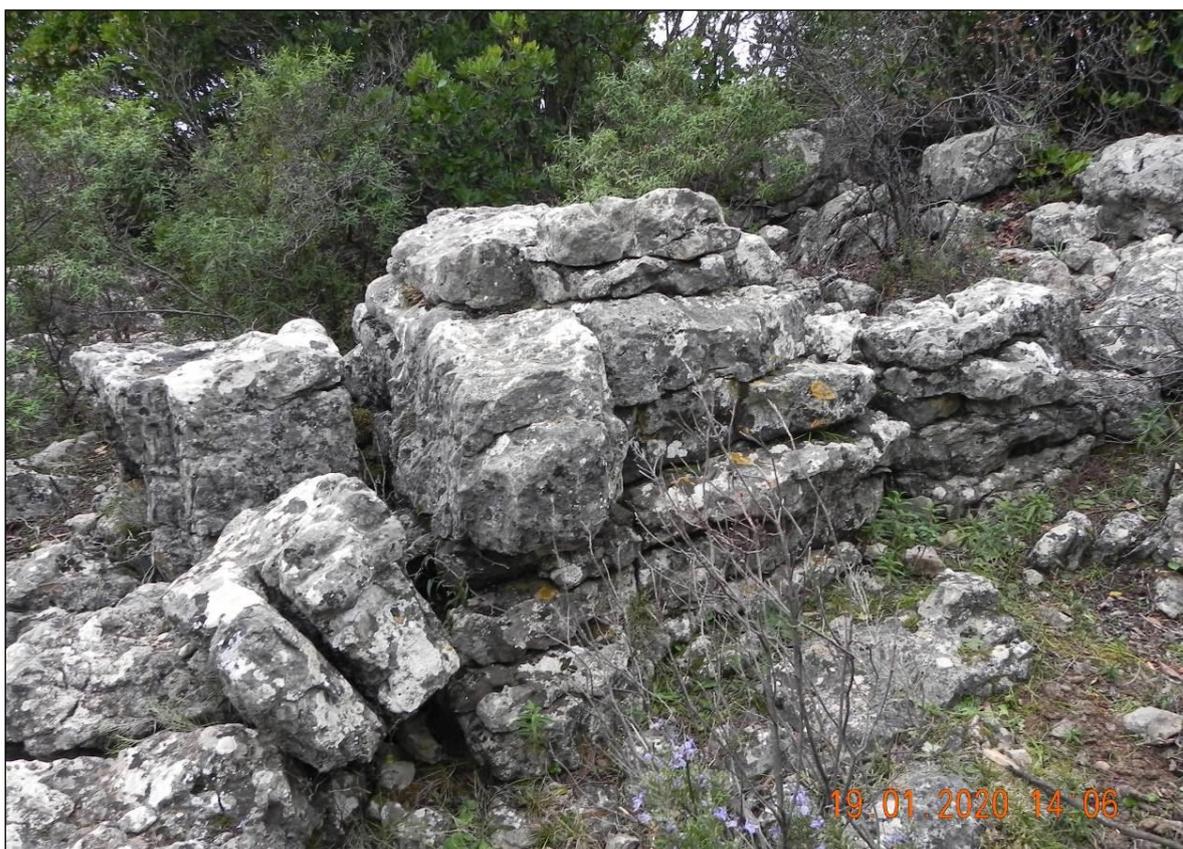


Foto 4.3 - Affioramento di dolomia nell'intorno della piazzola 513

4.3.2 WTG508

La piazzola che ospiterà la turbina ricade nel Bruncu Teria impostato sulle rocce metamorfiche in facies di metarenarie [MVS] della Formazione di Santa Vittoria.

Costituiscono un substrato performante che non pongono limitazioni in ordine alla scelta della tipologia fondale, seppur sarà da valutarsi la necessità di particolari accorgimenti per l'esecuzione in sicurezza degli sbancamenti.



Foto 4.4 – Panoramica del sito di installazione della postazione eolica 508



Foto 4.5 – Particolare dell'affioramento di metarenarie

4.3.3 WGT 509

L'ambito ove si prevede la piazzola della turbina vede la presenza di metagrovacche vulcaniche della Formazione di Serra Tonai [MSVb] molto compatte, già a partire dal piano di campagna. Le irregolarità ed i vuoti del tetto del substrato sono colmate da un'esile coltre detritica di alterazione in situ.



Foto 4.6 - Panoramica del sito di installazione della postazione eolica 509



Foto 4.7 – Dettaglio della roccia d'imposta della fondazione

4.3.4 WGT 518, 523 e 524

Il substrato è rappresentato da metarenarie fittamente stratificate della Formazione di Manixeddu [MASVa], perlopiù in affioramento o sotto una discontinua coltre detritica di spessore poco più che decimetrico.

La roccia si presenta tenace per cui costituisce un ottimo terreno di fondazione., seppur con cautele e valutazioni specifiche in ordine alla stabilità delle scarpate di scavo per la passibilità di distacco di cunei rocciosi.



Foto 4.8 – Panoramica del sito di installazione eolica della postazione 518



Foto 4.9 – Dettaglio della roccia d'imposta della fondazione

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021



Foto 4.10 – Panoramica del sito d'installazione della postazione eolica 523



Foto 4.11 – Dettaglio della roccia d'imposta della fondazione



Foto 4.12 – Panoramica del sito d'installazione della postazione eolica 524



Foto 4.13 – Affioramento della roccia d'imposta della fondazione

4.4 Assetto geomorfologico ed idrografico

La caratteristica morfologica distintiva del settore in studio è data dall'attuale orografia a marcata influenza strutturale che mostra evidenti allineamenti secondo direzioni NNW-SSE e N-S di impostazione ercinica e riattivazione sia nel Terziario sia nel Plio-Quaternario. Conseguenza di questo condizionamento strutturale sono le ampie e profonde vallate del *Rio Pardu* e del *Rio Quirra* che, in destra idraulica, sono associate agli altopiani carbonatici mesozoici poggianti sulla superficie di peneplanazione post ercinica.

Questi ultimi, a partire da quelli di Tertenia, Jerzu ed Ulassai-Osini per proseguire a nord con i tacchi di Gairo Taquisara e di Monte Tonneri sino al rilievo isolato di Perda Liana, costituiscono il bordo nord-orientale di una copertura carbonatica che, originariamente, comprendeva buona parte della Sardegna centro-orientale e che oramai è rappresentata da più o meno ampi altopiani tra loro disgiunti da incisioni vallive.

Di particolare interesse ai fini del presente studio risulta l'incisione che ha interessato i tacchi di Jerzu e di Ulassai-Osini secondo una direzione circa EW che ha poi portato alla riesumazione del basamento metamorfico su cui si è sviluppato l'abitato di Ulassai ed alla formazione della coltre detritica che ricopre il versante in destra idraulica del *Rio Pardu*.

La copertura carbonatica giurassica, la cui giacitura è sostanzialmente suborizzontale, da origine ad un paesaggio costituito da superfici sopraelevate rispetto al basamento metamorfico circostante, con quote che variano tra 850 m e 1.050 m s.l.m.m. Tale aspetto orografico è riconducibile ai già citati sistemi di faglie normali ad andamento prevalente NNW-SSE, NS e NE-SW, talora con tipica struttura a gradinata digradante da NE verso SW che, a causa della continuativa azione di incisione del reticolo di drenaggio delle acque superficiali, suddividono i tavolati stessi in più rilievi isolati a sommità tabulare o quasi talora sino alla formazione di rilievi testimoni. Le superfici superiori di tali altopiani, pur conservando un andamento d'insieme tabulare, sono spesso rimodellate dagli agenti erosivi (processi fluviali, di versante e carsici), tanto che il paesaggio appare inciso da valli secche, cieche, sospese, da gradini, grotte e condotti sotterranei.

Trattandosi di rocce che, per effetto della elevata fratturazione e dei diffusi fenomeni carsici possiedono un'elevata porosità secondaria, questi altopiani costituiscono dei bacini endoreici: pertanto lungo i margini perimetrali e a contatto con i litotipi basali impermeabili, sono presenti numerose sorgenti, cascate e depositi travertinosi che spesso favoriscono la cementazione dei depositi clastici di genesi gravitativa.

Mentre le fenomenologie carsiche generalmente non determinano particolari condizioni di pericolosità morfologica (ad esclusione dei crolli delle volte di cavità sotterranee), i fenomeni di arretramento delle cornici rocciose carbonatiche, favorite dalla fratturazione e dalla maggiore erodibilità delle facies giurassiche basali, danno luogo a fenomeni franosi che in taluni casi possono assumere aspetti parossitici con importanti conseguenze per le strutture antropiche presenti lungo le direzioni di espansione delle frane di crollo e/o ribaltamento.

Il dominio metamorfico risulta dal punto di vista morfodinamico più omogeneo, nonostante i condizionamenti dovuti alla giacitura della scistosità, alle variazioni litologiche, alla presenza o meno di corpi filoniani e a tutte le altre condizioni strutturali derivanti dalla complessa storia deformativa favorevoli alla diffusa rocciosità e pietrosità in affioramento. Entro tale dominio il reticolo idrografico e le valli hanno un andamento ora lineare, dettato dall'impostazione strutturale, ora tortuoso fino a meandri forme. La genesi dei meandri incassati, può essere ricondotta ai fenomeni di ringiovanimento del rilievo che hanno portato ad un'intensa ripresa dell'erosione verticale in età post-eocenica, con una successiva accentuazione plio-quadernaria.

Anche nel dominio metamorfico sono presenti criticità geostatiche sebbene di magnitudo generalmente molto ridotta rispetto a quanto verificabile lungo il bordo dell'altopiano carbonatico e spesso localizzate laddove le differenze di competenza tra litotipi e di giacitura, favoriscono la formazione di convessità più o meno irregolari delimitate da dislivelli di entità plurimetrica o decametrica.

4.5 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico locale è condizionato dalla presenza di litotipi a permeabilità media ed elevata (dolomie e calcari mesozoici \pm fessurati e carsificati) poggianti su un substrato a permeabilità medio-bassa (depositi argilloso-detritici fluvio-lacustri, metamorfite polideformate e vulcaniti porfiriche), in subordine da detriti quaternari, di pendio ed alluvionali.

L'analisi delle caratteristiche idrogeologiche ha consentito di definire i seguenti domini idrogeologici omogenei:

- a) Unità dei depositi quaternari di versante,
- b) Unità carbonatica mesozoica,
- c) Unità metamorfica e vulcanica paleozoica

Di seguito sono descritte gli aspetti salienti delle unità idrogeologiche, a partire da quelle più recenti.

Unità dei depositi quaternari

Questa unità comprende i detriti di versante in destra idraulica del *Rio Pardu*: trattandosi in prevalenza di depositi eterometrici e poligenici di genesi gravitativa (frane di crollo, ribaltamento e scivolamento) associati a coltri eluvio-colluviali, la loro permeabilità risulta molto variabile in funzione del contenuto argilloso.

Mediamente la loro permeabilità è moderata, sebbene possono ospitare modeste falde a carattere stagionale, strettamente legate all'andamento delle precipitazioni.

Unità carbonatica mesozoica

Formata dalla successione di rocce dolomitiche e calcareo-dolomitiche dei Tacchi di Ulassai e di Ulassai-Osini, costituisce il più importante acquifero del settore, è. Si caratterizza per la permeabilità medio-alta per via dall'intensa fratturazione e dal discreto sviluppo del carsismo e delle fenomenologie connesse.

Alla base dei "Tacchi" è di solito presente una facies clastica a permeabilità bassa o nulla, costituita da conglomerati quarzosi con intercalazioni arenacee, ben cementati, e da argille con intercalati livelli carboniosi, che costituisce il letto impermeabile che permette l'emergenza della falda. Tale condizione stratigrafica, associata a condizioni giaciture favorevoli, asseconda l'attivazione di numerose sorgenti, spesso perenni anche se con portate modeste (scarse nei periodi siccitosi), osservabili perlopiù lungo le terminazioni meridionali degli altopiani carbonatici (località Santa Barbara nel Tacco di Ulassai).

Unità metamorfica e vulcanica paleozoica

I valori di permeabilità di questa unità sono mediamente bassi ed un eventuale aumento è legato esclusivamente alla fratturazione dell'ammasso roccioso essendo la porosità primaria molto bassa. Per tale motivo solo in corrispondenza delle aree fratturate e brecciate sono possibili locali accumuli idrici, sebbene di modesta entità e a profondità considerevoli.

Notizie su ricerche idriche condotte nel medesimo ambito geologico a mezzo trivellazioni spinte sino a 300 m, riferiscono di esiti negativi o di comunque poco soddisfacenti, se si escludono quelle eseguite in zone molto fratturate, perlopiù di fondovalle e perciò alimentate da deflussi idrici di superficie.

Analogamente le sorgenti individuate nel complesso scistoso-metamorfico hanno portate ma superiori ai 2 l/s.

Da quanto estrapolabile dagli elaborati relativi alle indagini eseguite nel 2019 per l'installazione di alcuni aerogeneratori⁽¹⁾ e stante la conformazione morfologica dei siti di intervento, può verosimilmente escludersi la presenza falde acquifere interagenti con le opere in progetto.

Localmente è possibile, perlomeno nel corso dei sondaggi, l'intercettazione di circolazioni idriche con un certo carattere di salienza nelle fasce di fratturazione, o in corrispondenza dei contatti litologici (ad esempio tra la formazione carbonatica ed il basamento ercinico metamorfico).

⁽¹⁾ «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A Antonello.

5 MODELLO GEOTECNICO

5.1 Modello geotecnico di riferimento

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, gli areali che ospiteranno le opere in programma ed un loro idoneo contorno hanno evidenziato la diffusa presenza di roccia affiorante o sormontata da una coltre detritica di ordine metrico.

Alla luce di quanto, allo stato attuale delle conoscenze e salvo gli opportuni ed obbligatori accertamenti nella fase più avanzata della progettazione, vengono descritte le caratteristiche meccaniche dei terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione, sulla scorta dei risultati delle diverse campagne investigative condotte nel parco eolico, integrati da altri dati provenienti da correlazioni della letteratura geotecnica corrente.

5.1.1 Coltre detritica superficiale

Il rinvenimento di questi terreni è prevedibile ovunque, sebbene con spessori di ordine metrico tale da escludere un appoggio diretto delle fondazioni su questo strato.

Parametri geotecnici indicativi:

- | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| – Peso di volume naturale | $\gamma = 20,00 \div 21,00 \text{ kN/m}^3$ |
| – Angolo di resistenza al taglio efficace | $\phi' = 32 \div 35^\circ$ |
| – Coesione efficace | $c' = 0,00 \text{ daN/cm}^2$ |
| – Modulo elastico | $E_{el} = 350 \div 450 \text{ daN/cm}^2$ |

5.1.2 Dolomie e calcari

Riferimento WTG 513, 514 e 516

Trattasi di dolomie e calcari più o meno dolomitici talora interessati da una marcata fratturazione spesso penetrativa, espresso da un indice di qualità dell'ammasso roccioso anche $< 10\%$. In profondità la compagine è tendenzialmente più compatta in virtù del serraggio delle discontinuità e della presenza di ponti di roccia con conseguente miglioramento delle caratteristiche geotecniche.

Dalle indagini pregresse a mezzo prospezioni sismiche nell'ambito del parco eolico, non si evince la presenza di cavità carsiche subsuperficiali o prossime alle quote di imposta delle fondazioni aventi ampiezza del medesimo ordine di grandezza delle stesse (3-5 m) o maggiore. Tale aspetto dovrà essere in ogni caso validato in sede di progettazione esecutiva attraverso specifiche indagini per ciascun sito estese al volume significativo interessato dai carichi di progetto.

Parametri geotecnici indicativi:

per la facies fratturata

- Peso di volume naturale $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\phi' = 25^\circ$
- Coesione efficace $c' = 1,00 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 2.000 \text{ daN/cm}^2$

per la facies integra o poco fratturata

- Peso di volume naturale $\gamma = 27,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\phi' = 40^\circ$
- Coesione efficace $c' = 2,50 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 5.000 \text{ daN/cm}^2$

5.1.3 Metagrovacche e metarenarie

Riferimento WTG 508, 509, 518, 523 e 524

Anche in questo caso trattasi di rocce molto compatte, già a partire dal piano di campagna per cui non si prevedono variazioni in negativo per le profondità di trasmissione delle tensioni dovute alle opere di fondazione

Parametri geotecnici indicativi:

- Peso di volume naturale $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\phi' = 25^\circ$
- Coesione efficace $c' = 1,50 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 1.000 \text{ daN/cm}^2$

5.2 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione

Sulla base di quanto esposto, è plausibile che le strutture di fondazione delle turbine in progetto andranno a poggiare sulla compagine rocciosa, rappresentata da dolomie e rocce metamorfiche in generale, quali metagrovacche vulcaniche e metarenarie.

Ferma restando la necessità di validare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali, da eseguirsi ad hoc in sede di progettazione esecutiva, anche in presenza di una compagine altamente fratturata, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine dei **3 daN/cm²**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile.

5.3 Viabilità di accesso alla postazione 508

Il collegamento stradale alla postazione 508, posizionata nel settore orientale del parco eolico, sarà prevalentemente assicurato dalla esistente viabilità di impianto a servizio del cluster di aerogeneratori del tipo V90 nn. 43-44-45-46-47-48.

L'accesso alla piazzola richiederà l'adeguamento di un'esistente stradello sterrato a servizio dei fondi agrari che, a partire dall'esistente postazione eolica 43, si dirama in direzione nordest per circa 500 metri tra quote altimetriche di 671 m s.l.m. e 672.50. m s.l.m. L'area della piazzola, in località *Brunco Teria*, sarà raggiunta prevedendo la realizzazione di un breve tratto *ex novo* (~ 100 m).

Dal punto di vista della copertura del suolo, la pista sterrata preesistente da adeguare costeggia cisteti a diverso grado di copertura e terreni soggetti a lavorazione del terreno e, in due punti, due piccoli affioramenti rocciosi.

Procedendo in direzione della piazzola, il tracciato presenta un primo tratto di circa 200 metri contraddistinto da pendenze inferiori al 10% assicurando uno sviluppo della livelletta in sostanziale aderenza con il profilo del terreno. Il tratto successivo presenta pendenze più accentuate che saranno superate attestando la carreggiata in trincea per una lunghezza indicativa di 50 metri con un approfondimento massimo in scavo di circa 3 m. In corrispondenza dell'ultimo tratto, in virtù delle pendenze più uniformi, il profilo della livelletta sarà attestato in sostanziale sovrapposizione con la quota del terreno, ad esclusione di un limitato tratto in scavo in corrispondenza del raccordo con la piazzola 508 (profondità indicativa dello scavo circa 2 m).

Come segnalato (cfr. par. 3.1), si ha la sovrapposizione parziale dello stradello con aree cartografate a pericolosità da frana Hg2 "media" per una lunghezza di circa 150 m. Sotto questo profilo, peraltro, l'analisi geologica e geomorfologica non ha evidenziato situazioni di instabilità gravitativa in atto e/o potenziali tali da pregiudicare la realizzazione e la fruibilità delle opere in oggetto.

Queste infatti si inseriscono in un contesto morfologico stabile contraddistinto dalla presenza, in affioramento, di un basamento roccioso con elevate caratteristiche litotecniche ricoperto solo localmente da un'esile copertura detritica la quale, in considerazione delle blande pendenze e della morfologia regolare, al massimo darà luogo a semplici e limitati accumuli terrosi alla base delle scarpate senza che si possano generare fenomeni franosi di alcun tipo.

Tale condizione di stabilità gravitativa, per quanto verificato alle osservazioni di dettaglio effettuate nel corso dei sopralluoghi e dei rilievi, è ragionevolmente estrapolabile anche alle aree ricadenti in classe di pericolosità da frana media (Hg2) riportate nella vigente cartografia del PAI.

In definitiva, l'appropriata scelta del tracciato, con andamento planoaltimetrico regolare e privo di brusche variazioni di pendenza (cfr. Elaborato AM-IAC10009 - *Profili longitudinali viabilità di impianto*), consente di prevedere uno sviluppo delle livellette in sostanziale aderenza alle quote del terreno, ottimizzando i movimenti terra.

5.4 Viabilità di accesso alla postazione 509

La viabilità di collegamento dell'aerogeneratore 509, avente lunghezza circa 670 m, si svilupperà prevalentemente in sovrapposizione ad un tratturo esistente di larghezza pari a circa 3 m. Il percorso, attestato su una sella morfologica ad uso pascolativo, si dirama dalla esistente viabilità del parco eolico che collega i cluster di aerogeneratori in località *Perdu Contu* (nn. 24, 25, 30, 31 e 32) con quelli ubicati a circa 1,3 km a est, in località *Serra de Campus* (nn. 46, 47 e 48). Come si evince dall'esame del profilo planoaltimetrico, il terreno in posto presenta un leggero declivio (pendenza media 5%) tra le quote di 716 m s.l.m. (località *Perda Fitta*) e 680 m s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con la piazzola di cantiere.

La sovrapposizione del tracciato con aree a pericolosità media da frana (Hg2) è alquanto contenuta (circa 18 m) ed è ravvisabile in prossimità del raccordo all'esistente viabilità di servizio al parco eolico.

In questo tratto la livelletta stradale di progetto sarà attestata in sostanziale sovrapposizione con l'esistente profilo del terreno, contenendo al minimo le operazioni di scavo e riporto. Alla luce di quanto, interferirà quasi esclusivamente con il basamento litificato o con la coltre detritica di copertura solitamente di esiguo o poco significativo spessore.

Stanti le blande pendenze e la morfologia regolare, al massimo potranno verificarsi semplici e limitati accumuli terrosi alla base della scarpata senza l'insorgere fenomeni franosi di alcun tipo.

5.5 Viabilità di accesso alla postazione 518

La postazione 518 sarà agevolmente accessibile percorrendo l'esistente viabilità di servizio del parco eolico (collegamento esistenti WTG 21-22-23) e, da qui, immettendosi in un tratturo preesistente, parzialmente tracciato che sarà oggetto di adeguamento.

Il tratto stradale in adeguamento si sviluppa per circa 300 metri tra quote indicativamente comprese nell'intervallo 730÷740 m s.l.m., con percorso iniziale (150 m circa) pressoché in piano, attestandosi sulla cresta del rilievo, per poi procedere in leggero declivio verso sud con pendenza regolare fino a raggiungere la piazzola in località *Cuile Comida Frau*.

Le caratteristiche morfoaltimetriche del tracciato consentono di attestare la livelletta di progetto in sostanziale aderenza con il profilo altimetrico del terreno; ciò a meno del tratto di raccordo stradale con la piazzola che richiederà l'approntamento di una trincea con lunghezza di circa 100 metri ed approfondimento massimo dello scavo di circa 6 metri.

La sovrapposizione con aree a pericolosità media da frana (Hg2) si rileva nella parte iniziale del tracciato, per una lunghezza pari a circa 55 m lungo il percorso di nuova realizzazione e pari a circa 40 m lungo il tracciato che necessita di adeguamento. Anche in questo caso, considerate le esigue pendenze e un profilo morfologico pressoché stabile, si esclude il verificarsi di potenziali fenomeni gravitativi nelle aree d'interesse.

5.6 Cavidotti

Il manufatto del cavidotto da realizzare nelle aree interessate da pericolosità Hg2 e Hg3 del PAI è previsto secondo sezioni tipo di larghezza di 0,70÷1,00 m e profondità 1,10 m (Figura 5.1).

La sezione prevede la posa di n. 1/2 terne di cavi in media tensione e n. 1 cavo in fibra ottica in tritubo su strada sterrata o terreno naturale o, eventualmente, su strada asfaltata; in quest'ultimo caso la sua parte superiore è completata con uno strato di sottofondo e uno di conglomerato bituminoso per il ripristino della pavimentazione stradale

Gli scavi saranno realizzati ai margini della carreggiata, sul lato di monte o di valle, in funzione dello spazio sufficiente per lo scavo, e saranno riempiti con lo stesso materiale di scavo ricompattato. Ciononostante, è da considerare che ciò comporterà comunque una

diminuzione del peso di volume del materiale di riempimento stimabile nel 20-30% rispetto a quello in posto.

In considerazione di quanto precede e del peso irrisorio dei cavi posati nelle trincee (stimabile in circa 7 kg/m per la terna di cavi MT), la costruzione dell'opera comporterà necessariamente una diminuzione del carico lineare, piuttosto che un sovraccarico.

Salvo situazioni puntuali da valutare nelle fasi progettuali avanzate, alle quote di progetto si potrà fare affidamento su un substrato "naturale" adeguato, rappresentato da formazioni litificate o da sedimenti eluvio-colluviali.

L'esiguo spessore della coltre detritica di copertura e la modesta entità degli scavi, esclude che possano generarsi situazioni di instabilità delle pareti di scavi o l'innescarsi di fenomeni franosi di alcun tipo, anche in ragione delle blande acclività dei luoghi e del previsto immediato reinterro del cavo.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) - APRILE 2021

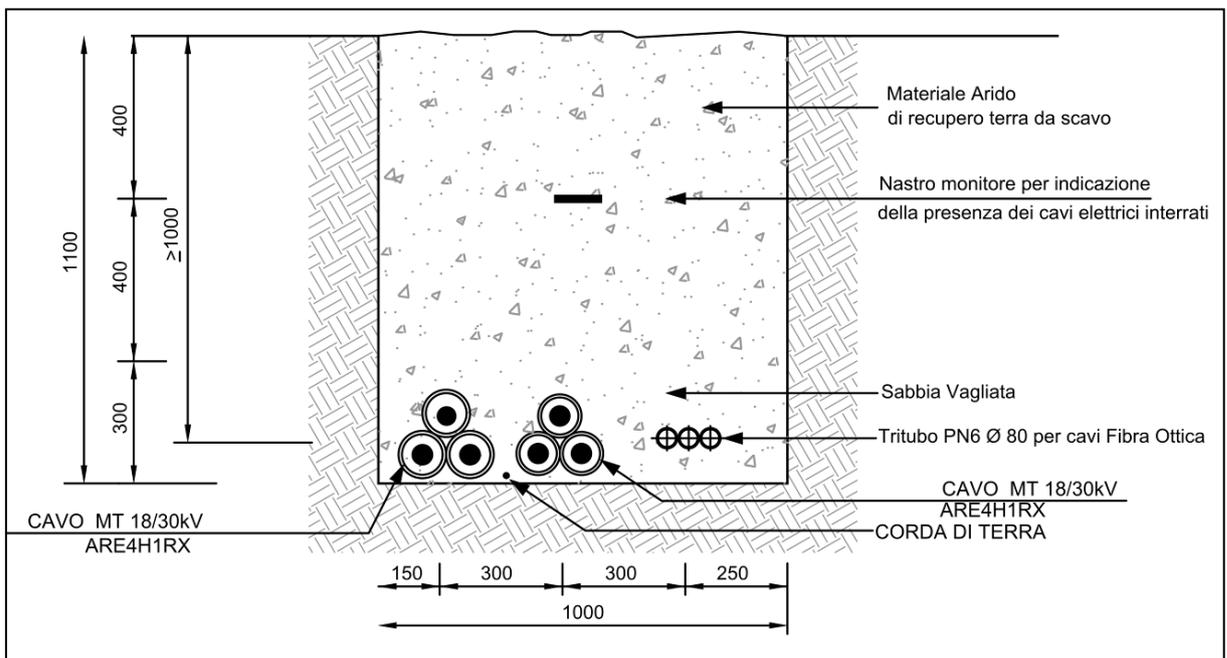
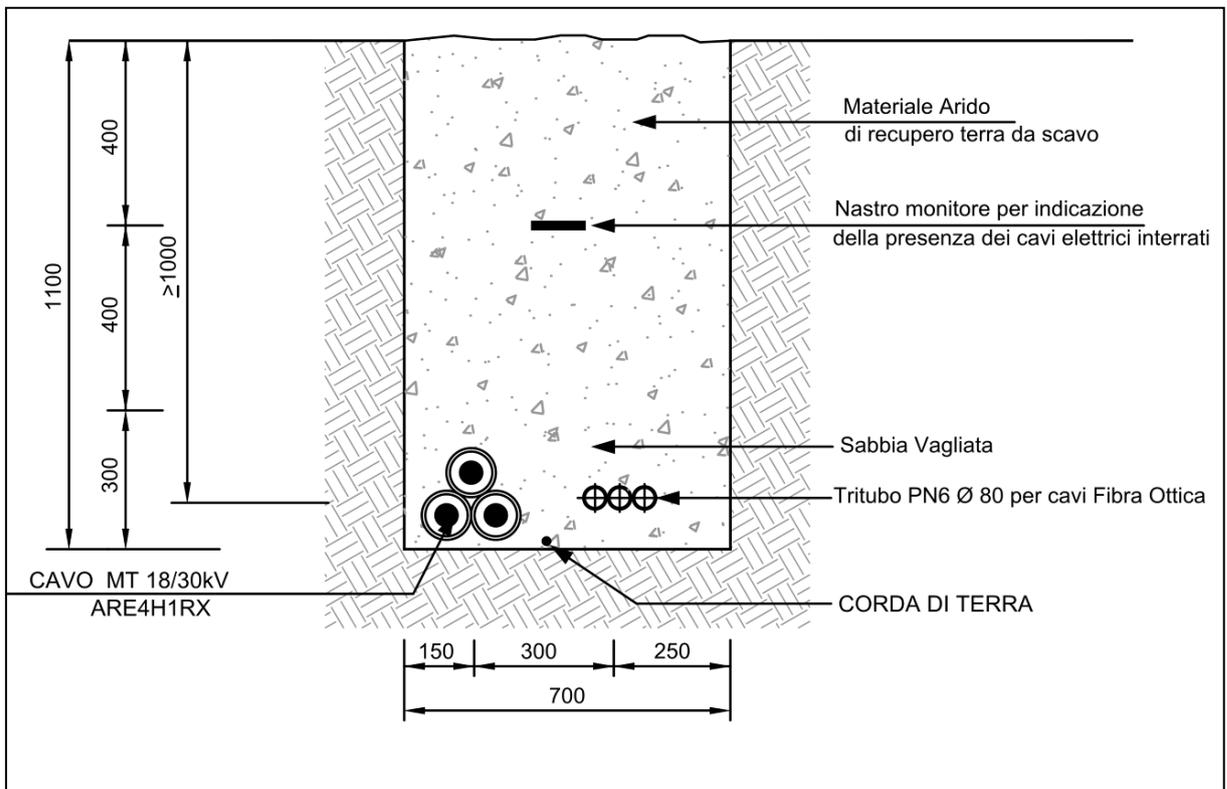


Figura 5.1 - Sezioni-tipo dei cavidotti.

6 VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI PAI

L'analisi dello stato di fatto dei luoghi ha messo in evidenza che gli interventi in progetto interferiscono perlopiù con aree caratterizzate da una pericolosità da frana di tipo moderato Hg1, solo parzialmente con aree a pericolosità media di tipo Hg2 e in maniera marginale con aree a pericolosità da frana di tipo elevata Hg3.

Relativamente agli interventi ricadenti entro aree a pericolosità media da frana Hg2, essi rientrano tra le opere ammissibili previste nel P.A.I. ai sensi dell'art.32 comma 3 lett. a delle Norme Tecniche di Attuazione che recita: «[...] *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità media da frana sono inoltre consentiti esclusivamente:*

- a. *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».*

Relativamente alle opere ricadenti entro aree a pericolosità da frana elevata Hg3, riferibili esclusivamente a un breve tratto del cavidotto di distribuzione elettrica di impianto, le stesse risultano ammissibili ai sensi della disciplina delle aree a pericolosità da frana molto elevata Hg4, ovvero la più restrittiva, la quale ai sensi dell'art. 31 comma 3 lett. e delle Norme Tecniche di Attuazione prevede che: «[...] *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente:*

- e. *allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti».*

L'analisi geologica e geomorfologica non ha evidenziato situazioni di instabilità gravitativa in atto e/o potenziali che potrebbero compromettere la realizzazione delle opere in oggetto, le quali si inseriscono in un contesto morfologico attualmente stabile per la presenza di un substrato roccioso con elevate caratteristiche litotecniche ricoperto solo localmente da un'esile copertura detritica la quale, in considerazione delle blande pendenze e della morfologia regolare, al massimo darà luogo a semplici e limitati accumuli terrosi senza che si possano generare fenomeni franosi di alcun tipo.

Anche dal punto di vista idraulico non sono segnalate situazioni di pericolosità.

Ferma restando la necessità di seguire una campagna investigativa mediante indagini dirette al fine di verificare e meglio supportare le scelte progettuali emerse in questa sede, si può sino ad ora asserire che il sedime di intervento si presenta idoneo ad ospitare gli interventi di cui trattasi e che gli stessi non pregiudicheranno la stabilità del versante.

La compatibilità è inoltre dimostrata dal rispetto dei vincoli di cui all'art. 23 delle Norme di Attuazione del P.A.I. «*Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica*» prevedendo che «*[...] allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:*

- a] *[...] non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle in quanto non interferiscono con il reticolo idrografico locale;*
- b] *[...] non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili poiché gli scavi per l'alloggio delle fondazioni verranno immediatamente richiusi e quelli per la realizzazione della viabilità di collegamento con le piazzole sono da ritenersi di blanda entità;*
- c] *non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale nè la sistemazione idrogeologica a regime;*
- d] *non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;*
- e] *limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;*
- f] *favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*
- g] *salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*
- h] *non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;*
- i] *adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*
- j] *non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;*
- k] *assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;*

- l] garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;*
- m] garantire coerenza con i piani di protezione civile.*

Per quanto sopra esposto, si ritiene che il progetto sia coerente con quanto previsto delle Norme di Attuazione del PAI.