

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

AMISTADE

Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU).



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

0	30/03/2023	Emissione per procedura di VIA	Maxxi	Sartec	Sartec
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.



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

AMISTADE

Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU).

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

COORDINAMENTO GENERALE:

Ing. Manolo Mulana – SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

PROGETTAZIONE:

Ing. Ivano Distinto (Direttore tecnico) – Fad System S.r.l.

Ing, Giovanni Saraceno (Direttore tecnico) 3E Ingegneria Srl

Gruppo di lavoro:

Ing. Francesco Schirru

Mariano Agus

Dott. Geol. Chiara D'Andrea

Ing. Gianni Serpi

Geom. Roberto Accalai

Ing. Francesco Samaritani

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Luca Corsini

Aspetti archeologici: Dott. Luca Sanna

Aspetti pedologici ed uso del suolo, geologici e geotecnici: Dott. Geol. Andrea Bavestrelli

Aspetti floristico, vegetazionali e fauna: Dott. Nat. Francesco Lecis

Aspetti Idraulici: Ing. Remigio Franzini

Aspetti impatto Acustico: Ing. Andrea Battistini – Geom. Nicola Ambrosini

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

Aspetti paesaggistici: Paes. Emanuele Roveccio – Dott.ssa Greta Madrignani

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
1.2	DOCUMENTI TECNICI DI RIFERIMENTO.....	7
1.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	7
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREALE DI INTERVENTO.....	9
3	PERIMETRAZIONE PAI E DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI	
	LUOGHI.....	10
3.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	10
3.1.1	<i>Opere ricadenti nel territorio del Comune di Esterzili.....</i>	<i>10</i>
3.1.2	<i>Opere ricadenti nel territorio del Comune di Escalaplano.....</i>	<i>12</i>
3.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	14
3.2.1	<i>Ricognizione storica della Normativa PAI.....</i>	<i>14</i>
3.2.1.1	<i>Previsioni del PAI REV 41.....</i>	<i>14</i>
3.2.1.2	<i>Previsioni del PAI ai sensi dell'Art. 8 c. 2 delle NTA.....</i>	<i>15</i>
3.2.1.3	<i>Previsioni del PAI REV 59.....</i>	<i>15</i>
3.2.1.4	<i>Previsioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF).....</i>	<i>17</i>
3.2.1.5	<i>Aree alluvionate dall'evento "Cleopatra".....</i>	<i>18</i>
3.2.1.6	<i>Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia (PAI Art. 30 Ter).....</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Analisi puntuale delle interferenze secondo la Variante PAI del Comune di Esterzili 20</i>	
3.2.2.1	<i>Valutazione delle interferenze con il reticolo idrografico in riferimento alla Variante PAI del Comune di Esterzili.....</i>	<i>21</i>
3.2.2.2	<i>Censimento delle interferenze e osservazioni ai fini della compatibilità idraulica degli interventi.....</i>	<i>24</i>
3.2.3	<i>Analisi puntuale delle interferenze secondo la Variante PAI del Comune di Escalaplano.....</i>	<i>40</i>
3.2.3.1	<i>Valutazione delle interferenze con il reticolo idrografico in riferimento alla Variante PAI del Comune di Escalaplano.....</i>	<i>41</i>
3.2.3.2	<i>Censimento delle interferenze e osservazioni ai fini della compatibilità idraulica degli interventi.....</i>	<i>44</i>
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	54
4.1	LITOLOGIE AFFIORANTI NELL'AREA.....	54
4.2	GEOLOGIA DELL'AREA.....	55

5	GEOMORFOLOGIA.....	58
6	IDROGEOLOGIA	60
7	PIANO DELLE INDAGINI	62
8	ESITI DELLE INDAGINI IN SITO.....	63
8.1	RILIEVI STRUTTURALI	63
8.2	MASW.....	64
8.3	STENDIMENTO GEOELETTRICO.....	68
9	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	70
9.1	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	70
9.2	MODELLO GEOTECNICO	71
9.3	PESO DI VOLUME DEI TERRENI DI FONDAZIONE	73
9.4	MODELLO GEOTECNICO SINGOLE OPERE	73
10	CONDIZIONI SISMICHE LOCALI.....	74
10.1	CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE.....	74
10.2	ESITI DELLE INDAGINI DI CAMPO	77
11	DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI DELLE OPERE PRINCIPALI E CAPACITA' PORTANTE.....	79
12	VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI PAI	80
12.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DA FRANA	80
12.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	80
13	CONCLUSIONI	84

TAVOLE

AM-RTC10020-1: Carta Pericolosità da Frana dell'area di Progetto, Comune di Esterzili

AM-RTC10020-2: Carta Pericolosità da Frana dell'area di Progetto, Comune di Escalaplano

AM-RTC10020-3: Carta Pericolosità Idraulica dell'area di Progetto, Comune di Esterzili

AM-RTC10020-4: Carta Pericolosità Idraulica dell'area di Progetto, Comune di Escalaplano

1 INTRODUZIONE

Il presente Studio di Compatibilità Geologica è redatto dal Dott. Andrea Bavestrelli (iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Lombardia al Nr. 791) in relazione all'incarico affidato alla Società Maxxi Engineering S.r.l. e pertinente il progetto di realizzazione di un parco eolico da realizzarsi all'interno del territorio comunale di Escalaplano (SU), Esterzili (SU) e, per una limitata porzione relativa all'elettrodotto, nel territorio comunale di Seui (SU).

Lo Studio si basa sulla consultazione dei dati bibliografici esistenti per l'area e sulle osservazioni raccolte durante i sopralluoghi effettuati e le campagne di indagine svolte nel sito ed è redatto 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.

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 vigente;
- verificare e dimostrare la coerenza del progetto con lo studio di compatibilità idraulica e geologica – geotecnica (di cui all'art 8 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I.) dei comuni interessati (Escalaplano, Esterzili, Seui).

1.1 Normativa di Riferimento

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.
- 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;
- Determinazione n.53 Protocollo n.2841 del 24/03/2022 Comune di Esterzili - Variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 lett. b) delle Norme di Attuazione del PAI, a seguito dello studio di assetto idrogeologico per la perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale - Deliberazione Consiglio Comunale n. 42 del 30.12.2020 – e relativi elaborati tecnici
- Delibera del Comitato Istituzionale n.1 del 23.10.2020 Comune di Escalaplano - Procedimento di variante al PAI ai sensi dell'art. 37 commi 2 e 3 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo allo studio di assetto idrogeologico della pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale - Adozione definitiva e relativi allegati tecnici

1.2 Documenti tecnici di Riferimento

- Carta Geologica della Sardegna;
- Cartografia tematica Geoportale Sardegna;
- STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA, Studio per la Variante al PAI ex art. 37 delle Norme tecniche di Attuazione, Comune di Escalaplano;
- STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA, Studio per la Variante al PAI ex art. 37 delle Norme tecniche di Attuazione, Comune di Esterzili;

1.3 Descrizione delle Opere di Progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l'installazione di 21 aerogeneratori, sito nei comuni di Escalaplano e Esterzili, nella provincia del Sud Sardegna. I terreni sui quali si intende

realizzare l'impianto sono tutti di proprietà privata.

L'opera prevede l'installazione di 7 aerogeneratori, da realizzarsi all'interno del territorio comunale di Esterzili, per gli aerogeneratori denominati EST01; EST03; EST04; EST05; EST07; EST08 e 14 aerogeneratori da collocarsi invece nel territorio di Escalaplano, denominati ESC01; ESC02; ESC03; ESC04; ESC05; ESC06; ESC07; ESC08; ESC09; ESC10; ESC11; ESC12; ESC13 e ESC14 da realizzarsi in area extraurbana. Sono poi previste la Sottostazione Elettrica, la Stazione Utente, la posa di cavidotti e modifiche provvisorie e/o definitive della viabilità.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREALE DI INTERVENTO

L'area nella quale verrà realizzato il progetto è situata nella provincia del Sud Sardegna, precisamente nei territori comunali di Escalaplano e Esterzili. Il sito oggetto di intervento si trova:

- a circa 4 km a nord est dalla città di Escalaplano;
- a circa 4 km a ovest della Città di Perdasdefogu;
- a circa 6 km a sud da Esterzili;
- a circa 6 km a est di Orroli e Nurri.

L'impianto assume una direzione prevalente NW-SE, per uno sviluppo longitudinale indicativo di quasi 10 km.

La morfologia e le condizioni di copertura del suolo del vasto settore in esame sono profondamente influenzate dalle caratteristiche delle litologie affioranti, dai fenomeni tettonici e dalle dinamiche erosive dei principali corsi d'acqua. In particolare, l'ambito d'intervento appare contraddistinto da parti sommitali di versanti, aree di cresta con scarsa copertura vegetale, talora contraddistinte dalla presenza di rimboschimenti da macchia mediterranea.

Dal punto di vista delle condizioni di utilizzo, l'intero territorio di interesse appare segnato dal perpetuarsi delle pratiche agro-pastorali, alla base di un generale impoverimento della copertura vegetale, oggi diffusamente dominata dalla presenza pascoli, garighe e impianti artificiali.

L'area deputata all'installazione dell'impianto eolico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed una buona accessibilità, attraverso le vie di comunicazione esistenti.

La rete stradale che interessa l'area di impianto è costituita da:

- SP153 "Strada Provinciale n.53 Esterzili-Escalaplano" la quale costeggia verso ovest l'interno parco eolico;
- SP13 "Strada Statale Escalaplano-Jerzu";
- altre strade locali.

3 PERIMETRAZIONE PAI E DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI

3.1 Pericolosità Geomorfologica

Come riportato precedentemente i Comuni di Esterzili ed Escalaplano hanno recentemente approvato le Varianti al PAI ed in particolare:

- Determinazione n.53 Protocollo n.2841 del 24/03/2022 Comune di Esterzili - Variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 lett. b) delle Norme di Attuazione del PAI, a seguito dello studio di assetto idrogeologico per la perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale - Deliberazione Consiglio Comunale n. 42 del 30.12.2020 – e relativi elaborati tecnici
- Delibera del Comitato Istituzionale n.1 del 23.10.2020 Comune di Escalaplano - Procedimento di variante al PAI ai sensi dell'art. 37 commi 2 e 3 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo allo studio di assetto idrogeologico della pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale - Adozione definitiva e relativi allegati tecnici

Con riferimento alle aree cartografate dai suddetti documenti relativamente alle aree cartografate con pericolosità da frana, gli interventi in progetto sono inquadrabili come segue (Tavola 5a – Tavola 5b).

3.1.1 Opere ricadenti nel territorio del Comune di Esterzili

La quasi totalità delle opere site nel territorio di Esterzili ricade in area Hg1 con pericolosità moderata ove i fenomeni franosi rilevati o potenziali sono marginali.

Unicamente i nuovi raccordi stradali necessari per il raggiungimento dell'Aerogeneratore EST01 interessano aree con pericolosità media Hg2 (Figura 3-1). In questo tratto la viabilità viene modificata per permettere il passaggio dei mezzi di costruzione e il trasporto dei componenti delle pale eoliche. Le modifiche riguardano l'ampiamiento della sede stradale che viene portata a 5metri e la modifica del raggio di curvatura della pista.

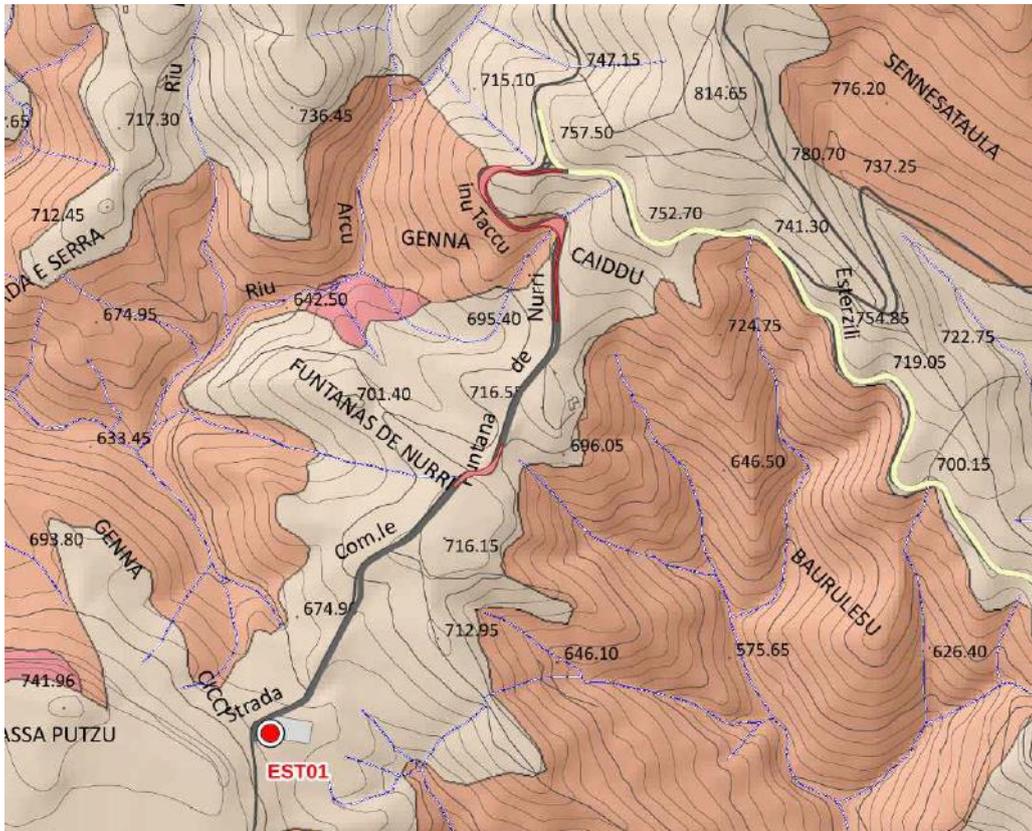


Figura 3-1: Viabilità Aerogeneratore EST01 (Esploso da Tavola AM-RTC10020-1).

In accordo con l'elaborazione del PAI relativo al comune le aree sono così codificate:

- **Hg1** – zona a pericolosità MODERATA: i fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali;
- **Hg2** – zona a pericolosità MEDIA: in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento); zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi;

Le considerazioni ed i sopralluoghi effettuati sui siti di interesse hanno permesso di verificare lo stato effettivo delle aree soggette ad interferenze e in considerazione dello stato specifico delle stesse ove non sono evidenti fenomeni di instabilità e la natura delle opere di progetto che non prevedono la modificata della struttura della strada, che resta sterrata, si può affermare che le opere sono da considerarsi compatibili con l'assetto morfologico del sito.

3.1.2 Opere ricadenti nel territorio del Comune di Escalaplano

La quasi totalità delle opere site nel territorio di Esterzili ricade in area Hg1 con pericolosità moderata ove i fenomeni franosi rilevati o potenziali sono marginali.

Unicamente i nuovi raccordi stradali necessari per il raggiungimento dell'Aerogeneratore ESC07 ed ESC13 interessano aree con pericolosità media Hg2 (Figura 3-2). Anche in questo tratto la viabilità viene modificata per permettere il passaggio dei mezzi di costruzione e il trasporto dei componenti delle pale eoliche. Le modifiche riguardano l'ampiamiento della sede stradale che viene portata a 5 metri e la modifica del raggio di curvatura della pista.

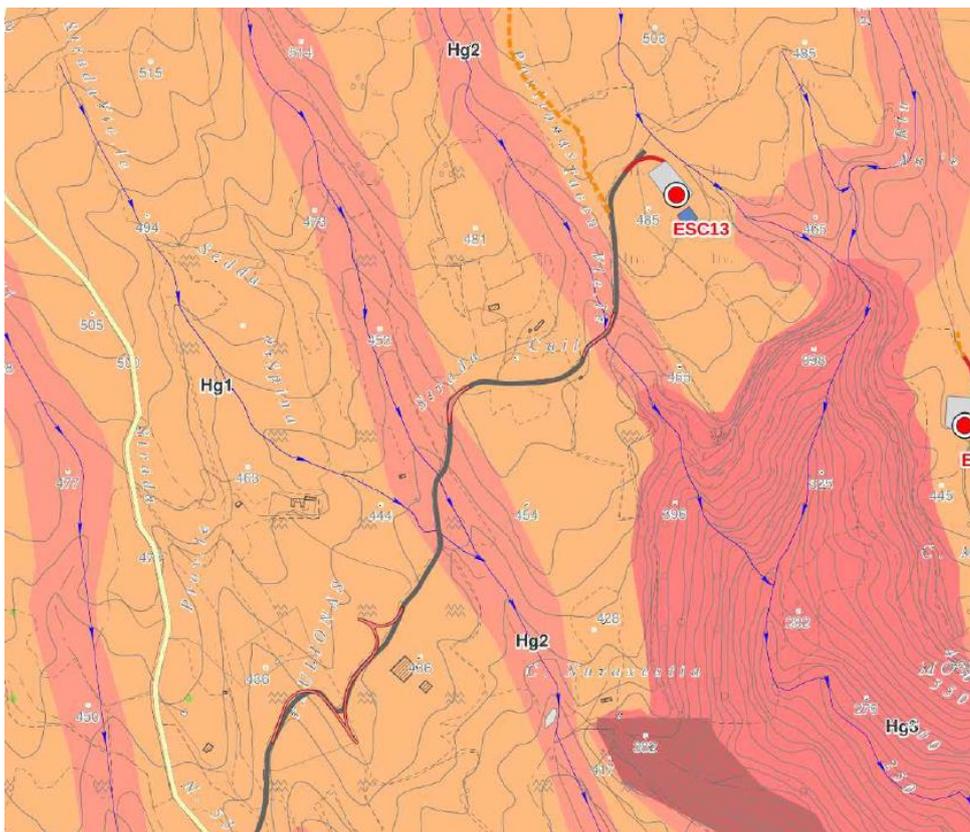


Figura 3-2: Viabilità Aerogeneratore ESC07 ed ESC13 (Esplosa da Tavola AM-RTC10020-2).

In accordo con l'elaborazione del PAI relativo al comune le aree sono così codificate:

- **Hg1** – Aree con pericolosità assente o moderata e con pendenze comprese tra il 20% e il 35% con copertura boschiva limitata o assente; aree con copertura boschiva con pendenze > 35%

- **Hg2** – Aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, con copertura boschiva rada o assente. e con pendenze comprese tra 35 e 50%, falesie lungo le coste.

Le considerazioni ed i sopralluoghi effettuati sui siti di interesse hanno permesso di verificare lo stato effettivo delle aree oggetto delle interferenze e si può affermare che le opere sono da considerarsi compatibili con l’assetto morfologico del sito.

Infatti, nello specifico nelle aree interessate dal progetto, ancorché codificate come Hg1 e Hg2, non sono stati evidenziati fenomeni di instabilità, pertanto, vista anche la natura delle opere di progetto, che non prevedono la modificata della struttura della strada, che resta sterrata, si può affermare che le opere sono da considerarsi compatibili con l’assetto morfologico del sito.

Comune	Lunghezza infrastruttura viaria in adeguamento e di nuova realizzazione (m)	
	Hg1	Hg2
Esterzili	2'983	239
Escalaplano	3'305	112

Tabella 3-1 Stima delle lunghezze di infrastruttura viaria di nuova realizzazione ricadente in aree a pericolosità da frana nei comuni di Esterzili ed Escalaplano.

3.2 Pericolosità Idraulica

Nel presente capitolo si illustrerà il quadro vincolistico vigente relativo ai comuni di Escalaplano ed Esterzili relativamente alla pericolosità idraulica partendo dalle prime edizioni del PAI fino alle ultime varianti presentate dai singoli comuni. Verranno inoltre indicate le interferenze con il reticolo idrografico censite dalle cartografie di piano e, successivamente, esaminate in loco in data 21.12.2022.

3.2.1 Ricognizione storica della Normativa PAI

3.2.1.1 Previsioni del PAI REV 41

Il PAI, nella revisione n. 41, non individua aree di pericolosità idraulica all'interno delle aree territoriali dei comuni di Esterzili ed Escalaplano; come è facilmente riscontrabile dalla planimetria riportata nella figura che segue.

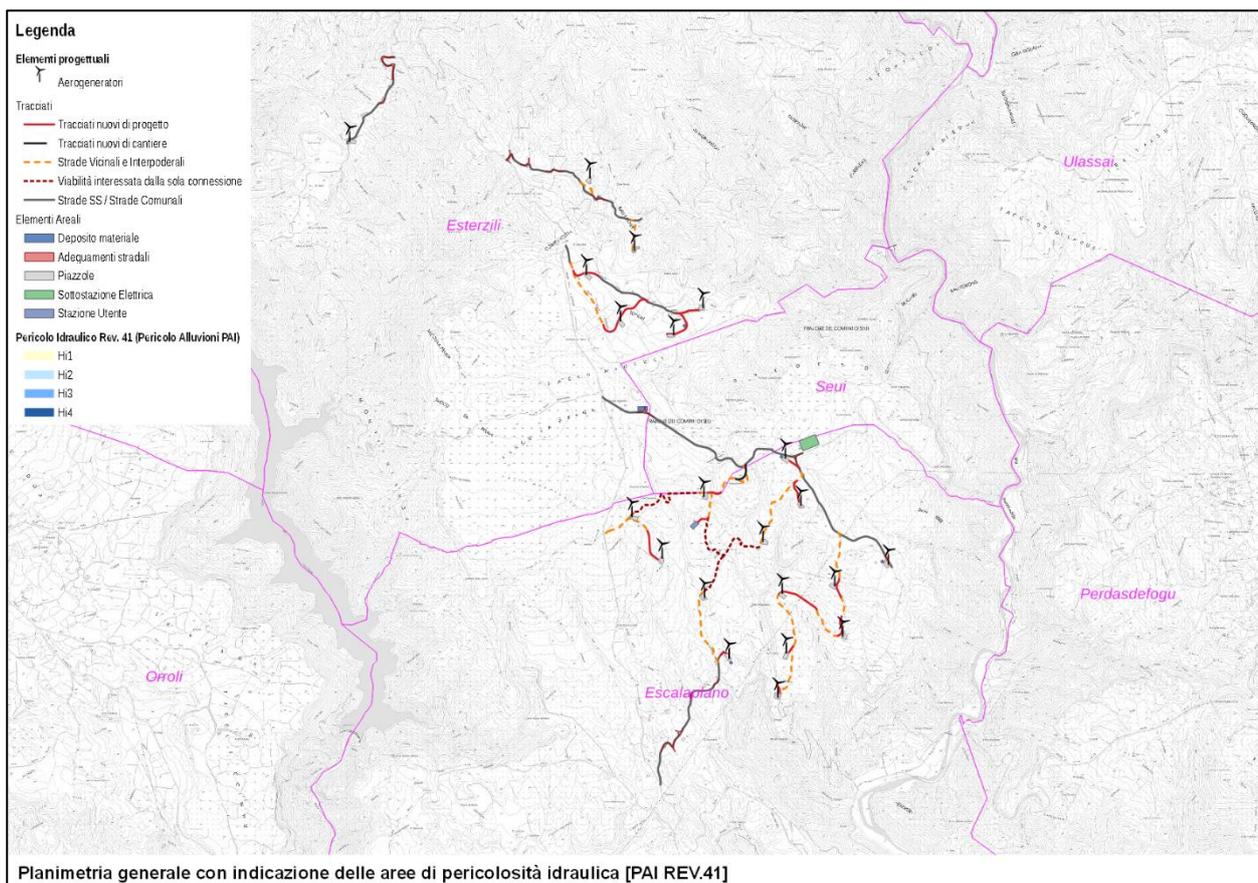


Figura 3-3: Planimetria generale con indicazione delle aree di pericolosità idraulica [PAI REV.41]

3.2.1.2 Previsioni del PAI ai sensi dell'Art. 8 c. 2 delle NTA

Ai sensi dell'Art. 8 c.2 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico i Comuni, nell'ambito dell'adozione di nuovi strumenti urbanistici o di varianti agli stessi, nonché all'approvazione di piani attuativi, predispongono appositi studi di compatibilità idraulica e geologica/geotecnica in osservanza agli articoli 24 e 25 delle NTA, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate. Questi studi, una volta approvati dall'ADIS, vengono inseriti nelle cartografie generali del Piano per l'Assetto Idrogeologico.

Nel caso dei comuni in oggetto, il PAI, non individua aree di potenziale pericolo all'interno delle aree territoriali dei Comuni di Esterzili ed Escalaplano così come riportato nello stralcio cartografico seguente.

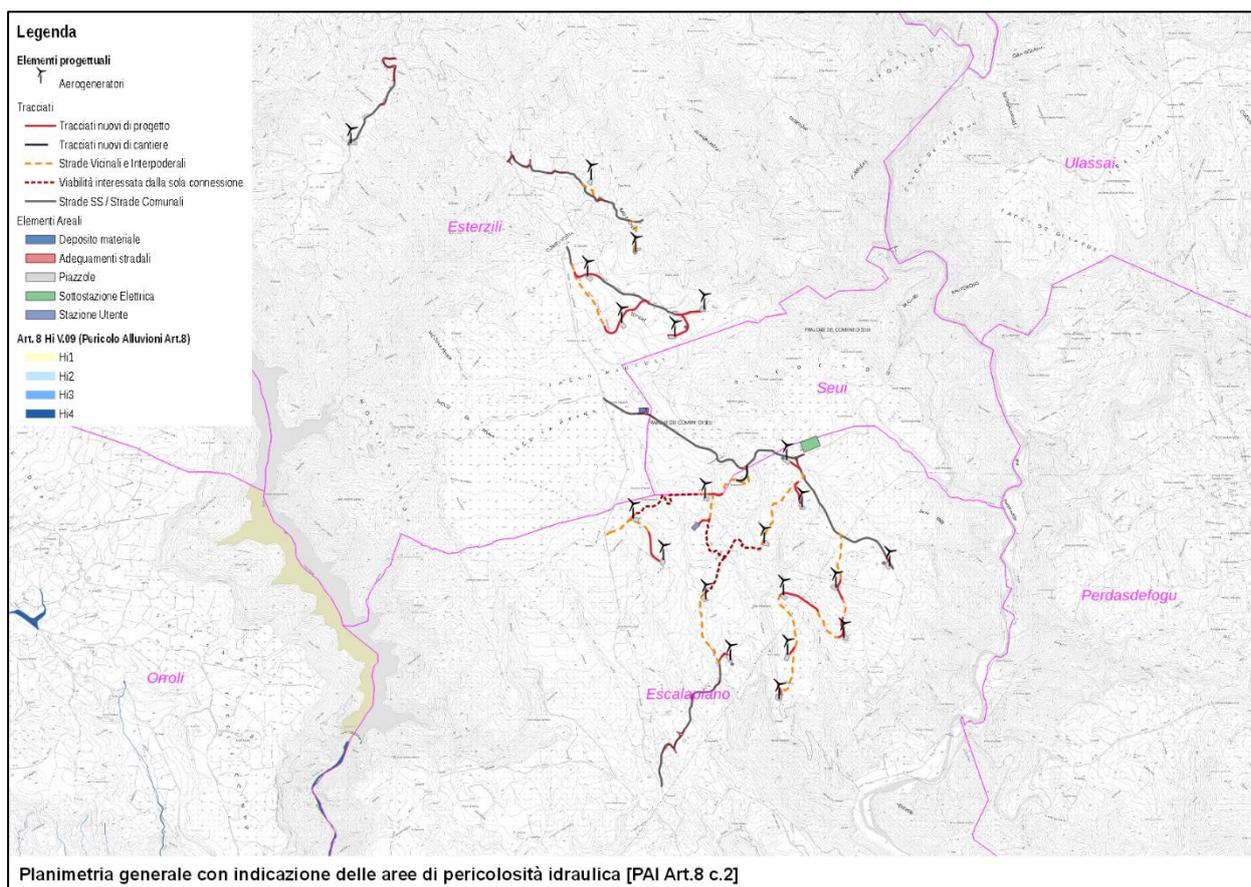


Figura 3-4: Planimetria generale con indicazione delle aree di pericolosità idraulica [PAI Art.8 c.2]

3.2.1.3 Previsioni del PAI REV 59

Il PAI, nella revisione n. 59, individua aree di pericolosità idraulica all'interno dell'area territoriale dei Comuni di Esterzili ed Escalaplano limitatamente ai corpi idrici del Lago del Flumendosa ad

Ovest e del Riu Elixedda ad Est, come è facilmente riscontrabile nello stralcio cartografico riportato nella figura che segue.

In nessun caso si segnalano interferenze tra le aree allagabili perimetrare e gli elementi di progetto, tanto sul posizionamento degli aerogeneratori che della viabilità di collegamento agli stessi.

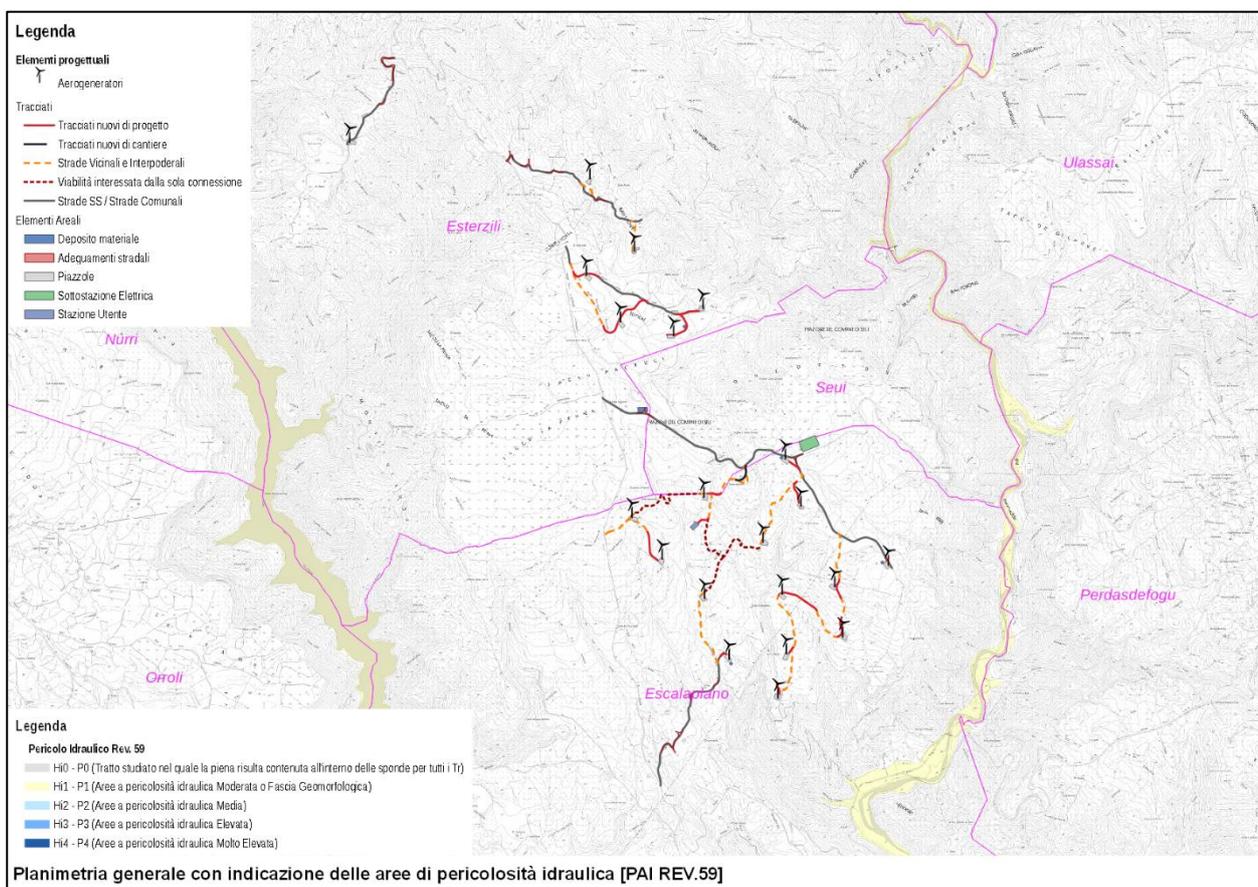


Figura 3-5: Planimetria generale con indicazione delle aree di pericolosità idraulica [PAI REV.59]

3.2.1.4 Previsioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Nell'aggiornamento del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF 2020) vengono recepite le aree di pericolosità individuate nella REV 59 del PAI relativamente alle aree territoriali dei Comuni di Esterzili ed Escalaplano, come è facilmente riscontrabile nello stralcio cartografico riportato nella figura seguente.

Come riportato in precedenza, non si segnalano interferenze, tra le aree allagabili perimetrate e gli elementi progettuali previsti nella presente soluzione tecnica.

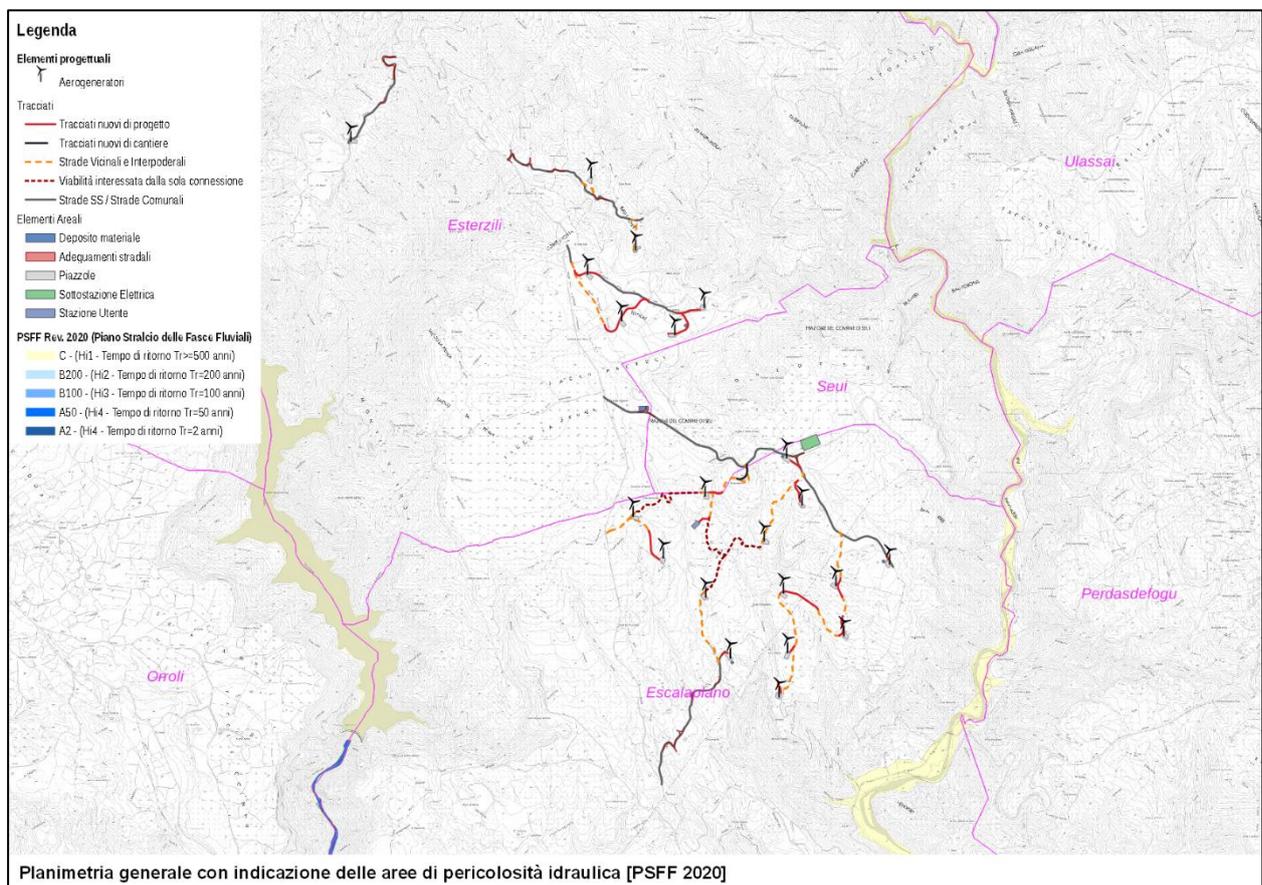


Figura 3-6: Planimetria generale con indicazione delle aree di pericolosità idraulica [PSFF 2020].

3.2.1.5 Aree alluvionate dall'evento "Cleopatra"

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 31.01.2014 veniva introdotta, nella cartografia della pericolosità idraulica regionale, la perimetrazione e la definizione delle misure di salvaguardia delle aree colpite dall'evento alluvionale del Ciclone "Cleopatra" abbattutosi sull'Isola nel novembre 2013. Il territorio comunale di Esterzili è stato interessato dalla citata alluvione e le aree violate originate dall'evento sono riportate nella mappatura regionale come mostra la figura sottostante. Tuttavia, rispetto alle aree oggetto di intervento, le zone interessate dai fenomeni di allagamento, si trovano a una distanza di circa 3,6 km dall'aerogeneratore più prossimo.

Perciò non si segnalano interferenze, tra le aree allagabili perimetrate e gli elementi progettuali previsti nella presente soluzione tecnica.

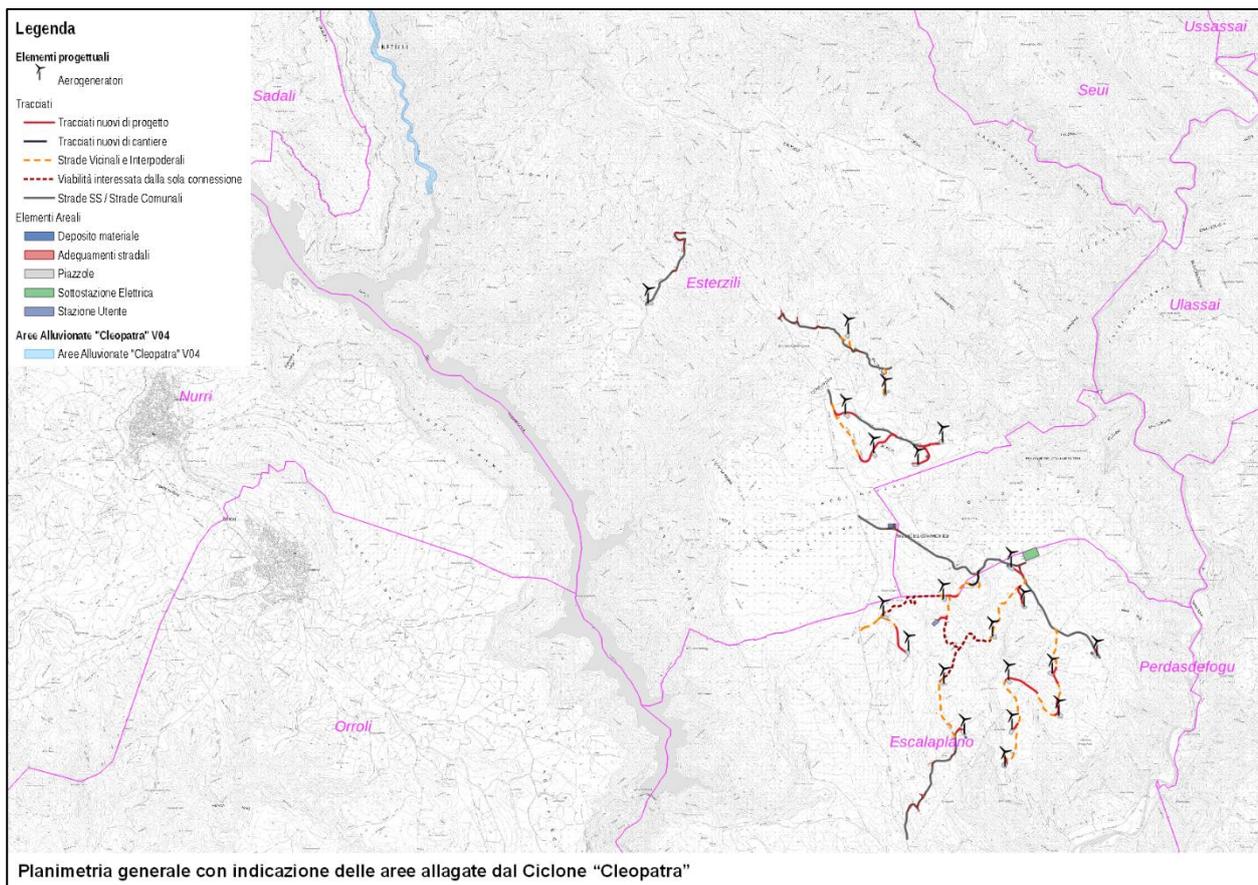


Figura 3-7: Planimetria generale con indicazione delle aree allagate dal Ciclone "Cleopatra".

3.2.1.6 Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia (PAI Art. 30 Ter)

Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n. 1 del 27.02.2018 sono state modificate ed integrate le Norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Sardegna ed è stato introdotto l’Art. 30 Ter, avente per oggetto l’Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia. A tutt’oggi, vista l’approvazione degli Studi di Compatibilità redatti in osservanza degli Artt. 24 e 25 delle NTA del PAI, tale perimetrazione di prima salvaguardia risulta superata. Se ne dà evidenza al solo titolo di rubrica per completezza espositiva. Come si nota dall’immagine seguente, l’area di intervento nei comuni di Esterzili ed Escalaplano, è interferente con il reticolo minore del sub bacino del Flumendosa-Campidano-Cixerri. Confrontando le aree perimetrate, secondo la classificazione del Numero di Strahler, si evidenziano le maggiori interferenze con il tracciato viabile; queste sono attribuibili a buffer di allagabilità di prima salvaguardia compresi tra i 10 e i 50 m e catalogabili con il Numero di Strahler da 1 a 3. Si vedrà nel seguito che, come facilmente immaginabile, tali interferenze risultano confermate nelle Varianti PAI dei comuni in oggetto.

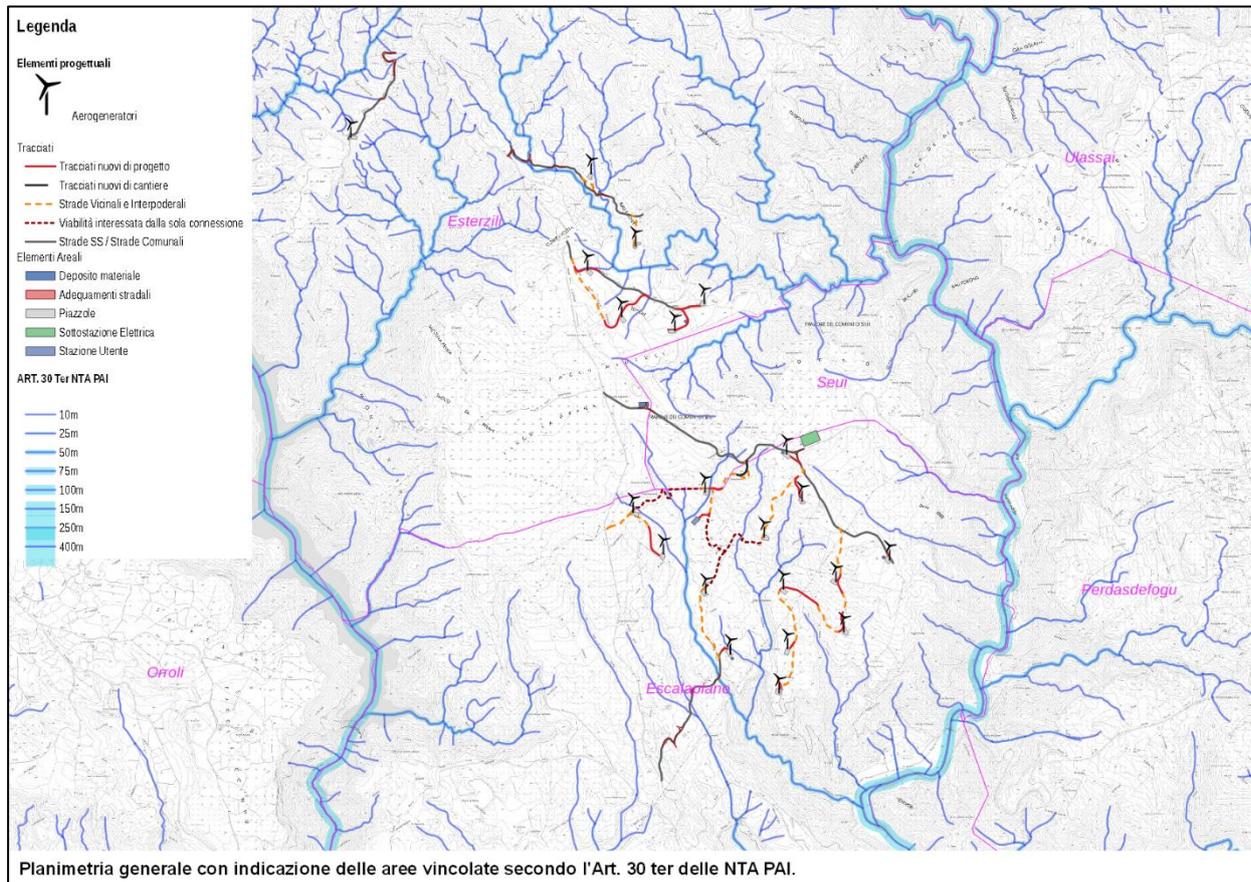


Figura 3-8: Planimetria generale con indicazione delle aree allagate interessate dall'Art. 30 TER.

3.2.2 *Analisi puntuale delle interferenze secondo la Variante PAI del Comune di Esterzili*

Come riportato dall'excursus svolto rispetto l'evoluzione degli aggiornamenti PAI dal 2006 alle ultime revisioni del 2018 il Comune di Esterzili non era in possesso di uno studio di assetto idrogeologico specifico. Ad ottobre del 2021, ai sensi dell'art. 37 c. 3 lett. b) delle NTA del PAI è stato presentato lo studio dell'assetto idrogeologico a scala di maggior dettaglio previsto dall'art.8, cc. 2 et 2bis dal titolo: Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica predisposto in osservanza degli art. 24/25 delle NA del P.A.I Sardegna relativamente al territorio Comunale di Esterzili.

Con la Determinazione n. 53 Protocollo n. 2841 del 24.03.2022 la Direzione Generale dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ha approvato la variante del PAI del comune di Esterzili. Nel presente paragrafo, partendo dalle sovrapposizioni del progetto di realizzazione del parco eolico in oggetto con le planimetrie di pericolosità idraulica della variante approvata, si analizzeranno le interferenze con gli elementi idrici esistenti e la loro vulnerabilità agli eventi di natura idrologica.

In Figura 3-9 si riporta uno stralcio di mappa relativa alla perimetrazione del pericolo idraulico consultabile anche in grande formato nelle planimetrie dedicate (*cfr.* Tavole: AM-RTC10020-3 e AM-RTC10020-4). Come è facilmente riscontrabile, i tracciati stradali di collegamento tra gli aerogeneratori ricadenti nel territorio comunale di Esterzili interferiscono con la rete idrografica minore dei bacini del Riu Santa Maria e del Riu Arcu.

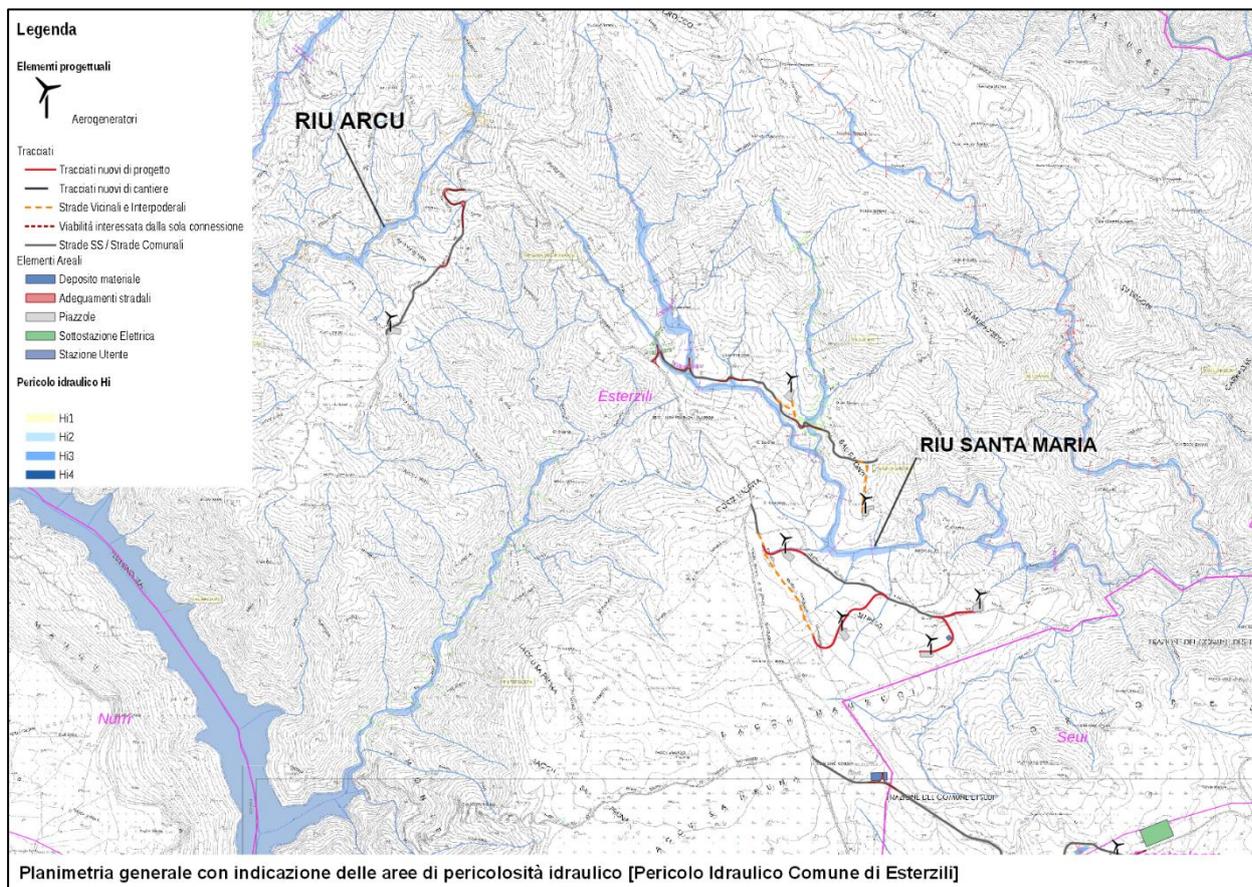


Figura 3-9: Planimetria generale con indicazione delle aree allagabili secondo la Variante PAI del Comune di Esterzili.

La sovrapposizione delle aree perimetrare con gli elementi di progetto evidenzia sette interferenze che sono riportate in Tabella 3-2. Le medesime interferenze vengono mostrate anche nello stralcio cartografico di Figura 3-10.

Lo studio idrogeologico della Variante PAI del Comune di Esterzili, nell' *Allegato 1 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare*: Schede di caratterizzazione degli attraversamenti viari, riporta la verifica della sicurezza idraulica dello stato di fatto dei canali tombinati e di guardia nonché degli attraversamenti viari del reticolo idrografico, così come previsto ai sensi dell'Art. 22 delle NTA del PAI. Tra gli attraversamenti studiati quattro coincidono con interferenze del progetto in oggetto. Nella tabella menzionata sono indicati anche i codici dell'Allegato richiamato. Vengono inoltre prodotte le monografie, dei punti segnalati con il relativo stato di fatto dei luoghi. Le immagini sono relative al sopralluogo effettuato in data 21.12.2022.

3.2.2.1 Valutazione delle interferenze con il reticolo idrografico in riferimento alla Variante PAI del Comune di Esterzili

In generale gli interventi maggiormente impattanti sul reticolo idrografico sono i tratti di viabilità,

tanto sui rami di viabilità di nuova realizzazione ma anche sui tracciati, rurali e non, oggetto di adeguamento infrastrutturale. In generale si prevede che su tutte le strade esistenti sterrate e non sarà necessario garantire la larghezza di progetto di 5 metri, raggiungibile con operazioni di pulizia e livellamento delle aree stradali di pertinenza esterne alla carreggiata. Si renderanno necessari minimi interventi di allargamento stradale e rettifica del tracciato anche con potature di alberi d'alto fusto. In alcuni tratti sono presenti recinzioni di tipo agropastorale che dovranno essere rimosse e ripristinate al termine dei lavori.

Nel seguito verranno censite le interferenze riscontrate con la perimetrazione delle aree di allagabili secondo le cartografie dello studio di Variante al PAI del Comune di Esterzili così come suddivise nella tabella precedente.

ID INTERF.	ID ADEGUAMENTO	COORDINATE (WGS84)	CORSO D'ACQUA INTERESSATO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	ID SCHEDA VARIANTE PAI
EST-INT_1	ADEGUAMENTO 1	39.7302139834N, 9.3156752475E	092112_FIUME_56375 <i>Aff. Riu Arcu</i>	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale	-
EST-INT_2	ADEGUAMENTO 2	39.7342410923N, 9.3176784509E	092112_FIUME_39655 <i>Aff. Riu Arcu</i>	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale	-
EST-INT_3	ADEGUAMENTO 3	39.7246930138N, 9.3338972294E	092112_FIUME_41976 <i>Aff. Riu Tuvara/Riu Santa Caterina</i>	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale	D443_SC_0008 D443_SC_0009
EST-INT_4	ADEGUAMENTO 3	39.7236125303N, 9.3363339408E	RIU TUVARA <i>Aff. Riu Santa Caterina</i>	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale	D443_SC_0047
EST-INT_5	ADEGUAMENTO 4	39.722942126N, 9.3398266361E	092112_FIUME_61761 <i>Aff. Riu Tuvara/Riu Santa Caterina</i>	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale	D443_SC_0015
EST-INT_6	ADEGUAMENTO 5	39.7198464498N, 9.3461160874E	RIU MANNONI <i>Aff. Riu Santa Caterina</i>	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale	D443_SC_0040
EST-INT_7	STRADELLO EST-T4N	39.7116673816N, 9.3429628178E	092112_FIUME_50344 <i>Aff. Riu Mannoni/Riu Santa Caterina</i>	Nuovo tracciato rurale con guado	-

Tabella 3-2: Comune di Esterzili – Interferenze con il reticolo idrografico minore.

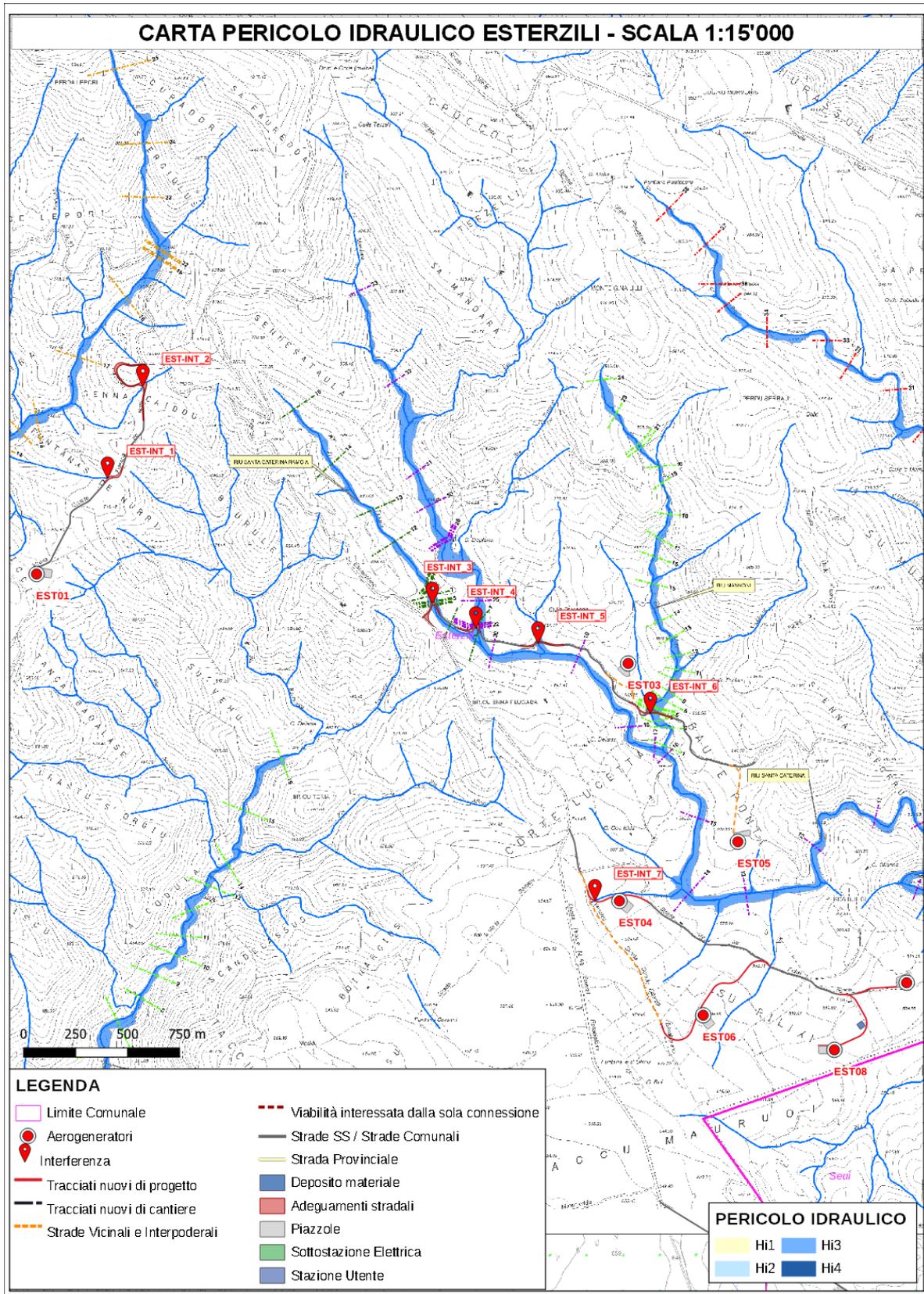


Figura 3-10: Planimetria generale con indicazione delle aree allagabili secondo la Variante PAI del Comune di Esterzili con evidenziati i tratti di intervento interferenti con il reticolo idrografico.

3.2.2.2 *Censimento delle interferenze e osservazioni ai fini della compatibilità idraulica degli interventi*

EST-INT_1	
ADEGUAMENTO 01 (ref. Tav. AMIST_PC_T006.2a)	La sequenza di curva e controcurva ravvicinati rende necessario realizzare degli slarghi all'interno della curva per creare delle aree carrabili e prive di ostacoli.
OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI	Il tratto di strada si trova a monte del compluvio del corso d'acqua indicato come 092112_FIUME_56375 immissario minore del Riu Arcu. L'area sottesa dalla sezione di chiusura nel punto oggetto di interferenza è limitata dalla presenza della strada attualmente in posto. A seguito dei sopralluoghi effettuati si è riscontrata la presenza di un tombino stradale in CLS. Non sono visibili fenomeni di ostruzione o di erosione in atto.
ID SCHEDA VARIANTE PAI: <i>non censito</i>	Il progettista, in sede esecutiva, dovrà verificare di realizzare le opere in modo tale da favorire il deflusso verso valle a seguito dell'allargamento della piattaforma adeguando il tombino esistente con opportuna tubazione e adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al punto §12.2 della presente.
<p>ADEGUAMENTO 1 - STATO DI FATTO</p> <p>AEROFOTOGRAFOMETRIA - Dislivello curve 2,5m SCALA 1:2.000</p>	<p>ADEGUAMENTO 1 - STATO DI PROGETTO</p> <p>AEROFOTOGRAFOMETRIA - Dislivello curve 2,5m SCALA 1:2.000</p>

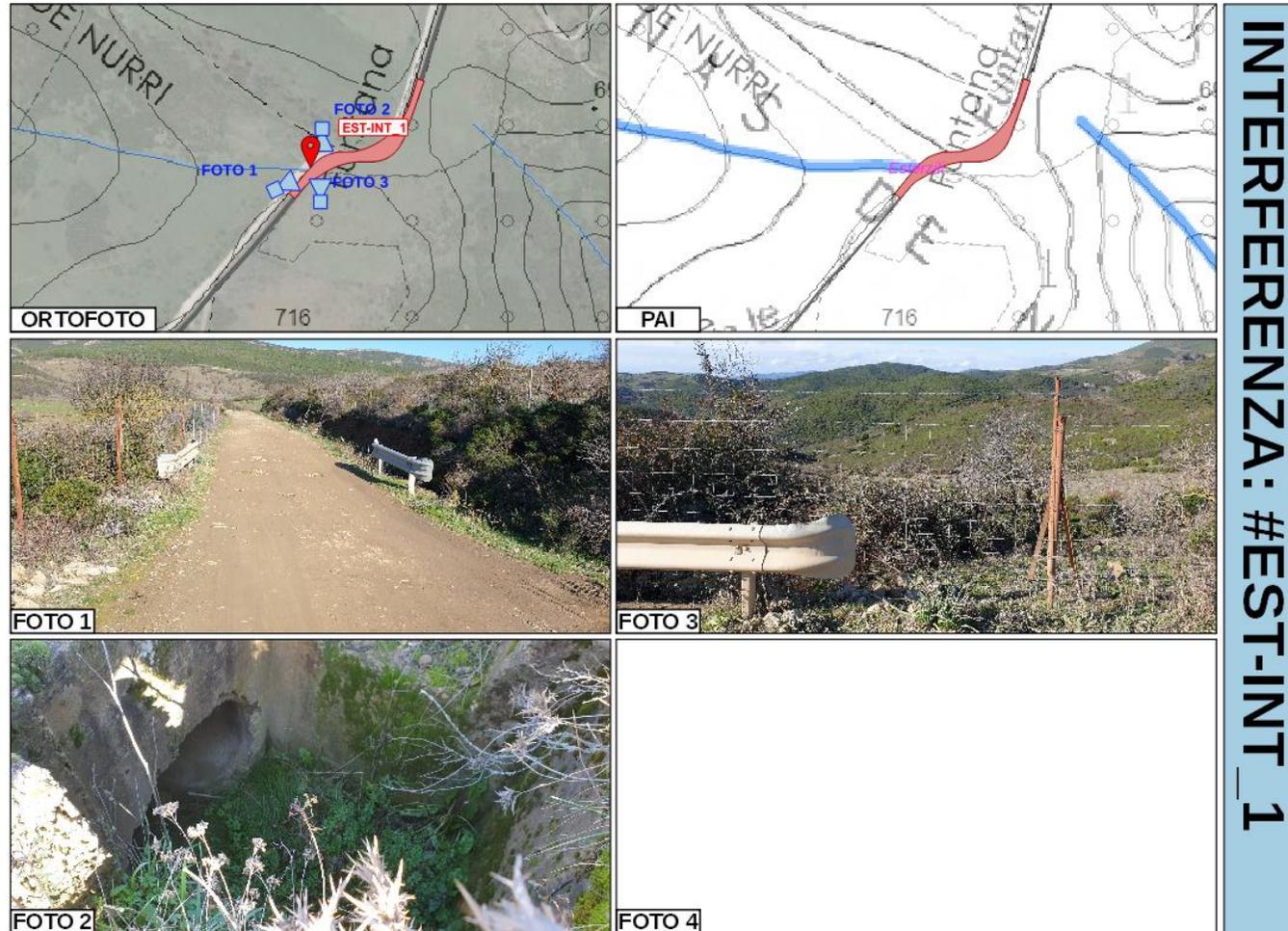


Figura 3-11: Interferenza #EST-INT_1 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

EST-INT_2

ADEGUAMENTO 02

(ref. Tav. AMIST_PC_T006.2a)

Nel tratto appena si lascia la SP53 e si prende la strada sterrata che porta alla EST_01, si incontrano inizialmente una serie di curve molto strette nelle quali sarà necessario creare degli slarghi per garantire i necessari franchi di manovra ai trasporti. Le pendenze sono idonee e non necessitano di modifiche. Successivamente si rende necessario un allargamento in corrispondenza di un attraversamento di una gora, che sarà ripristinato al termine dei lavori.

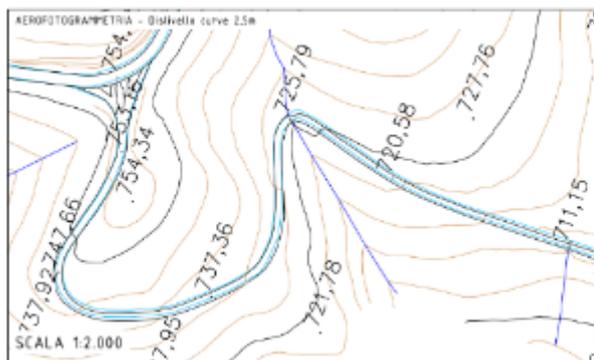
OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

**ID SCHEDA
VARIANTE PAI:**
non censito

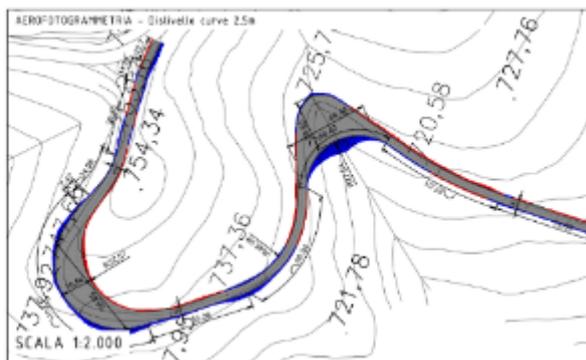
Come nel caso precedente, il tratto di strada si trova a monte del compluvio del corso d'acqua indicato come 092112_FIUME_39655 immissario minore del Riu Arcu. L'area sottesa dalla sezione di chiusura nel punto oggetto di interferenza è limitata dalla presenza della strada attualmente in posto. A seguito dei sopralluoghi effettuati si è riscontrata la presenza di un tombino stradale in CLS. Non sono visibili fenomeni di ostruzione o di erosione in atto.

Il progettista, in sede esecutiva, dovrà verificare di realizzare le opere in modo tale da favorire il deflusso verso valle a seguito dell'allargamento della piattaforma adeguando il tombino esistente con opportuna tubazione e adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al punto §12.2 della presente.

ADEGUAMENTO 2 - STATO DI FATTO



ADEGUAMENTO 2 - STATO DI PROGETTO



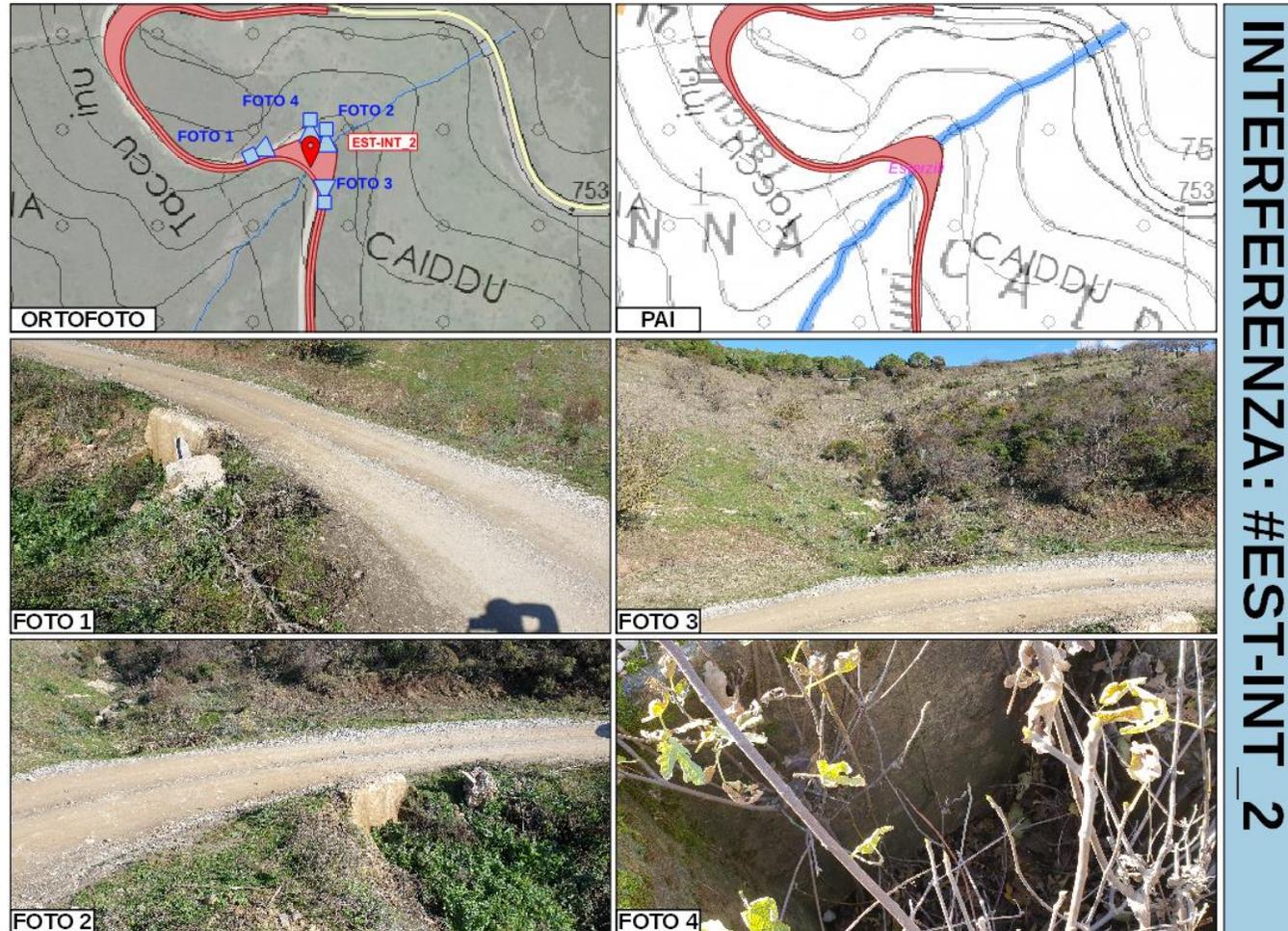


Figura 3-12: Interferenza #EST-INT_2 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

EST-INT_3

ADEGUAMENTO 03

(ref. Tav. AMIST_PC_T006.2a)

Nel primo tratto di strada che dalla SP53 porta alla EST_03 si rende necessaria la creazione di due aree di manovra che consentono l'inversione di marcia dei mezzi. Le aree individuate sono pressoché pianeggianti. La prima area di manovra insiste su un tratto di viabilità preesistente, per la seconda area sarà necessario realizzare un lieve spianamento. Sono necessarie solo opere di pulizia da arbusti e massi, la rimozione e/o la potatura di alberi ad alto fusto.

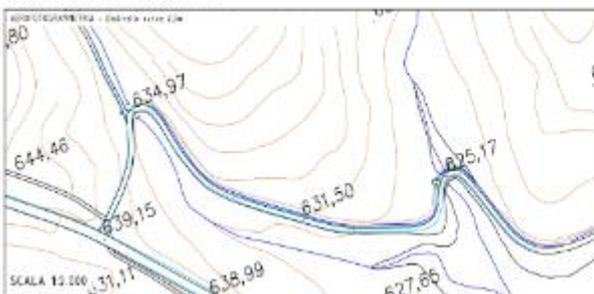
OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

**ID SCHEDA
VARIANTE PAI:**
D443_SC_0008
D443_SC_0009

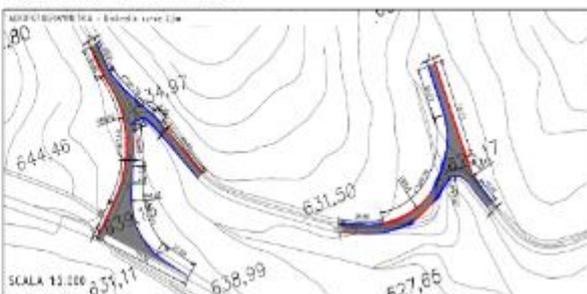
Dalle schede di analisi delle interferenze della Variante al PAI del comune di Esterzili (cfr. schede: *D443_SC_0008* e *D443_SC_0009*) si evince che: il deflusso delle acque piovane nei pressi del tratto di strada comunale oggetto di intervento, viene garantito da un tubolare in CLS del diametro di 0,80 m con una lunghezza di attraversamento di ca. 4,5 m. L'analisi idraulica condotta nell'ambito dello studio di Variante al PAI ha mostrato che tale opera è insufficiente a garantire lo smaltimento della portata di piena di progetto due centennale fissata in: $Q_{200}=12,37 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.

ADEGUAMENTO 3 - STATO DI FATTO



ADEGUAMENTO 3 - STATO DI PROGETTO



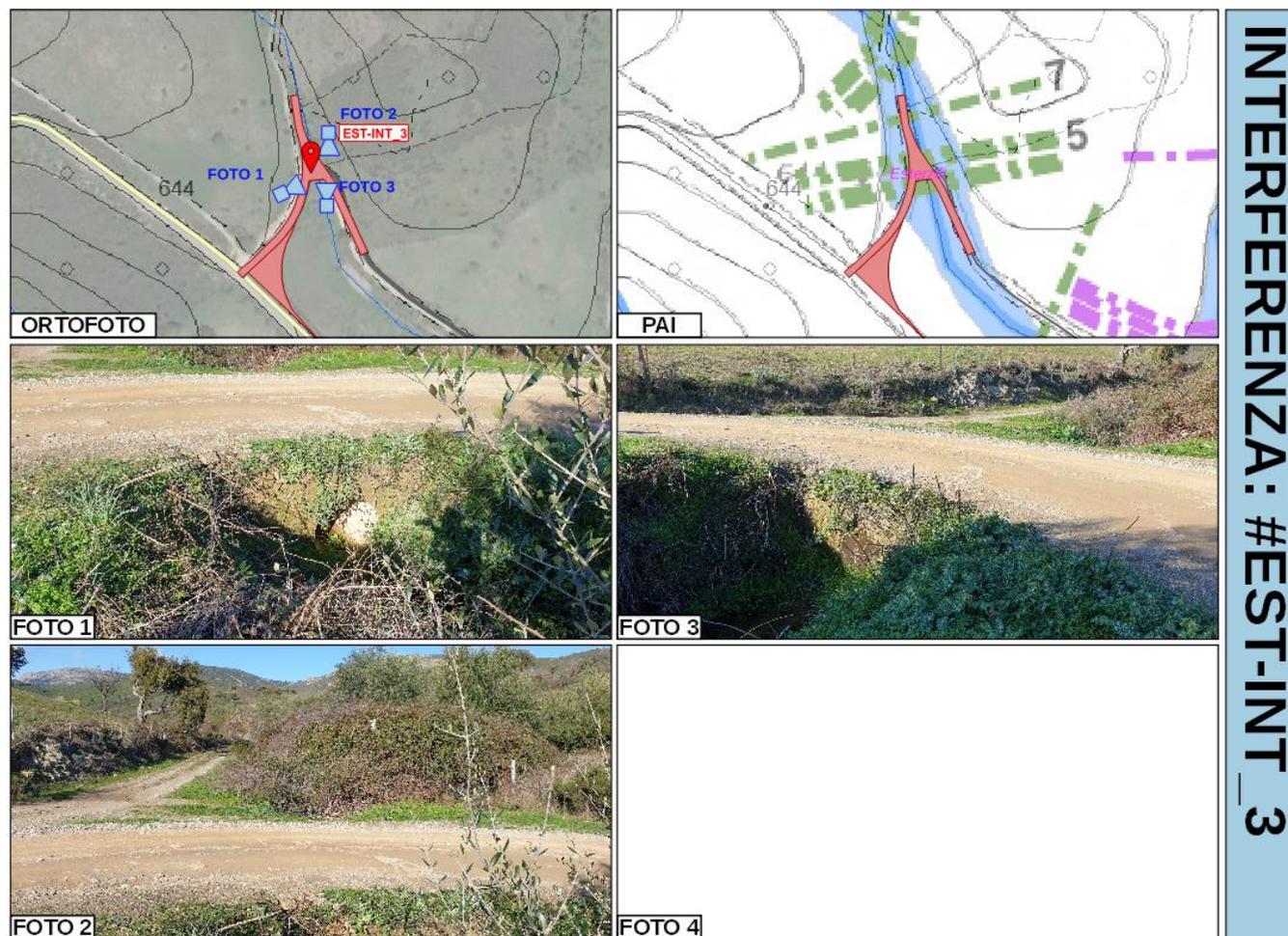


Figura 3-13: Interferenza #EST-INT_3 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

EST-INT_4

ADEGUAMENTO 03

(ref. Tav. AMIST_PC_T006.2b)

Nel primo tratto di strada che dalla SP53 porta alla EST_03 si rende necessaria la creazione di due aree di manovra che consentono l'inversione di marcia dei mezzi. Le aree individuate sono pressoché pianeggianti. La prima area di manovra insiste su un tratto di viabilità preesistente, per la seconda area sarà necessario realizzare un lieve spianamento. Sono necessarie solo opere di pulizia da arbusti e massi, la rimozione e/o la potatura di alberi ad alto fusto.

OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

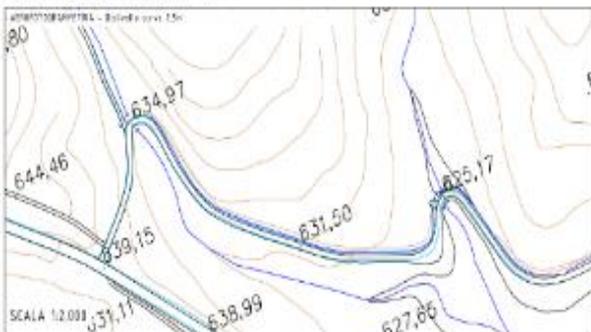
**ID SCHEDA
VARIANTE PAI:
D443_SC_0047**

Dalle schede di analisi delle interferenze della Variante al PAI del comune di Esterzili (cfr. scheda: D443_SC_0047) si evince che il tratto di strada comunale oggetto di intervento viene garantito da un tubolare in CLS del diametro di 1,00 m con una lunghezza di attraversamento di ca. 3,5 m.

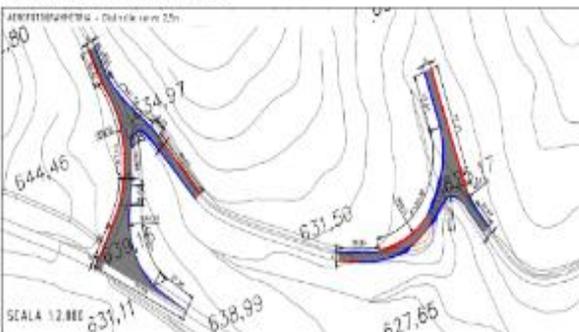
L'analisi idraulica condotta nell'ambito dello studio di Variante al PAI ha mostrato che tale opera è insufficiente a garantire lo smaltimento della portata di piena di progetto due centennale: $Q_{200} = 40,15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.

ADEGUAMENTO 3 - STATO DI FATTO



ADEGUAMENTO 3 - STATO DI PROGETTO



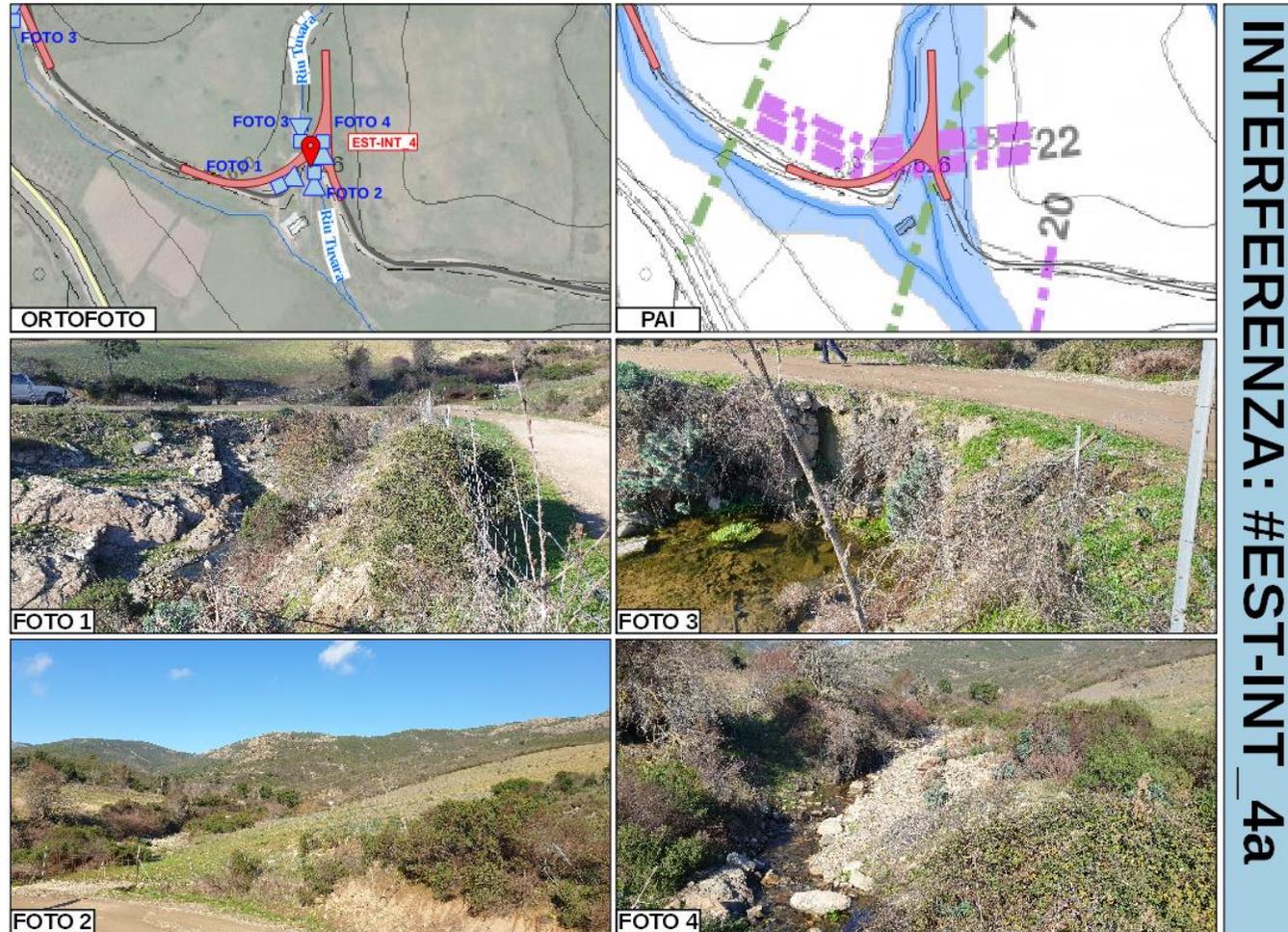


Figura 3-14: Interferenza #EST-INT_4 (p. 1) - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

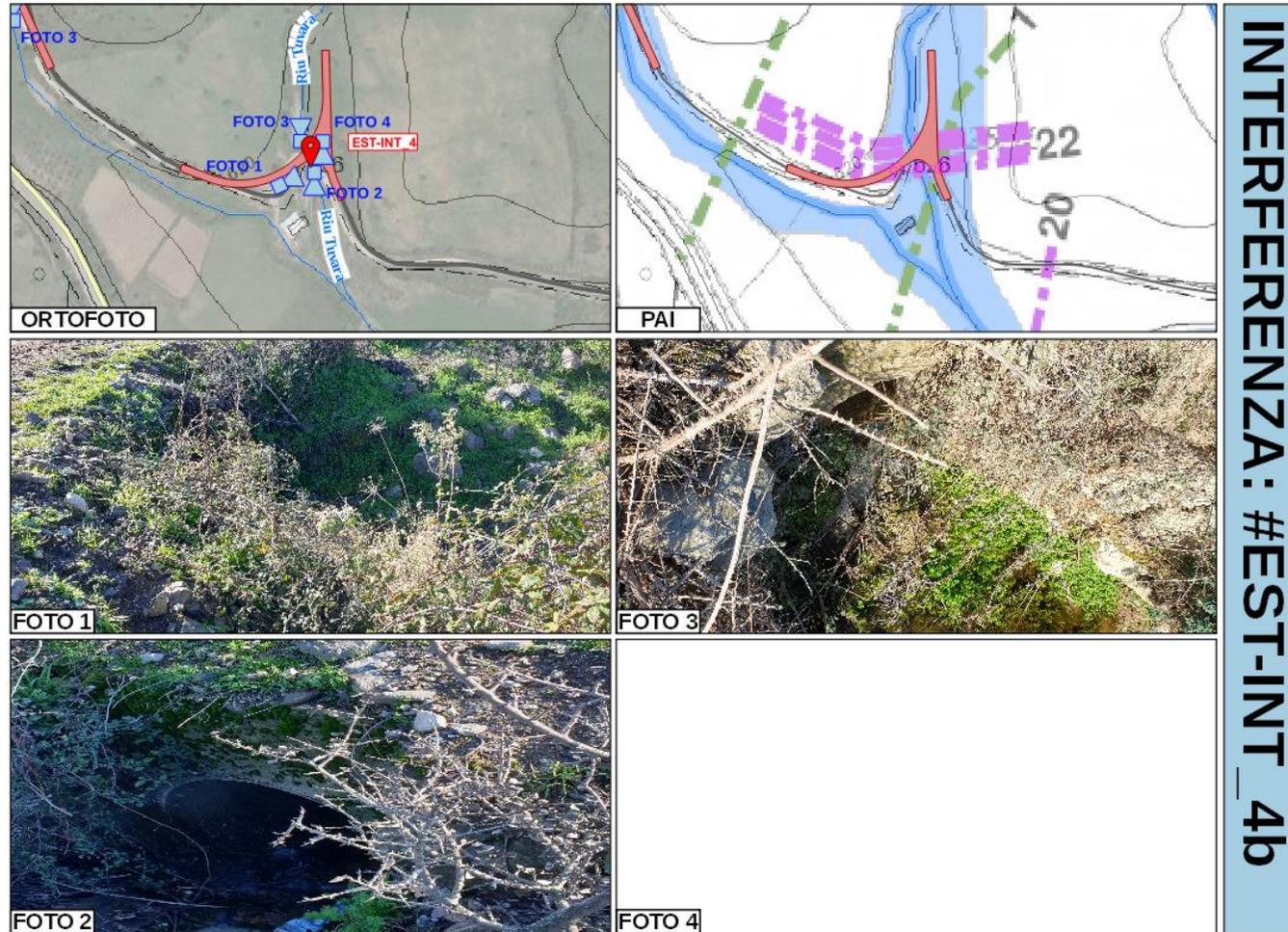


Figura 3-15: Interferenza #EST-INT_4 (p.2) - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

EST-INT_5

ADEGUAMENTO 04

(ref. Tav. AMIST_PC_T006.2b)

Lungo la strada che conduce alla EST_03 si rende necessaria la correzione di una curva stretta sotto la quale è presente un tubolare per un attraversamento delle acque raccolte della cunetta e da una gora. Verrà realizzato un nuovo attraversamento con la posa di un tubolare in acciaio e verrà rimosso al termine dei lavori.

OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

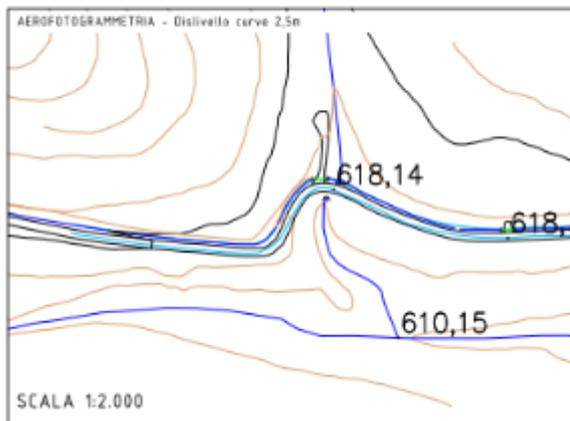
ID SCHEDA
VARIANTE PAI:
D443_SC_0015

Dalle schede di analisi delle interferenze della Variante al PAI del comune di Esterzili (cfr. scheda: D443_SC_0015) si evince che il tratto di strada comunale oggetto di intervento viene garantito da un tubolare in CLS del diametro di 0,80 m con una lunghezza di attraversamento di ca. 4,50 m.

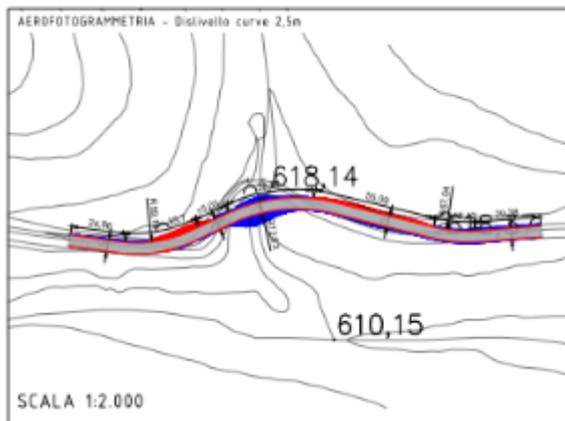
L'analisi idraulica condotta nell'ambito dello studio di Variante al PAI ha mostrato che tale opera è insufficiente a garantire lo smaltimento della portata di piena di progetto due centennale: $Q_{200}=5,62 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.

ADEGUAMENTO 4 - STATO DI FATTO



ADEGUAMENTO 4 - STATO DI PROGETTO



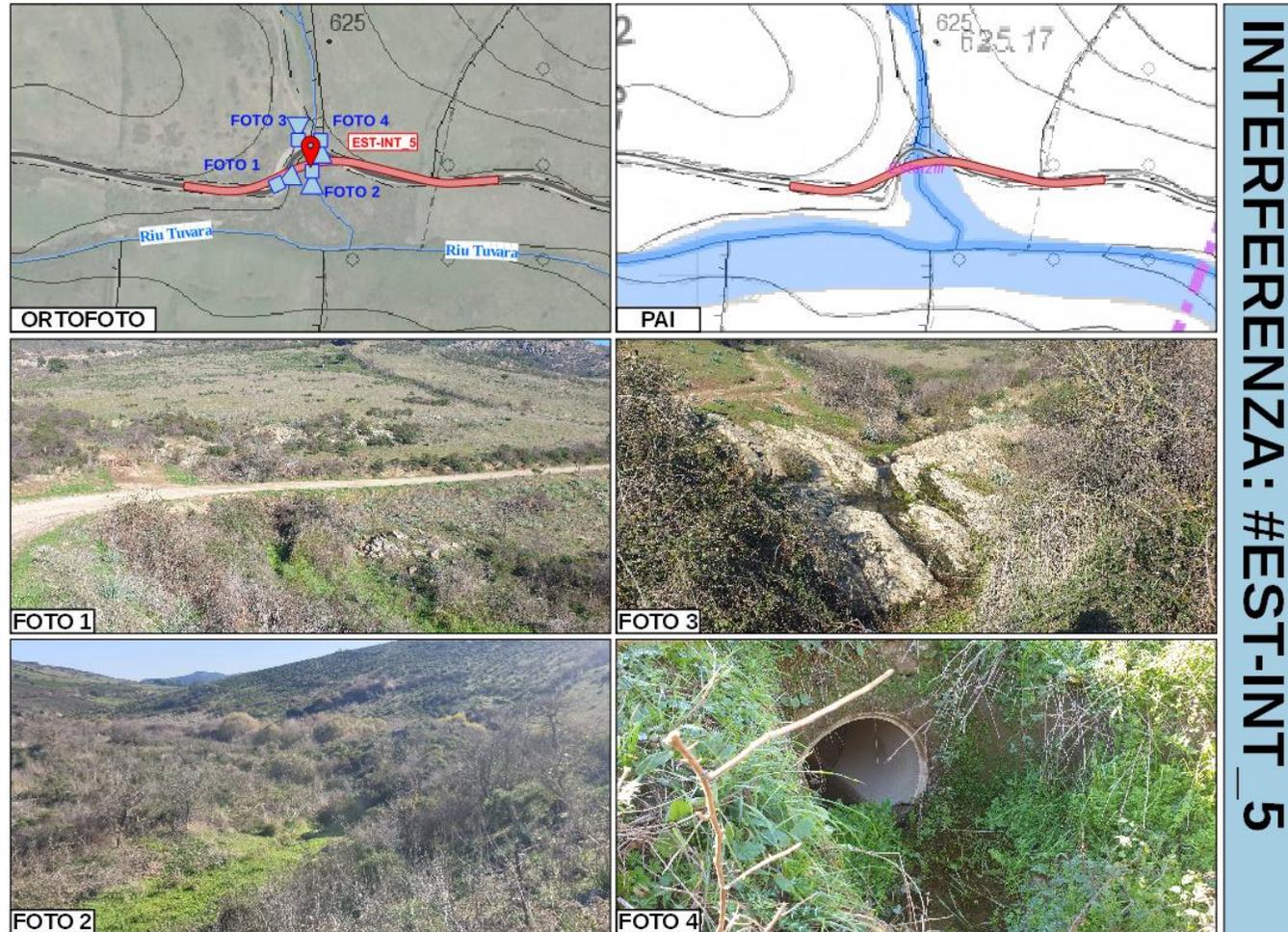


Figura 3-16: Interferenza #EST-INT_5 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

EST-INT_6

ADEGUAMENTO 05

(ref. Tav. AMIST_PC_T006.2b)

Lungo la strada che conduce alla EST_03 si rende necessaria la correzione di una curva stretta sotto la quale è presente un tubolare per un attraversamento delle acque raccolte della cunetta e da una gora. Verrà realizzato un nuovo attraversamento con la posa di un tubolare in acciaio e verrà rimosso al termine dei lavori.

OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

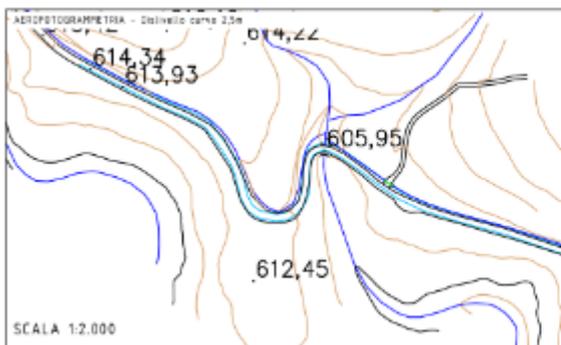
ID SCHEDA
VARIANTE PAI:
D443_SC_0040

Dalle schede di analisi delle interferenze della Variante al PAI del comune di Esterzili (cfr. D443_SC_0040) si evince che il tratto di strada comunale oggetto di intervento viene garantito da due scatolari in C.A. di dimensioni 2,00 m e altezza 1,10 m con una lunghezza di attraversamento di ca. 4,0 m.

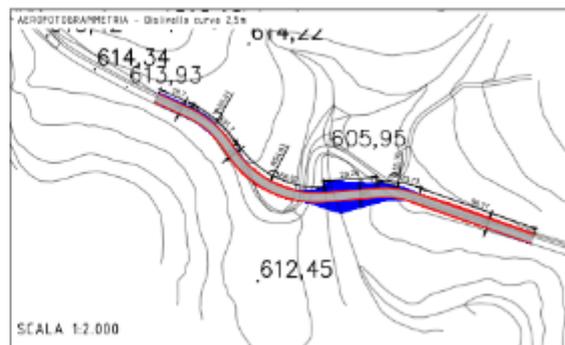
L'analisi idraulica condotta nell'ambito dello studio di Variante al PAI ha mostrato che tale opera è insufficiente a garantire lo smaltimento della portata di piena di progetto due centennale: $Q_{200}=30,78 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.

ADEGUAMENTO 5 - STATO DI FATTO



ADEGUAMENTO 5 - STATO DI PROGETTO



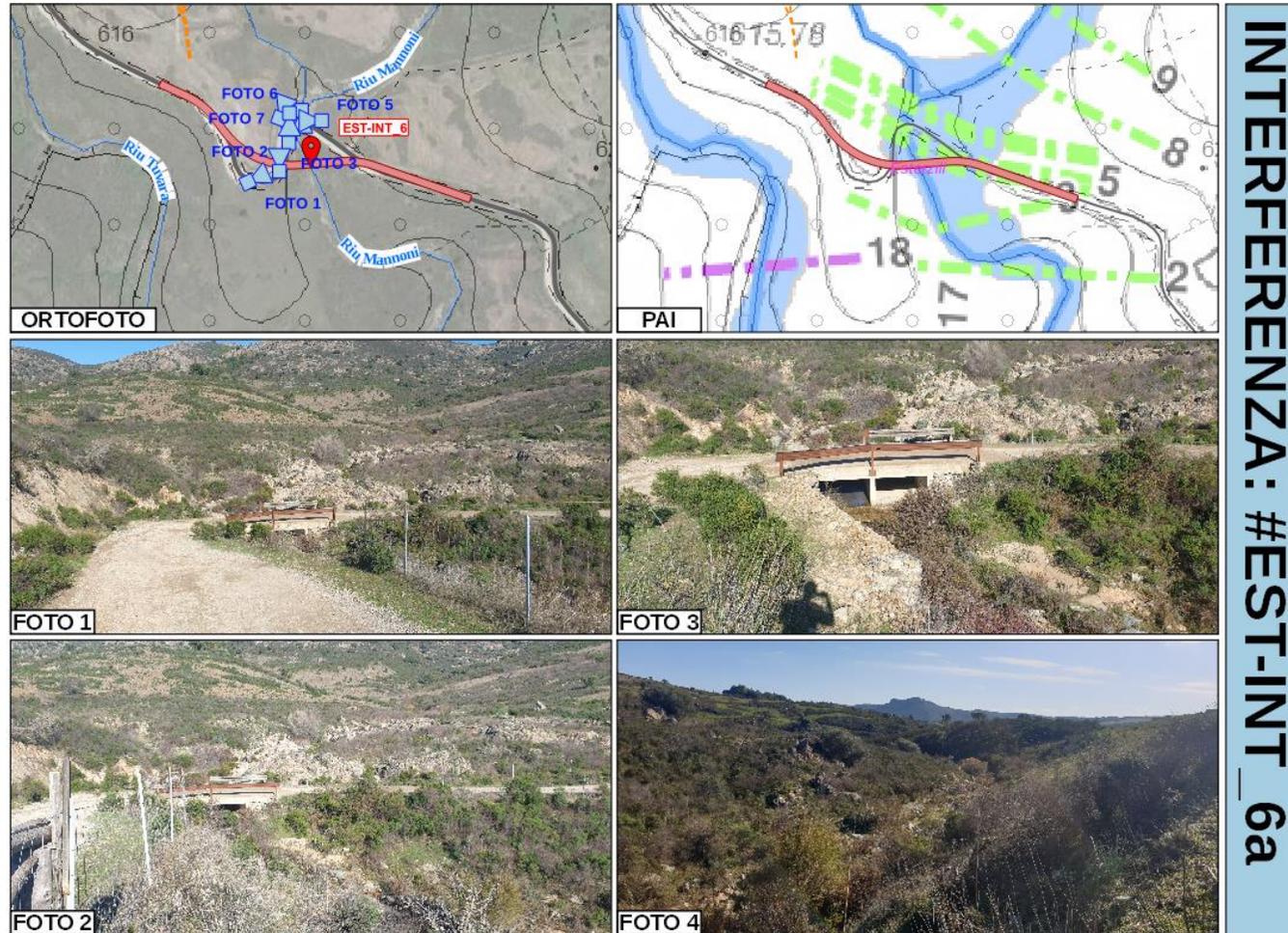


Figura 3-17: Interferenza #EST-INT_6 (p. 1) - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

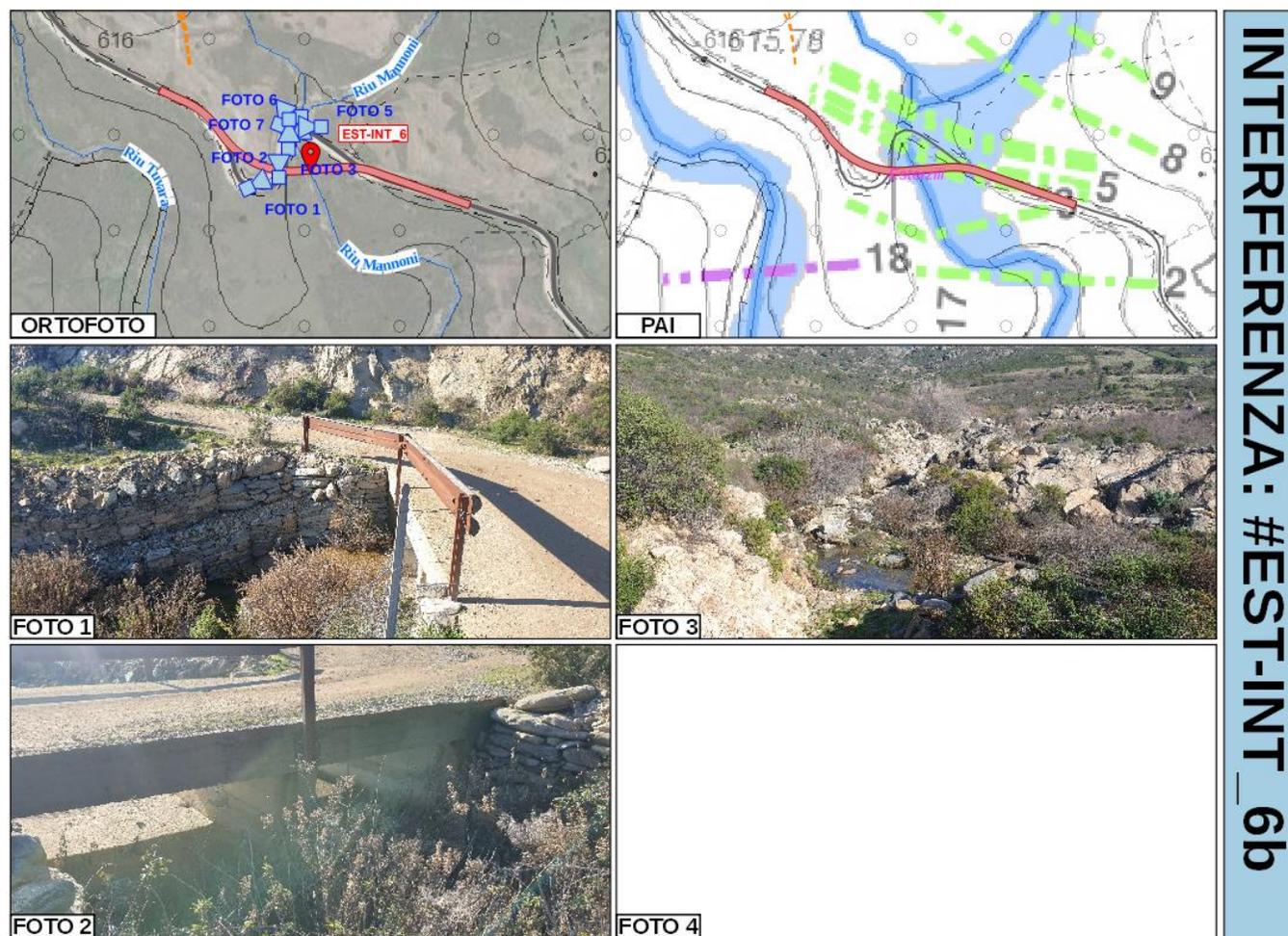


Figura 3-18: Interferenza #EST-INT_6 (p.2) - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

EST-INT_7

STRADELLO EST-T4N

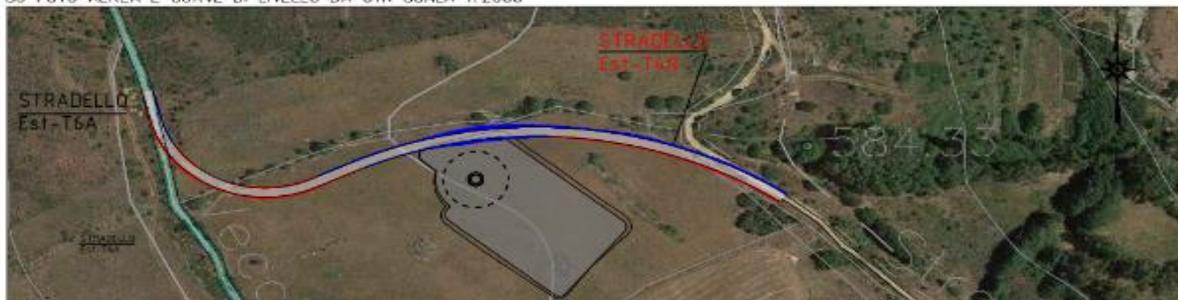
Le fasi di realizzazione del corpo stradale previste nel presente progetto sono le seguenti: Pulizia aree tracciati e aree di allargamento/adequamento tramite l'eliminazione di tutti gli ingombri, manufatti interferenti e vegetazione presente; esecuzione di scavi e riporti per la predisposizione del nuovo tratto di viabilità; formazione di fondazione stradale in misto granulare proveniente dal recupero in sito delle rocce da scavo, per la configurazione della sezione stradale e delle relative pendenze, dello spessore necessario a garantire adeguata portanza; laddove le pendenze siano indicativamente superiori al 14%, realizzazione di pavimentazione ecologica.

OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

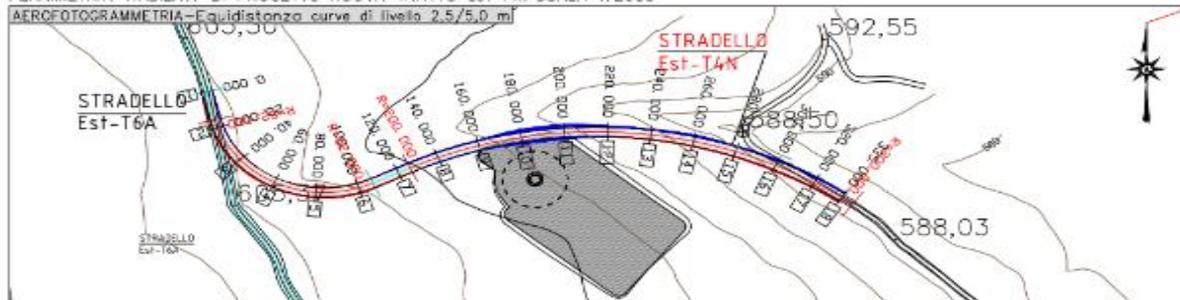
Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.

**ID SCHEDA
VARIANTE PAI:**
non censito

PLANIMETRIA VIABILITA' DI PROGETTO NUOVA TRATTO EST-T4N
SU FOTO AEREA E CURVE DI LIVELLO DA CTR SCALA 1:2000



PLANIMETRIA VIABILITA' DI PROGETTO NUOVA TRATTO EST-T4N SCALA 1:2000



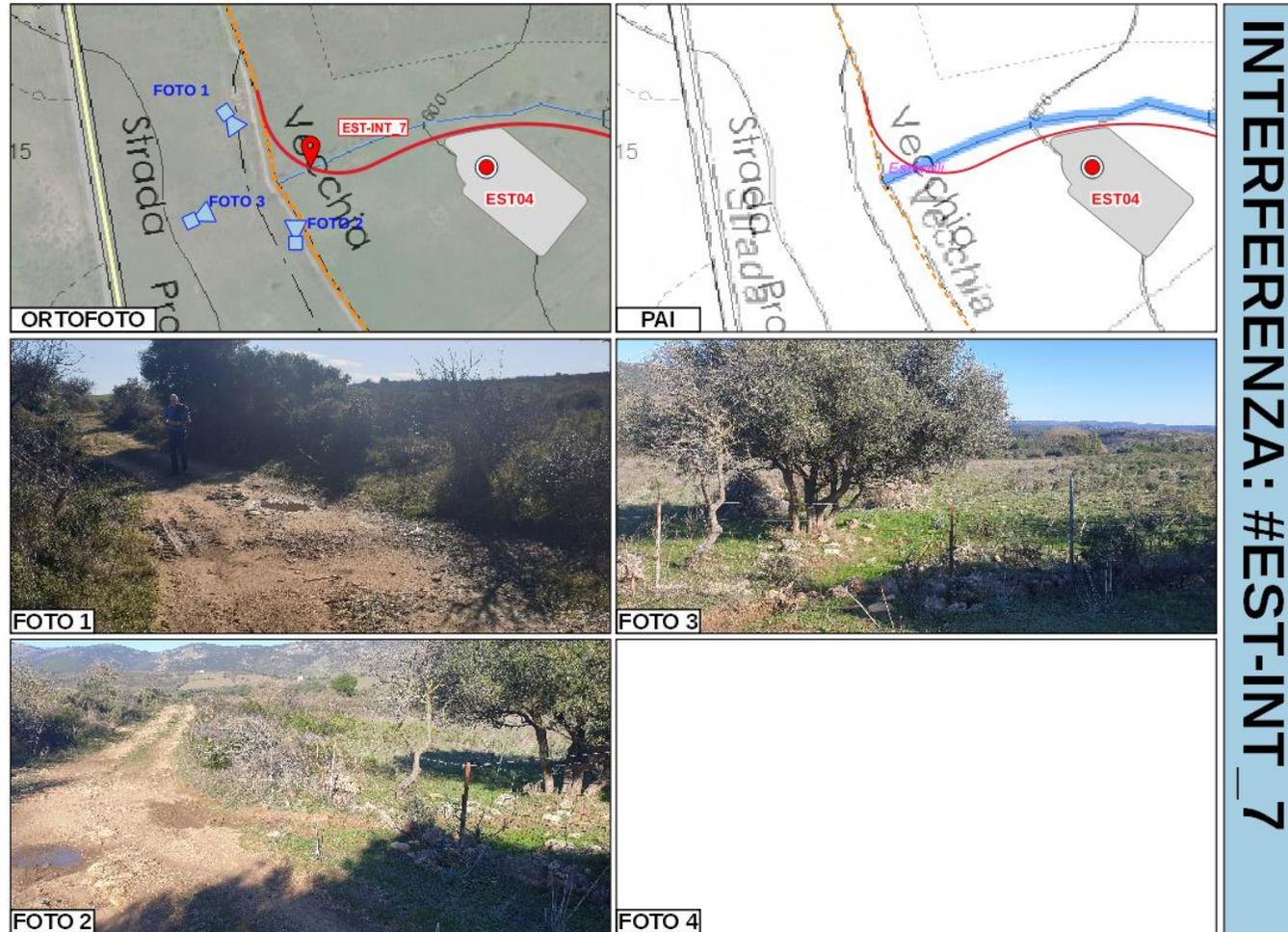


Figura 3-19: Interferenza #EST-INT_7 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

3.2.3 *Analisi puntuale delle interferenze secondo la Variante PAI del Comune di Escalaplano*

Come nel caso riportato al precedente §3.2.2 anche il Comune di Escalaplano a dicembre del 2019, ai sensi dell'art. 37 c. 3 lett. b) delle NTA del PAI ha presentato lo studio dell'assetto idrogeologico a scala di maggior dettaglio previsto dall'art.8, cc. 2 et 2bis dal titolo: Studio di compatibilità idraulica - Studio per la Variante al PAI ex art. 37 delle Norme tecniche di Attuazione.

Con la Delibera del Comitato Istituzionale n.1 del 23.10.2020 la Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ha approvato la variante del PAI del comune di Escalaplano. Nel presente paragrafo, partendo dalle sovrapposizioni del progetto di realizzazione del parco eolico in oggetto con le planimetrie di pericolosità idraulica della variante approvata, si analizzeranno le interferenze con gli elementi idrici esistenti e la loro vulnerabilità agli eventi di natura idrologica.

In Figura 3-20 si riporta nel seguito uno stralcio di mappa relativa alla perimetrazione del pericolo idraulico consultabile anche in grande formato nella planimetria dedicata (cfr. Tavola AM-RTC10020-4). Come è facilmente riscontrabile: il tracciato stradale di collegamento tra gli aerogeneratori ricadenti nel territorio comunale di Escalaplano interferiscono in alcuni punti con la rete idrografica minore del bacino del Riu Abellada.

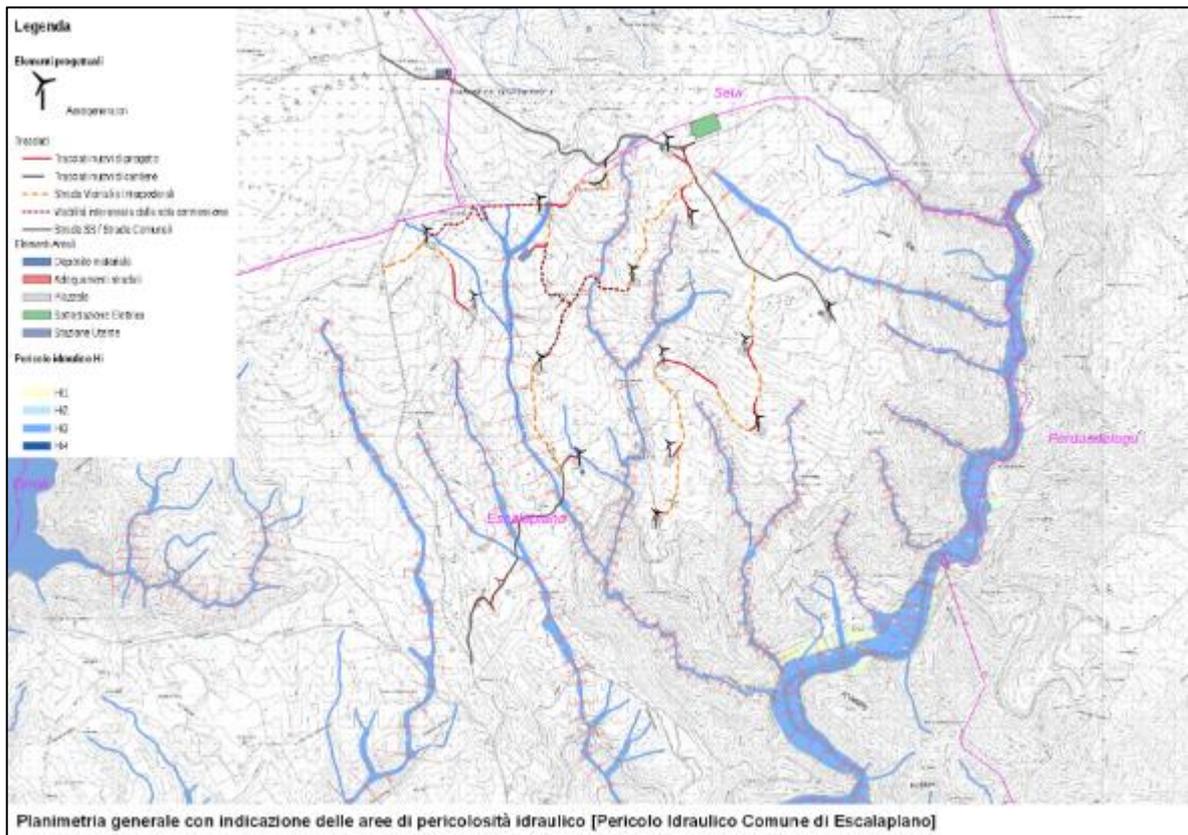


Figura 3-20: Planimetria generale con indicazione delle aree allagabili secondo la Variante PAI del Comune di Escalaplano.

La sovrapposizione delle aree perimetrate con gli elementi di progetto evidenzia cinque interferenze che sono riportate in Tabella 3-3. Le medesime interferenze vengono mostrate anche nello stralcio cartografico di Figura 3-21. Vengono inoltre prodotte le monografie, dei punti segnalati con il relativo stato di fatto dei luoghi. Le immagini sono relative al sopralluogo effettuato in data 21.12.2022.

3.2.3.1 Valutazione delle interferenze con il reticolo idrografico in riferimento alla Variante PAI del Comune di Escalaplano

In generale gli interventi maggiormente impattanti sul reticolo idrografico sono i tratti di viabilità, tanto sui rami di viabilità di nuova realizzazione ma anche sui tracciati, rurali e non, oggetto di adeguamento infrastrutturale. In generale si prevede che su tutte le strade esistenti sterrate e non sarà necessario garantire la larghezza di progetto di 5 metri, raggiungibile con operazioni di pulizia e livellamento delle aree stradali di pertinenza esterne alla carreggiata. Si renderanno necessari minimi interventi di allargamento stradale e rettifica del tracciato anche con potature di alberi d'alto fusto. In alcuni tratti sono presenti recinzioni di tipo agropastorale che dovranno essere rimosse e ripristinate al termine dei lavori.

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

Nel seguito verranno censite le interferenze riscontrate con la perimetrazione delle aree di allagabili secondo le cartografie dello studio di Variante al PAI del Comune di Esterzili così come suddivise nella tabella precedente.

ID	ID ADEGUAMENTO [tavv. AMIST_PC_T006.2a; AMIST_PC_T006.2b]	COORDINATE (WGS84)	CORSO D'ACQUA INTRESSATO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO
ESC-INT_1	ADEGUAMENTO 08	39.6678655669N, 9.3622681062E	092110_FIUME_43407 Aff. Riu Abbelada/Riu Flumineddu	Modifica piattaforma Strada Comunale con tombino stradale
ESC-INT_2	STRADELLO ESC-T2.1N	39.6882260752N, 9.3611447388E	092110_FIUME_62244 Aff. Riu Abbelada/Riu Flumineddu	Nuovo tracciato rurale con tombino stradale
ESC-INT_3	[+]	39.6881991181N, 9.3576973274E	092110_FIUME_47405 Aff. Riu Abbelada/Riu Flumineddu	Scavo in trincea per posa cavidotto
ESC-INT_4	[+]	39.6881624868N, 9.3551637667E	105015_FIUME_43946 Aff. Riu Abbelada/Riu Flumineddu	Scavo in trincea per posa cavidotto
ESC-INT_5	[+]	39.6862064231N, 9.3509464527E	092110_FIUME_35865 Aff. Riu Abbelada/Riu Flumineddu	Scavo in trincea per posa cavidotto
ESC-INT_6	[+]	39.6830346415N, 9.3655279394E	RIU ABBELADA Aff. Riu Flumineddu	Scavo in trincea per posa cavidotto

[+] Sezione tipo scavo in trincea per posa cavidotti in MT/AT.

Tabella 3-3 Comune di Escalaplano - Interferenze con il reticolo idrografico minore.

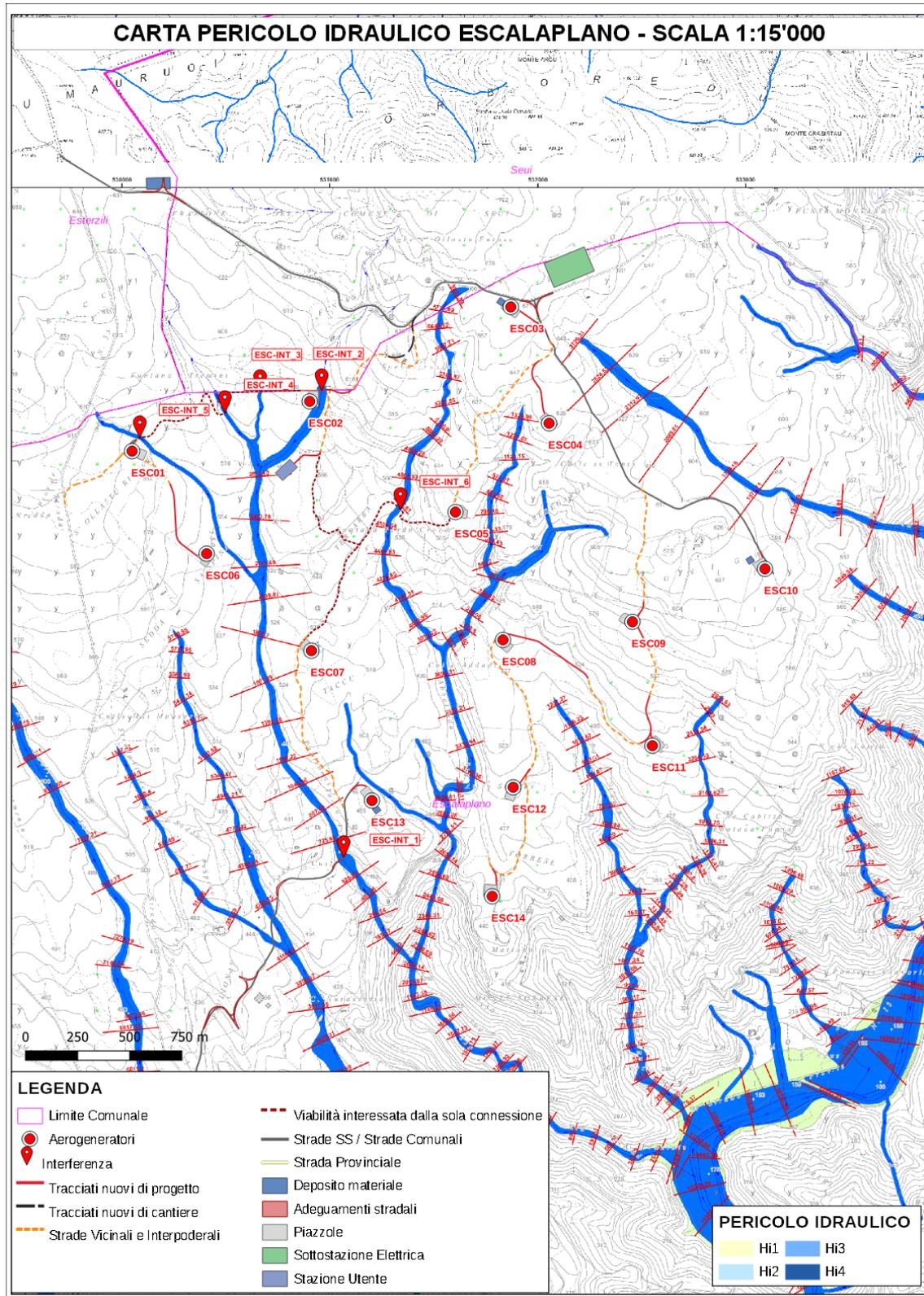


Figura 3-21: Planimetria generale con indicazione delle aree allagabili secondo la Variante PAI del Comune di Escalaplano con evidenziati i tratti di intervento interferenti con il reticolo idrografico.

3.2.3.2 *Censimento delle interferenze e osservazioni ai fini della compatibilità idraulica degli interventi*

ESC-INT_1	
<p>ADEGUAMENTO 08 (ref. Tav. AMIST_PC_T006.2c)</p>	<p>La sequenza di curva e controcurva ravvicinati rende necessario realizzare degli slarghi all'interno della curva per creare delle aree carrabili e prive di ostacoli.</p>
<p>OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI</p>	<p>L'attraversamento stradale è garantito dalla presenza di tre tubolari in CLS con diametro di ca. 0,80 m per una lunghezza di ca. 3,0 m. La sezione dell'attraversamento risulta a cavallo tra le sezioni $RS=725.6551$ e $RS=520.8262$ e, considerando un tirante idrico di ca. 1 m dal fondo dell'alveo si presume che tale sezione non sia sufficiente a garantire il passaggio della piena due centennale.</p> <p>Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.</p>
<p>ID SCHEDA VARIANTE PAI: <i>non censito</i></p>	
<p>ADEGUAMENTO 8 - STATO DI FATTO</p> <p>AFROFOTOGRAMMETRIA - Distanze curve 2,5m SCALA 1:2.000</p>	<p>ADEGUAMENTO 8 - STATO DI PROGETTO</p> <p>AFROFOTOGRAMMETRIA - Distanze curve 2,5m SCALA 1:2.000</p>

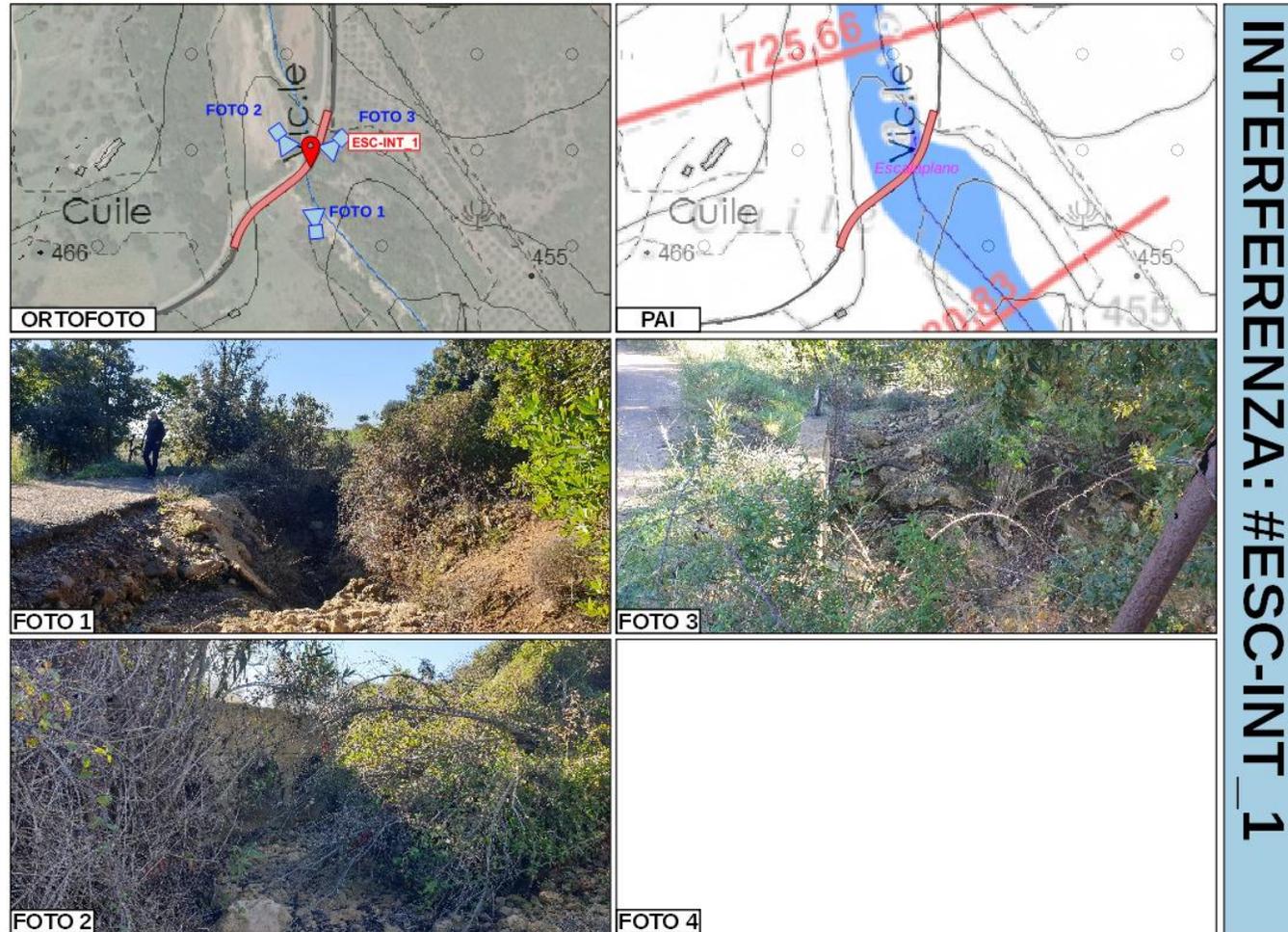


Figura 3-22: Interferenza #ESC-INT_1 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

ESC-INT_2

STRADELLO ESC-T2.1N

Le fasi di realizzazione del corpo stradale previste nel presente progetto sono le seguenti:

- Pulizia aree tracciati e aree di allargamento/adequamento tramite l'eliminazione di tutti gli ingombri, manufatti interferenti e vegetazione presente;
- esecuzione di scavi e riporti per la predisposizione del nuovo tratto di viabilità;
- formazione di fondazione stradale in misto granulare proveniente dal recupero in sito delle rocce da scavo, per la configurazione della sezione stradale e delle relative pendenze, dello spessore necessario a garantire adeguata portanza;

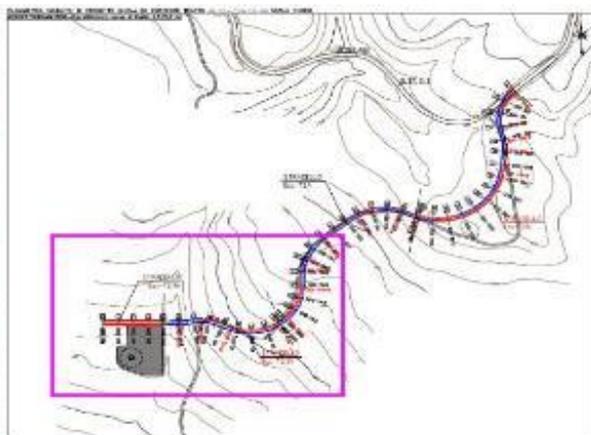
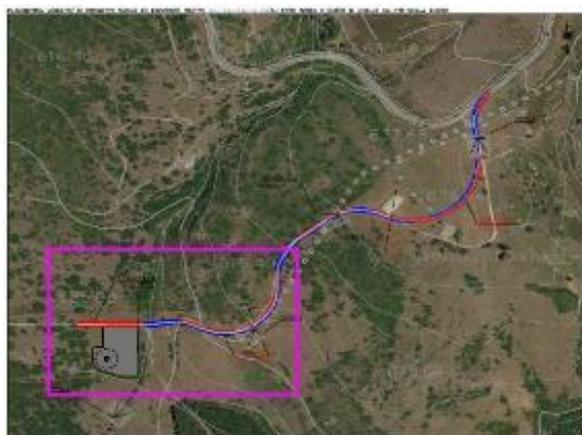
laddove le pendenze siano indicativamente superiori al 14%, realizzazione di pavimentazione ecologica.

OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

**ID SCHEDA
VARIANTE PAI:**
non censito

Nello studio idrogeologico della Variante PAI di Escalaplano non viene censito puntualmente il corso d'acqua direttamente coinvolto nell'intervento in oggetto (092110_FIUME_62244) ma viene analizzato il corso d'acqua confluyente immediatamente a valle di questo. Tale rio è indicato come 092110_FIUME_43407 e presenta, alla sezione B_2618.131, una portata due centennale pari a $Q_{200}=32,807 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il progettista, in sede di progetto esecutivo, dovrà dotare l'attraversamento viario di opportuno tombino, adottando soluzioni in coerenza con le norme indicate al §12.2 della presente; al fine di garantire lo smaltimento delle portate di verifica prescritte e garantendo il rispetto dei franchi minimi previsti dalle norme.



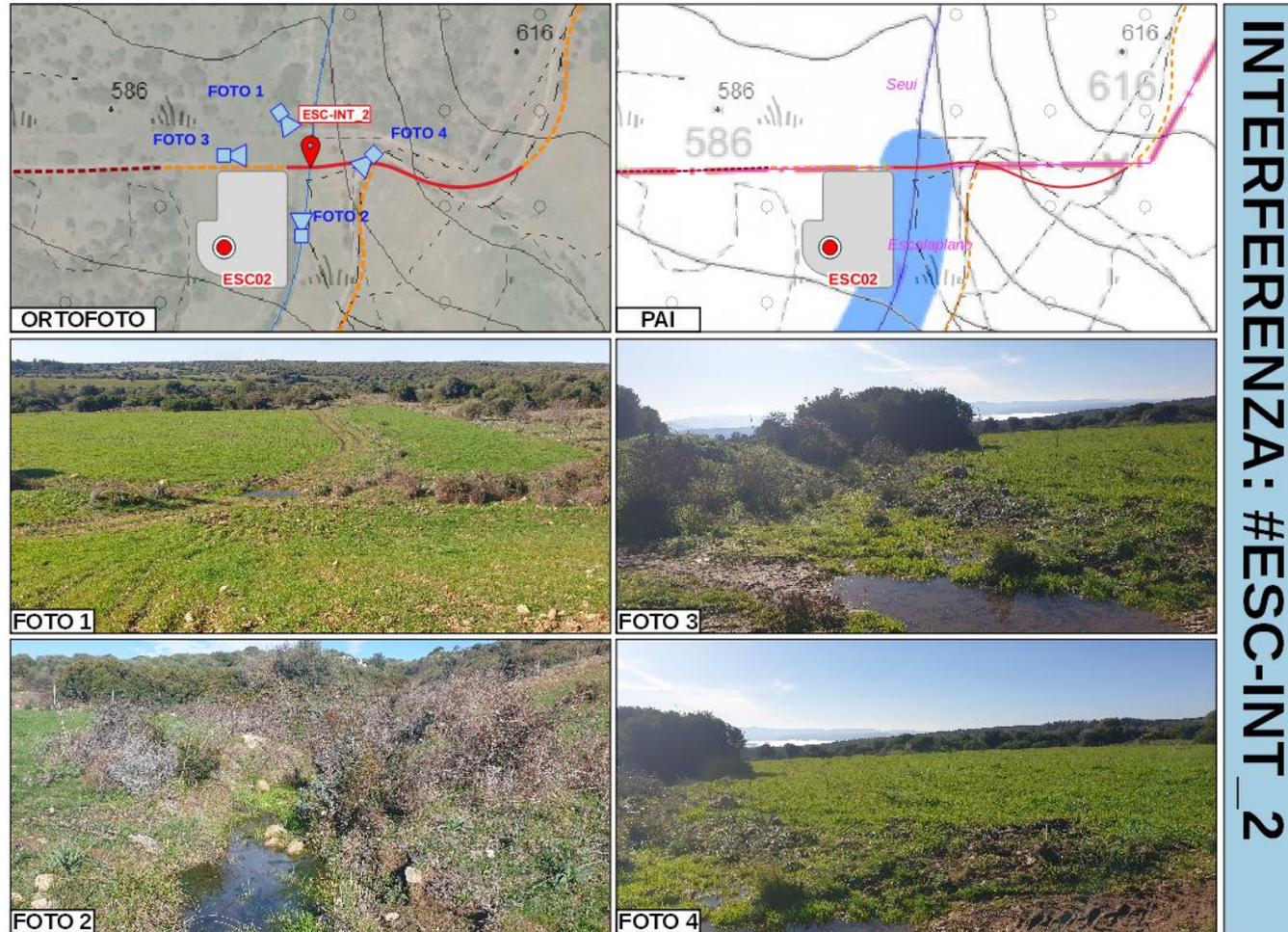


Figura 3-23: Interferenza #ESC-INT_2 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

ESC-INT_3, ESC-INT_4, ESC-INT_5, ESC-INT_6

SEZIONE IN TRINCEA PER POSA CAVIDOTTI IN MT

Il sistema di linee interrato a servizio del parco, che lungo il suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso alle piazzole e delle strade esistenti, verrà realizzato con l'utilizzo di cavo tipo "air bag". L'utilizzo di cavo tipo "air bag" può evitare l'utilizzo della sabbia per la realizzazione del letto di posa e del rinfiacco, consente invece di utilizzare al suo posto materiale rinveniente degli scavi opportunamente vagliato (esente da pietre di grosse dimensioni). L'utilizzo di cavi tipo "air bag", con doppia guaina in materiali termoplastici (PE e PVC) migliora notevolmente la resistenza meccanica allo schiacciamento rendendoli equivalenti a cavi armati, consente la posa interrata senza utilizzo di ulteriore protezione meccanica. La posa dei cavi sarà realizzata con le seguenti modalità:

- scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) della profondità massima di 110 cm e larghezza variabile da 70 a 130 cm, a seconda del numero di terne da porre in opera;
- posa corda nuda in rame, per la protezione di terra;
- letto di sabbia o terra vagliata di circa 10 cm, per la posa delle linee MT;
- posa cavi tripolari MT 30 kV, direttamente interrati;
- posa tubazioni in PEAD per il contenimento dei cavi di segnale (fibra ottica), posati nello strato di sabbia o terra vagliata, all'interno dello scavo;
- rinfiacco e copertura dei cavi MT con sabbia o terra vagliata, per almeno 10 cm;
- posa nastro in PVC di segnalazione;
- rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

In Figura 3-24 sono riportate delle sezioni standard relativi alla tecnologia di scavo e posa previsti per la posa dei cavidotti in MT/AT.

OSSERVAZIONI A FINI IDRAULICI

Per queste intersezioni è applicabile l'art. 27 c. 3 let. g) delle NTA del PAI. Infatti, si tratta di opere a rete con almeno un metro di ricoprimento tra piano di campagna ed estradosso pertanto non sono necessari particolari accorgimenti a fini idraulici a meno del garantire il corretto riempimento della sezione in scavo con materiali idonei e con il sistema di posa previsto dalle norme di settore.

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

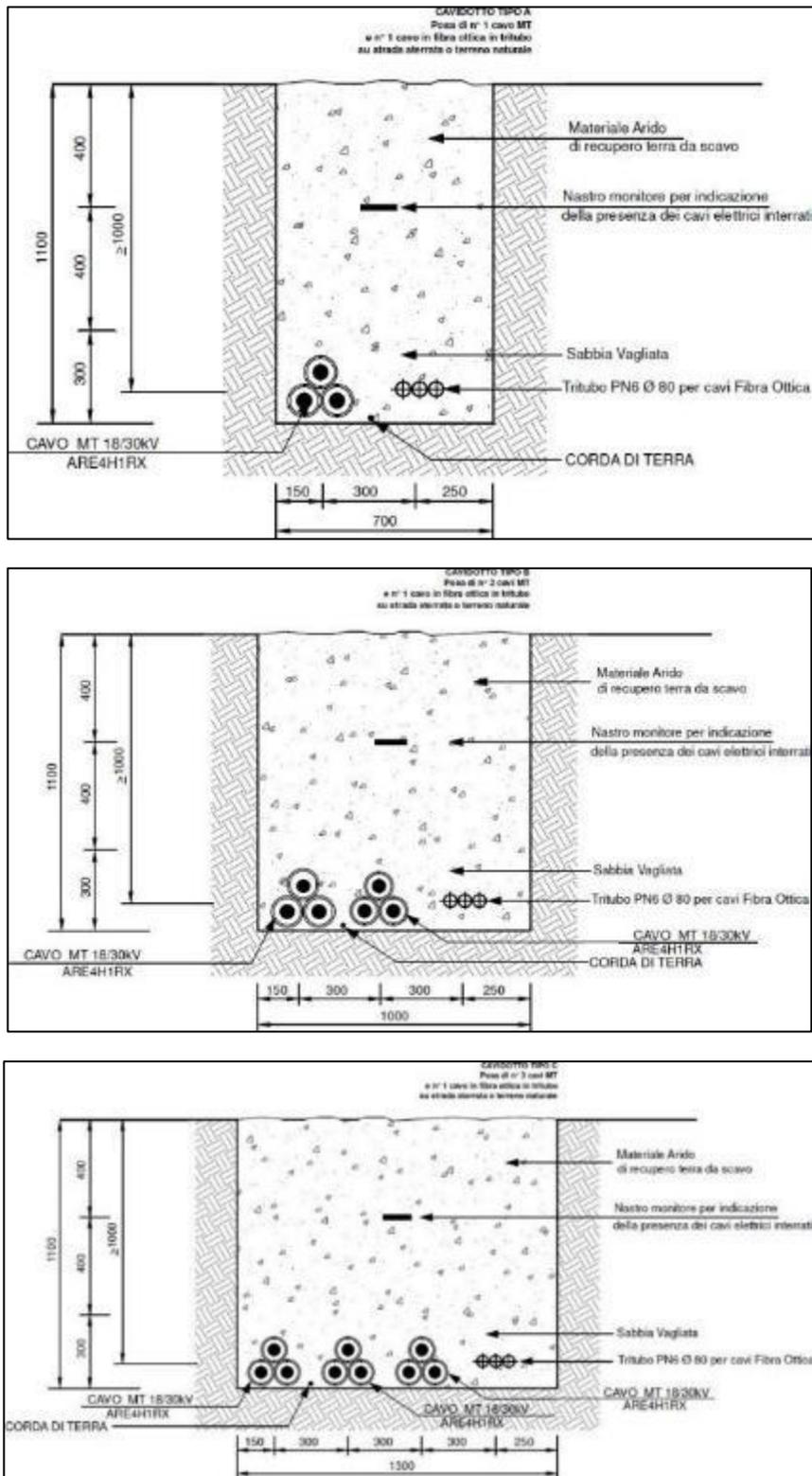


Figura 3-24: Tipologici delle sezioni di scavo che verranno realizzati per il passaggio del cavidotto.

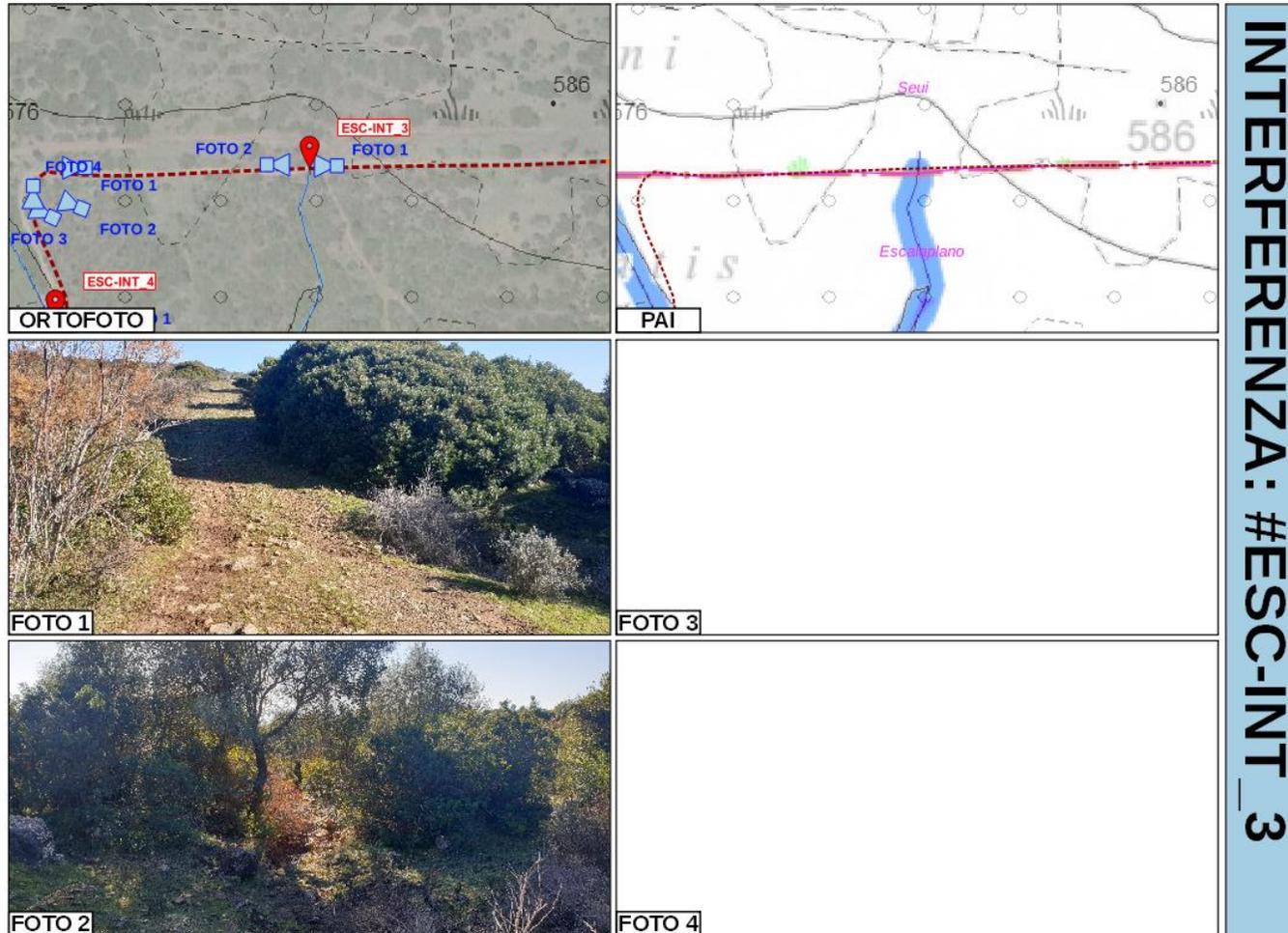


Figura 3-25: Interferenza #ESC-INT_3 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

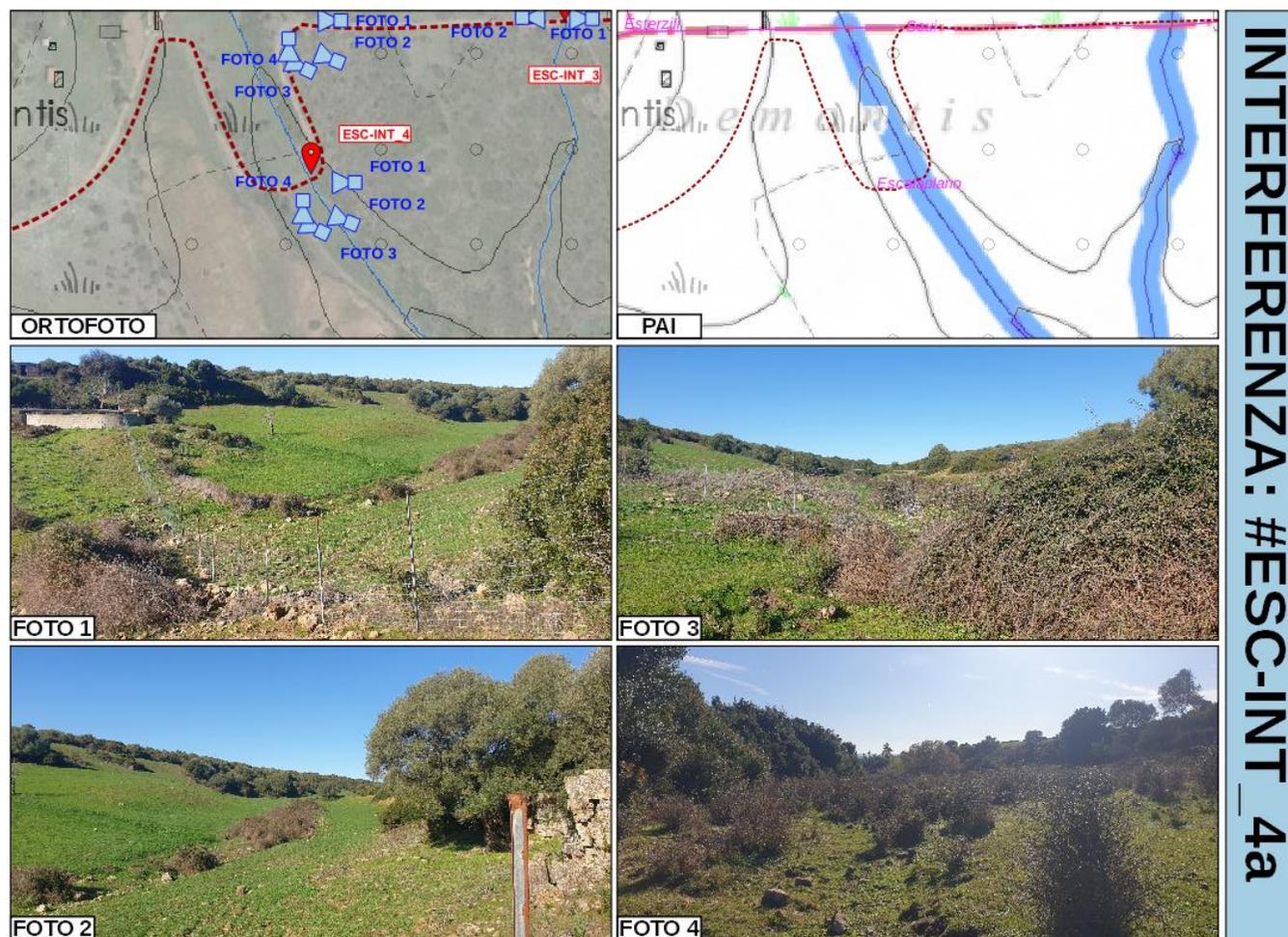
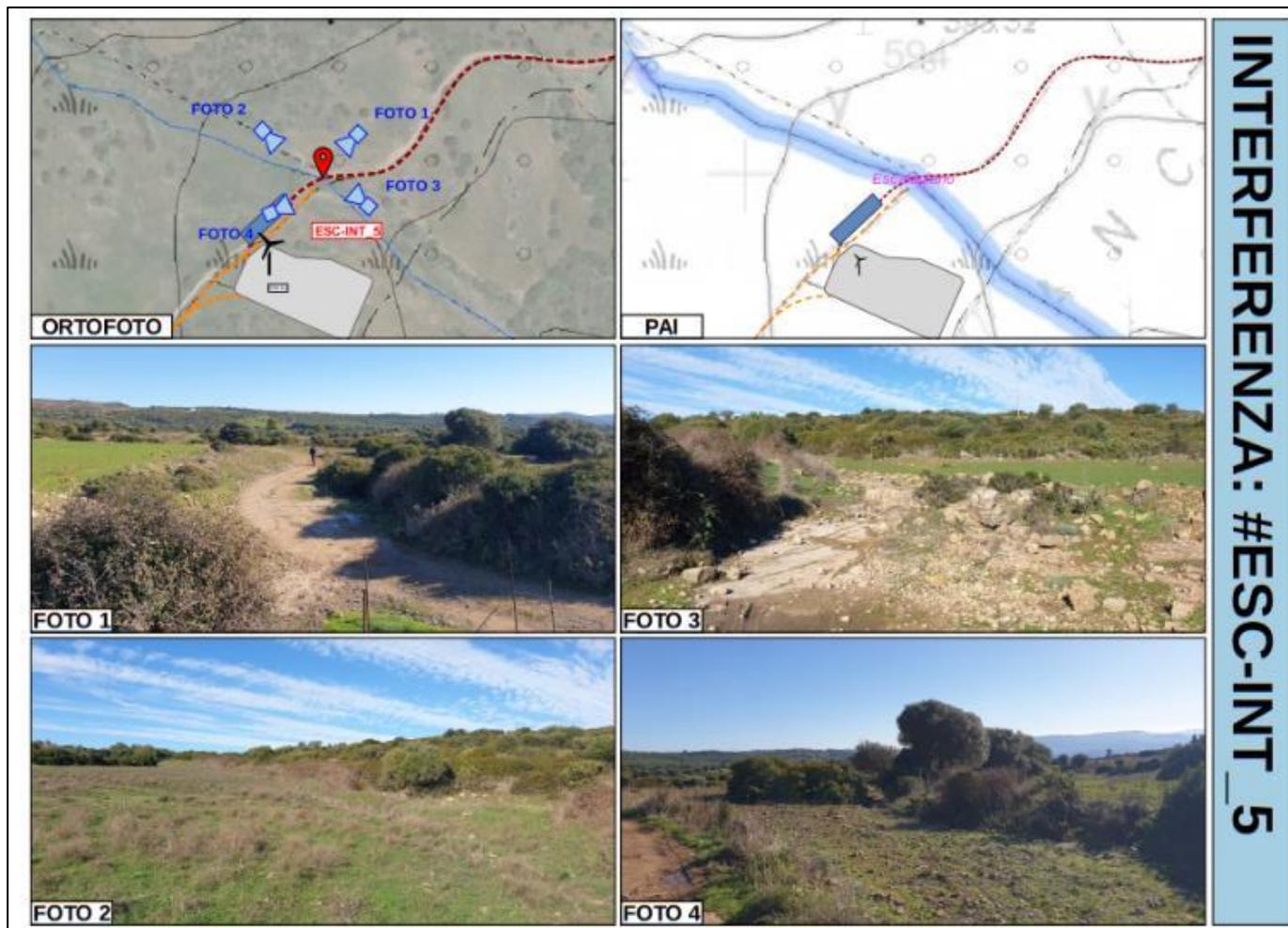


Figura 3-26: Interferenza #ESC-INT_4 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023



Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

Figura 3-27: Interferenza #ESC-INT_5 - Stato di fatto. Immagini da sopralluogo del 21.12.2022.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 Litologie affioranti nell'area

Le Tavole AM-IAS10019-1 e AM-IASS10019-2 illustrano le litologie affioranti nell'area di progetto. Quest'ultima è desunta con riferimento alla carta litologica presente sul Geoportale della Sardegna ed illustra le litologie affioranti nell'area ed in corrispondenza delle opere di progetto. Trattasi nel dettaglio delle seguenti litologie:

- Litologia C1.2 – Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie sabbie, limi, argille) conglomerati, arenarie, siltiti, peliti
- Litologia C2.2 – Depositi Carbonatici Marini (Marne, Calcari, Calcari Dolomitici, Calcari Oolitici, Calcari Bioplastici, Calcareniti);
- Litologia B1.1 - Metarioliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide
- Litologia B2.1 – Rocce parametamorfiche terrigene: Filladi, Micascisti, Gneiss, Miloniti, Filoniti, Fels, Quarziti, Metaconglomerati, Metarenarie, Metargilliti, Liditi, Diaspri

L'ubicazione planimetrica delle opere di progetto sovrapposte alla carta delle litologie ha permesso di definire il substrato litologico che interessa le singole opere.

La tabella che segue elenca le opere incidenti sulle diverse litologie presenti nelle aree di progetto.

La situazione litologica specifica è stata verificata attraverso sopralluoghi e rilievi svolti in sito ed è sotto riportata.

Litologia C1.2	Litologia C2.2	Litologia B1.1	Litologia B2.1
Aerogeneratori : EST04 ; EST06 ; EST07 ; EST08 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Aerogeneratori:ES C01; ESC02; ESC03; ESC04; ESC05; ESC06; ESC07; ESC08; ESC09; ESC10; ESC11; ESC12; ESC13 e ESC14; SSE; SU; Nuovi Raccordi Stradali.	Aerogeneratori : EST01 ; EST03 ; EST05 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Nuovi Raccordi Stradali.

Tabella 4-1: Litologie affioranti in corrispondenza delle opere di progetto

4.2 Geologia dell'area

La situazione geologica locale è stata determinata tramite la documentazione tecnica e la cartografia regionale disponibile ed è stata verificata attraverso sopralluoghi e rilievi specifici in sito. La geologia dell'area di progetto è illustrata nelle Tavola AM-IAS10019-3 e AM-IAS10019-4 che riportano la Carta Geologica della Sardegna come disponibile sul Geoportale della Sardegna rispettivamente per gli areali del Comune di Esterzili e di Escalaplano.

Il substrato geologico del territorio di interesse è rappresentato da formazioni litoidi costituenti il basamento paleozoico della Sardegna. In particolare, esso fa parte del Complesso Metamorfico di Basso e Medio Grado della Sardegna centro e sud-orientale. Nei territori compresi nel Foglio CARG 541 di Jerzu, del Servizio Geologico d'Italia, in scala 1:50.000, di cui fa parte gran parte del territorio di Escalaplano, affiorano estesamente formazioni del Paleozoico inferiore, deformate e metamorfosate durante l'orogenesi ercinica, rocce intrusive del Paleozoico superiore e successioni sedimentarie e vulcaniche, non metamorfiche, permiane, triassiche, giurassiche, eoceniche, oligo-mioceniche e quaternarie.

In particolare nell'area di interesse affiorano rocce afferenti alla Unità tettonica del Gerrei ed alla Successione Sedimentaria Mesozoica e Terziaria oltre ad alcuni depositi Olocenici.

Nell'area di progetto affiorano in particolare le seguenti unità:

SIGLA UNITA	UNITA GERARCHICA DESCRIZIONE	TIPO UNITA DESCRIZIONE
MSVa	UNITÀ TETTONICA DI MEANA SARDO	Litofacies nella FORMAZIONE DI MONTE SANTA VITTORIA. Metaepiclastiti: metaepiclastiti a matrice vulcanica, metaquarzogrovacche e metarenarie, metaconglomerati a prevalenti componenti di vulcaniti acide ("formazione di Manixeddu" Auct.). ORDOVICIANO ?MEDI
b2	SEDIMENTI LEGATI A GRAVITÀ	Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
GNS	SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MESOZOICA DELLA SARDEGNA CENTRO-ORIENTALE	FORMAZIONE DI GENNA SELOLE. Conglomerati quarzosi e quarzoareniti molto mature; alla base livelli carboniosi e argille. DOGGER
DOR	SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MESOZOICA DELLA SARDEGNA CENTRO-ORIENTALE	FORMAZIONE DI DORGALI. Dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici, da litorali a circolitorali, con foraminiferi e alghe calcaree. DOGGER-MALM
USS	SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL CAMPIDANO-SULCIS	FORMAZIONE DI USSANA. Conglomerati e breccie, grossolani, eterometrici, prevalentemente a spese di basamento cristallino paleozoico, carbonati giurassici, vulcaniti oligomioceniche; livelli argilloso-arenacei rossastri talora prevalenti nella base; rari I

Tabella 4-2: Unità geologiche affioranti nell'area di progetto

Con riferimento ai documenti bibliografici, segue una breve descrizione delle unità affioranti.

UNITÀ TETTONICA DEL GERREI

Dal punto di vista litostratigrafico l'Unità è caratterizzata da un notevole spessore di metarioliti e metariodaciti occhiadine (Porfiroidi Auct.) e da una particolare successione dell'Ordoviciano superiore. Di seguito sono descritte le principali formazioni affioranti nell'area:

- *Formazione di M. S. Vittoria (MSV)*

È costituita da metaepiclastiti derivate da vulcaniti a chimismo acido o intermedio, rare metarenarie feldspatiche e metaconglomerati. Ordoviciano medio.

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MESOZOICA

La successione sedimentaria mesozoica affiora in corrispondenza di una vasta parte dell'area di progetto ed è caratterizzata dalle seguenti formazioni affioranti nell'area:

- *Formazione di Genna Selole (GNS)*

Nell'area rilevata questa unità affiora sempre alla base della cornice carbonatica giurassica. Buone esposizioni esistono a nord di Escalaplano (M. sa Colla, Is Furreddus), dove dal basso verso l'alto si succedono:

conglomerati monogenici quarzosi, con intercalazioni di quarzareniti biancastre e argille bianche o grigio-chiare caoliniche, con clasti ben arrotondati di litotipi del basamento resistenti all'erosione (quarzo, "porfidi", quarziti); frequenti sono le strutture sedimentarie quali gradazioni, laminazioni incrociate e parallele;

argille da grigio-scuro a grige, biancastre, con subordinate intercalazioni di conglomerati monogenici quarzosi e frammenti, localmente abbondanti, di lignite nera picea, con la caratteristica fratturazione concoide;

argilliti e siltiti da grigio-scure a grigio-marroncine, a nere, con abbondanti resti vegetali e pirite.

Questa formazione ha spessori variabili da pochi metri fino a 30-40 m.

Talvolta alla base del conglomerato affiorano paleosuoli ricchi in ossidi e idrossidi di ferro (il cosiddetto "Ferro dei Tacchi" Auct.), derivati da una lunga evoluzione pedogenetica di tipo lateritico in clima caldo-umido. In base alle paleoflore l'unità è attribuita dalla maggior parte degli autori al Bajociano,

Dogger.

- Formazione di Dorgali (DOR)

Questa formazione, ben rappresentata in tutto il territorio di Jerzu e Perdasdefogu, dove presenta costantemente una giacitura da suborizzontale a debolmente inclinata (2%-5%) e costituisce una serie di piccoli altopiani tabulari, noti col nome locale di “Tacchi” o “Tonnèri”. Ad Escalaplano la formazione presenta una inclinazione più marcata, intorno al 10%. Nella parte basale è costituita da calcari marnosi e marne da giallastri a grigi, con locali intercalazioni arenacee e siltitico-argillitiche grigio-verdastre. Seguono dolomie e calcari dolomitici di colore da nocciola a violacei a rossastri, fossiliferi (gasteropodi, ostracodi, lamellibranchi, brachiopodi), in banchi da decimetrici a metrici. La formazione ricopre in concordanza la Formazione di Genna Selole. Il limite superiore dell’unità è sempre erosivo. Lo spessore massimo affiorante è di 60 m. L’ambiente deposizionale è di piattaforma neritica. Dogger - Malm.

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA TERZIARIA

- Formazione di Ussana (USS)

Si tratta di conglomerati eterometrici poligenici, prevalentemente clasto-sostenuti, con clasti elaborati di calcari mesozoici ed eocenici ed arenarie eoceniche, con scarsa matrice sabbiosa, più raramente argillosa, e buon grado di compattazione. Nell’area del Foglio raggiunge lo spessore massimo di 20-25 m presso Corte Lugetta (Tacco di Escalaplano). Sono depositi di ambiente fluviale. Oligocene superiore - Miocene inferiore.

- Depositi (b2)

Infine, nell’area del Comune di Esterzili si rileva la presenza di Coltri eluvio - colluviali. Trattasi di detriti immersi in una matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. Trattasi di sedimenti legati alla Gravita (b2) di età OLOCENICA.

L’ubicazione planimetrica delle opere di progetto sovrapposte alla carta geologica (cfr. Tavole: AM-IAS10019_3 e AM-IAS10019_4) ha permesso di definire il substrato geologico che interessa le singole opere.

5 GEOMORFOLOGIA

L'impostazione geomorfologica dell'area in esame, ma anche di tutto la regione di cui il territorio di Escalaplano ed Esterzili fanno parte, è rappresentata dal "Penepiano post-ercinico", che costituisce una vasta superficie di erosione elaborata durante le fasi di continentalità tardo-paleozoiche, mesozoiche e cenozoiche. Le superfici riferibili al penepiano nel territorio di Escalaplano, non sono mai perfettamente tabulari, come invece si riscontra in altri settori limitrofi, evidenziando nel settore in esame, l'importante azione di erosione e smantellamento operata dai sistemi idrografici del Flumendosa e del Flumineddu e l'influenza sull'evoluzione del rilievo dei sistemi di faglie post-erciniche che hanno sollevato e bascolato l'originaria superficie tabulare. Ne deriva un paesaggio molto vario ed articolato caratterizzato da profonde incisioni vallive e versanti a forte acclività con elevata energia del rilievo che separano superfici sommitale subpianeggianti o ondulate più o meno estese. Si riconoscono diversi ordini di paleosuperfici d'erosione, generalmente impostate sulle rocce del basamento metamorfico e su rocce sedimentarie (calcari mesozoici e conglomerati eocenici).

La differente collocazione topografica dei pianori sommitali è riconducibile all'azione di dislocazione di blocchi ad opera di sistemi di faglie normali ad andamento prevalente NW-SE, NS e NE-SW, talora con tipica struttura a gradinata degradante da NE verso SW. Si passa infatti dai circa 500-600 metri di quota del pianoro carbonatico, ai 300-400 metri dell'altopiano su cui sorge Escalaplano, impostato su formazioni sedimentarie eoceniche, sino ai 200-300 metri delle superfici sommitali dei territori sud-orientali, impostate sulle formazioni paleozoiche.

Come detto, queste superfici sommitali di natura carbonatica o arenaceo-conglomeratica, non sono perfettamente pianeggianti, ma mostrano ondulazioni più o meno marcate connesse con i processi di erosione delle acque, a sottolineare un avanzato stadio di erosione e smantellamento delle paleosuperfici post erciniche. Tra una paleosuperficie e l'altra sono generalmente presenti valli strette e profonde che incidono anche il basamento paleozoico e che, per progressivo allargamento ed erosione regressiva, suddividono i pianori stessi in più rilievi isolati.

La superficie strutturale del pianoro carbonatico, pur conservando un andamento d'insieme subtabulare, è spesso notevolmente rimodellata dagli agenti erosivi (processi fluviali, di versante e carsici), tanto che il paesaggio appare inciso da valli

secche, valli cieche, valli sospese, gradini, grotte e condotti sotterranei.

Ai margini perimetrali, al contatto con i litotipi impermeabili del substrato (argille basali giuresi per i “tacchi” mesozoici, basamento scistoso paleozoico per le coperture eoceniche), sono presenti sorgenti, cascate e depositi travertinosi in cascata o in piccoli terrazzi.

I corsi d’acqua e le valli, generalmente molto incassate, hanno un andamento ora lineare, dettato dall’impostazione strutturale, ora tortuoso fino a meandriforme, laddove nell’evoluzione hanno prevalso fenomeni di sovrimposizione (realizzatasi a seguito della demolizione delle coperture carbonatiche mesozoiche e arenaceo-puddingoidi e carbonatiche cenozoiche relativamente più tenere rispetto ai litotipi del basamento paleozoico). La genesi dei meandri incassati, che trovano la loro massima espressione nel Riu Flumineddu, può essere ricondotta a 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.

Le valli sono prevalentemente simmetriche, con forma a V, tuttavia nel basamento scistoso sono frequenti anche quelle con versanti a diversa inclinazione (asimmetriche) in chiara relazione con la loro giacitura a reggipoggio. Il tracciato del Riu Flumineddu, presenta una valle a fondo piatto, segno che all’azione erosiva hanno fatto seguito processi di deposizione che hanno portato all’alluvionamento del fondo. L’analisi geomorfologica denota che si tratta di valli policicliche, nelle quali l’alternarsi di fasi erosive e deposizionali ha prodotto fino a due ordini di terrazzi.

I versanti, generalmente lineari e molto acclivi nel basamento paleozoico scistoso, diventano a gradinata nelle coperture cenozoiche e subverticali in quelle carbonatiche mesozoiche. Il contrasto tra le morfologie mature della sommità degli altopiani, nei quali anche le formazioni più resistenti (come le metavulcaniti acide ordoviciane) presentano superfici dolcemente arrotondate e talvolta tafonate, e le forme giovanili dei ripidi versanti delle valli di escavazione recente, come il Riu Flumineddu ed il Flumendosa, è riconducibile al ringiovanimento plio-quadernario del rilievo prodotto dell’intenso sollevamento della regione.

Si notano sul territorio di Esterzili per la formazione di paesaggi pianeggianti le aree ove affiorano i depositi olocenici sciolti che danno alla morfologia locale un aspetto più morbido e continuo rispetto alle circostanti aree più aspre ed ondulate.

6 IDROGEOLOGIA

I Depositi Carbonatici Marini (Litologia C2.2) affioranti nell'area di progetto possono essere considerati mediamente permeabili per fratturazione e possono dare origine a fenomeni carsici minori mentre le rocce metamorfiche (Litologia B1.1 e B2.1) possono essere considerate poco permeabili. In corrispondenza quindi delle aree di progetto non si registra pertanto la presenza di falde acquifere entro i primi metri da piano campagna.

I Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale - Litologia C1.2 ove sono ubicati gli Aerogeneratori : EST04 ; EST06 ; EST07 ; EST08 - potrebbero invece dare origine a circolazione idrica.

Ai fini di verificare le caratteristiche di questi ultimi depositi è stato eseguito un rilievo geoelettrico la cui relazione è riportata in Allegato. I rilievi svolti in corrispondenza di questa litologia non hanno dato evidenza di circolazione idrica significativa ai livelli delle opere di fondazione.

La relazione specifica sulle indagini geofisiche relativamente agli esiti dello stendimento geoelettrico riporta quanto segue nelle conclusioni:

- *“In corrispondenza della MASW3 è stato realizzato un rilievo geoelettrico per valutare la presenza di eventuali circolazioni idriche entro la profondità di circa 6 m utili per la realizzazione dello scavo di predisposizione dell'area di sedime. L'indagine ha evidenziato la presenza di una fascia conduttiva superficiale (profondità media attorno ai -2 m) con valori di resistività non così bassi da far pensare a fenomeni di circolazione idrica degne di nota. La presenza di fenomeni di polarizzazione e caricabilità fa ipotizzare in particolare a fenomeni di argillificazione presenti al di sotto della formazione resistiva (conglomerati terziari). Sembra più verosimile invece la possibilità di circolazione idrica in corrispondenza della fascia indicata come “conduttivo di fondo” attorno agli 8-9 m di profondità.”*

Il contenuto sopra è finalizzato alla valutazione della possibilità che vi sia circolazione idrica in corrispondenza della sezione. Nello specifico tale contenuto, sta ad indicare che lo stendimento fatto ha evidenziato fasce conduttive all'interno di questi depositi, evidenza di possibili porzioni umide degli stessi, e che attorno agli 8-9 metri di profondità si registra un netto aumento della resistività (“conduttivo di fondo”). Date le litologie presenti in zona e la resistività specifica tale corpo

conduttivo è interpretato come evidenza della sottostante roccia metamorfica in posto. Purtroppo non si esclude la possibilità che vi possa essere “*circolazione idrica*” al contatto.

Si ritiene pertanto che le aree di interesse non siano soggette alla presenza di rilevante una circolazione idrica sotterranea che dia luogo nei primi metri a falde di potenza tale da poter interferire con le opere di progetto.

7 PIANO DELLE INDAGINI

In coerenza con i requisiti normativi è stato previsto un piano di indagine mirato a definire il modello geologico delle aree di progetto ed a determinare i parametri geotecnici dei litotipi affioranti.

Come anticipato ai punti precedenti le opere di progetto interessano 4 litotipi differenti (Tabella 4-2). I litotipi B1.1 e B2.1 sono da considerati sostanzialmente affini. Per tale motivo il Litotipo B2.1, interessato unicamente da opere di viabilità, non è stato indagato direttamente rimandando per lo stesso agli esiti delle indagini relative al Litotipo B.1.1.

Il piano di indagine ha quindi visto l'esecuzione delle seguenti attività:

- rilievi strutturali degli ammassi rocciosi (Litologia C2.2 e Litologia B1.1);
- MASW per tutti i litotipi affioranti (Litologia C2.2, Litologia B1.1 e Litologia C1.2);
- rilievo geoelettrico di approfondimento per verificare la geometria dei depositi e la eventuale presenza di circolazione idrica nei depositi (Litologia C1.2).

Le indagini sono state eseguite nel mese di Luglio 2022 ed hanno dato esito a relazioni tecniche specialistiche che vengono allegate integralmente alla presente:

- *Allegato 1 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare*: Relazione specialistica relativa ai rilievi strutturali redatta dal Dott. Geol. Alessandro Forci
- *Allegato 2 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare*: Relazione specialistica illustrativa della esecuzione delle MASW e indagine Geoelettrica redatta dal Dott. Geol. Gianbattista Cadau.

8 ESITI DELLE INDAGINI IN SITO

8.1 Rilievi strutturali

I rilievi strutturali eseguiti hanno permesso di identificare i parametri geotecnici delle rocce/litotipi presenti nella area di progetto. Nelle tabelle successive estratte dalla relazione specialistica dell'*Allegato 1 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare* si riportano i parametri geotecnici di riferimento delle rocce/litologie (Tabella 8-1 e Tabella 8-2).

STAZIONE STRUTTURALE	LITOLOGIA	RESISTANZA COMPRESSIONE MONOASSIALE (MPa)	RQD (%)	SPAZIATURA DISCONTINUITÀ A MM	CONDIZIONE DEI GIUNTI	PRESENZA DI ACQUA	TOTALE PUNTEGGIO RMR
Str. 1	Calcarei dolomitici (C2.2)	59	Da 20 a 60	Da 60 a 150	Pareti rugose debolmente alterate talvolta leggermente aperte	umida	
Coefficienti numerici		Da 4 a 7	Da 5 a 12	8	20	10	Da 47 a 57
Str. 2	Metaepiclastiti a grana fine (B1.1)	20	20	<60	Pareti rugose debolmente alterate talvolta leggermente aperte	umida	
Coefficienti numerici		2	3	5	20	10	40
Str. 3	Metaepiclastiti arenacee (B1.1)	38	50	150	Pareti rugose debolmente alterate talvolta leggermente aperte	umida	
Coefficienti numerici		4	10	8	20	10	52
Str. 4	Calcarei dolomitici (C2.2)	42	65	18	Pareti rugose debolmente alterate talvolta leggermente aperte	umida	
Coefficienti numerici		4	13	8	20	10	55

Tabella 8-1: Caratteristiche delle fratture degli ammassi rocciosi rilevati (da Allegato 1 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare)

In base ai valori di RMR che varia da 0 a 100 è possibile individuare 5 classi di qualità delle rocce. Per i quattro ammassi rocciosi su cui è stato fatto il rilevamento strutturale l'indice RMR indica condizioni dell'ammasso roccioso appartenenti sempre alla classe III (qualità mediocre) anche se i calcari dolomitici (Str 1, Str 4) e le metaepiclastiti arenacee della Formazione di Monte Santa Vittoria del rilievo Str. 3 presentano valori che si avvicinano alla classe II (buona) mentre la facies

a granulometria più sottile della Formazione di Monte Santa Vittoria (Str. 2), che presenta una scistosità molto più marcata, ha valori prossimi alla classe IV (scadente).

Sulla base dell'indice RMR e delle formule analitiche sotto riportate è possibile determinare i parametri di coesione e resistenza a taglio (Tabella 8-2):

$$c = RMR * 0,005$$

$$\Phi = 5 + 0,5 * RMR$$

Parametri	Str. 1 Calcari Litologia C2.2	Str.4 Calcari Litologia C2.2	Str. 2 Metaepiclastiti Litologia B2.1	Str.3 Metaepiclastiti Litologia B2.1
RMR	47	55	40	52
C (KPa)	230	270	200	260
Φ (°)	28,5	32,5	25	31

Tabella 8-2: Parametri geotecnici di riferimento per le rocce di fondazione (da Allegato 1 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare)

8.2 MASW

Sono state effettuate 3 MASW ed uno stendimento geoelettrico la cui ubicazione è riportata nella figura successiva (Figura 8-1).

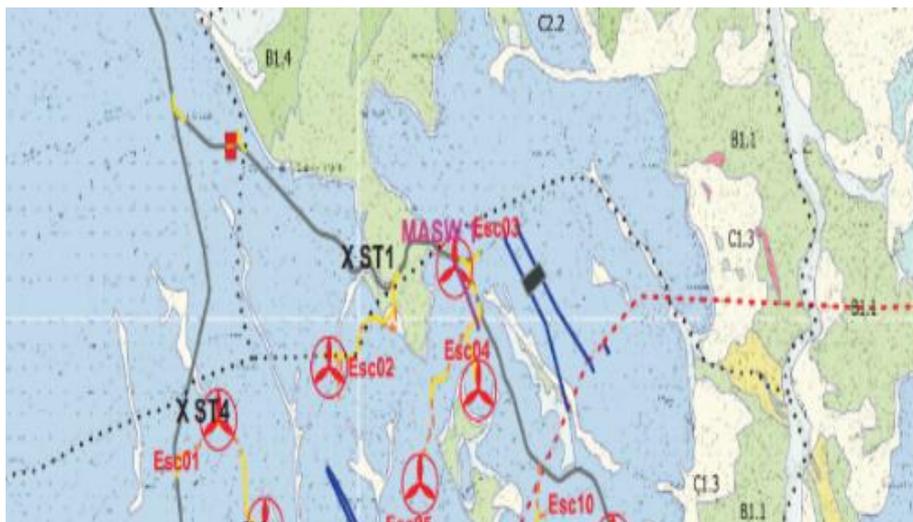


Figura 8-1: Ubicazione MASW e profilo geoelettrico.

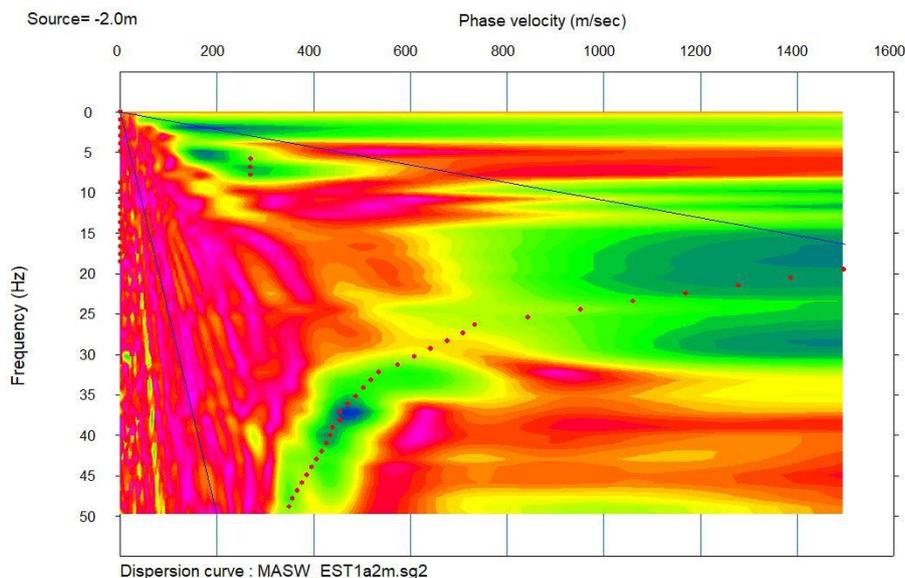
Il report illustrativo delle indagini geofisiche è riportato in *Allegato 2 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare*, il report oltre ad illustrare gli esiti delle indagini descrive la strumentazione e la metodologia adottata.

La restituzione dello strumento in termini di frequenza/velocità e profondità/velocità delle MASW è riportata nelle figure che seguono.

La MASW1 ha evidenziato una categoria sismica di tipo B (valutata con fondazione posizionata a piano campagna) e $V_{seq}=505$ m/s e categoria sismica A per fondazione oltre i 4/5 metri di profondità con $V_{seq}=800$ m/s.

La MASW1 evidenzia in superficie la presenza di uno strato di alterazione con terreni argillosi superficiali, argille con abbondanti elementi di scisto e quarzo, detrito di alterazione spinta del sottostante scisto. Tale strato si pone generalmente al di sotto dello strato di suolo che nell'area ha spessori relativamente ridotti.

Le MASW 2 e 3 rilevano ammassi rocciosi che hanno categoria sismica A con $V_{seq}>800$ m/s.



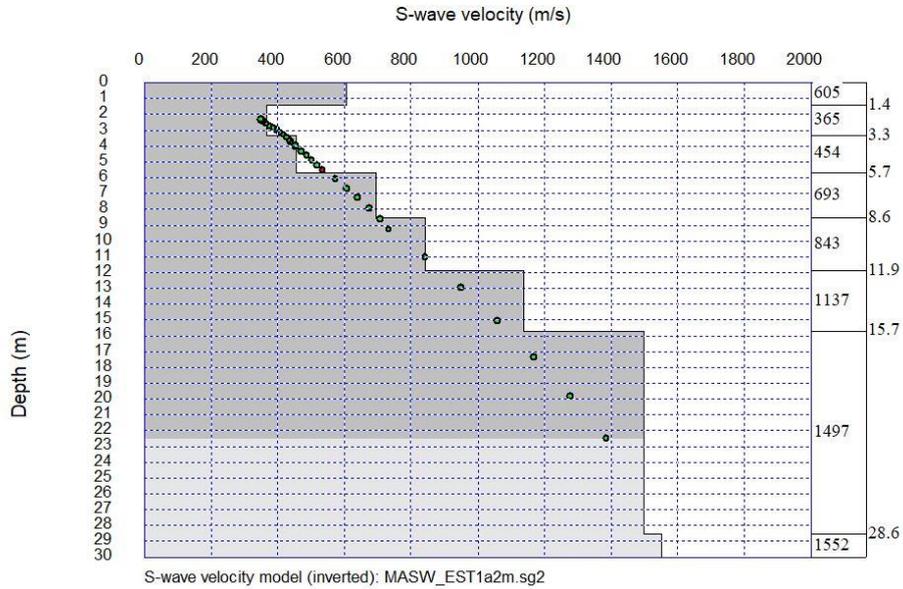
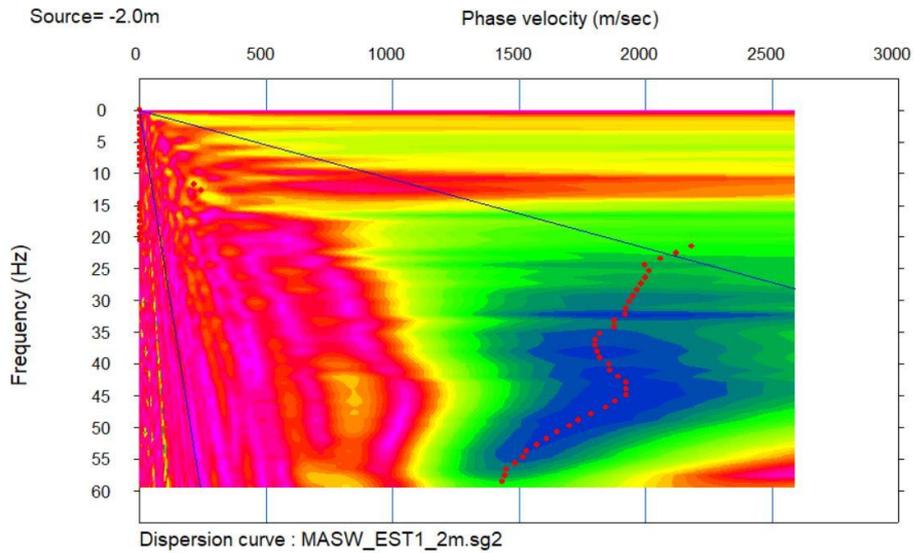


Figura 8-2: Esiti della MASW 1



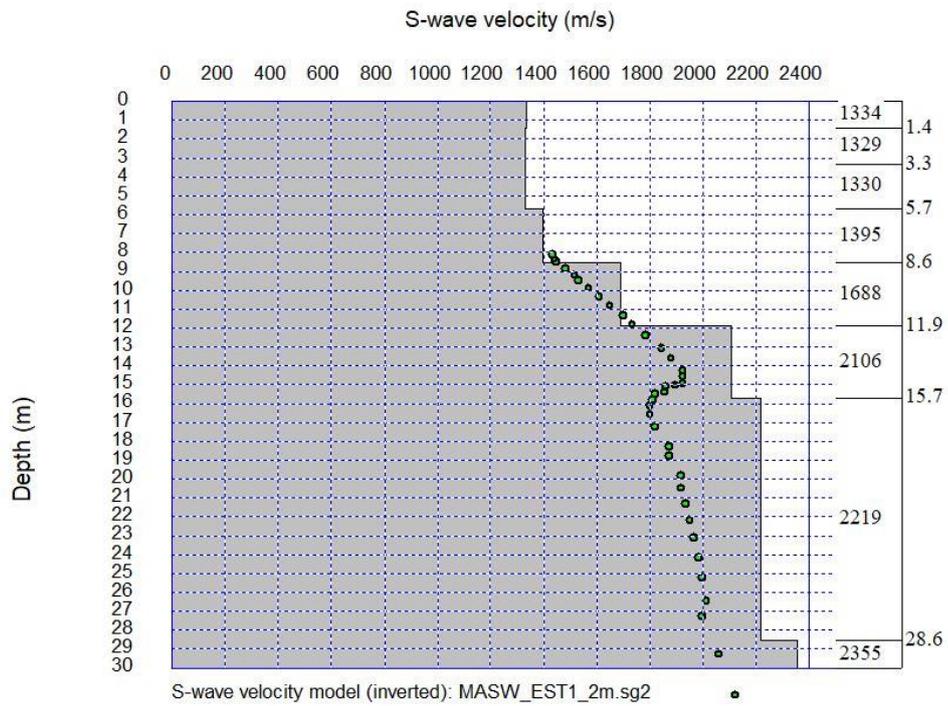


Figura 8-3: Esiti della MASW 2

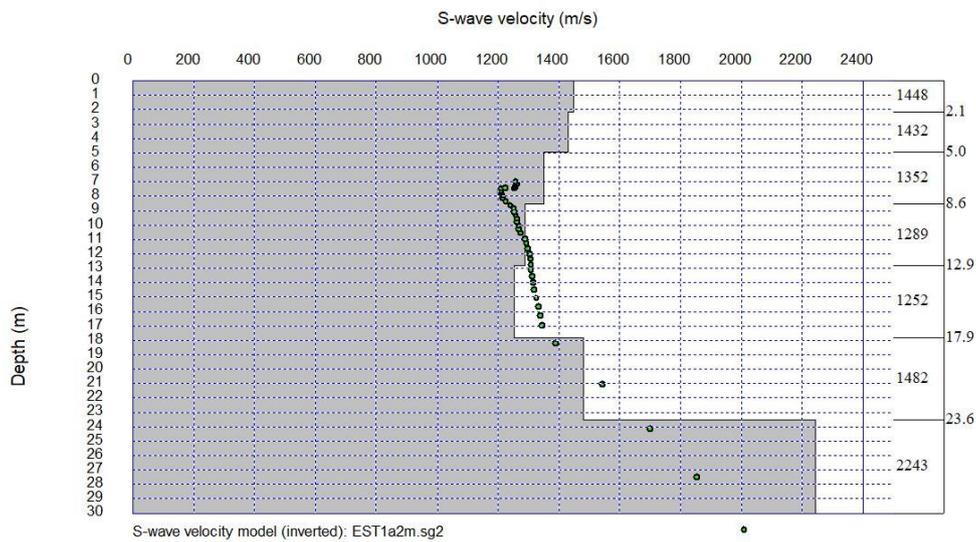
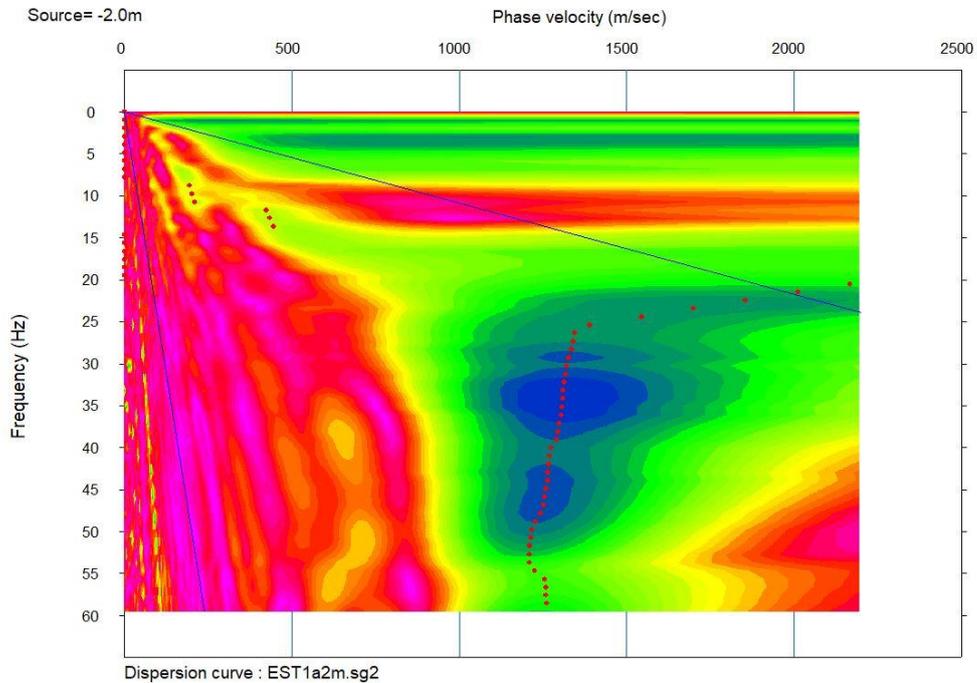


Figura 8-4: Esiti della MASW 3.

8.3 Stendimento geoelettrico

Lo stendimento geoelettrico è stato effettuato sui Depositi Olocenici con la finalità di verificarne lo spessore e verificare la presenza di circolazione idrica (Figura 8-1).

Il report illustrativo delle indagini geofisiche è riportato in *Allegato 2 alla Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare*, il report oltre ad illustrare gli esiti delle indagini descrive la strumentazione e la metodologia adottata.

Gli esiti dello stendimento geoelettrico indicano che i depositi olocenici presenti nell'area (identificabile nella carta geologica con la formazione b2) hanno presumibilmente uno spessore attorno a 2 metri e che alla profondità tra 2 e 3 m si assiste ad un aumento della caricabilità (proprietà in genere legata alla presenza di circolazione idrica, di argilla) e ad un abbassamento della resistività su valori attorno a 170 ohmxm.

Considerato che valori di resistività simili non sono in genere associati a saturazione dei terreni (in genere valori di terreni saturi sono inferiori a 60-80 ohmxm circa), non si esclude nei tratti più conduttivi (progressive 8 m e 32-44 m) qualche fenomeno di umidità al contatto tra alluvioni antiche della F. di Ussana e basamento paleozoico.

9 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

9.1 Modello Geologico di Riferimento

Sulla base delle considerazioni geologiche sin qui fatte, dei sopralluoghi e delle indagini indirette che hanno permesso di ricostruire la stratigrafia tipo delle aree di progetto e di ottenere i parametri geotecnici dei terreni si è ricostruito il modello geologico e geotecnico di riferimento per le verifiche di progetto.

Come visto in precedenza, in relazione alla localizzazione delle opere di progetto e delle litologie affioranti, le opere di progetto interessano i 4 litotipi sotto elencati (AM-IAC10002-1 e AM-IAC10002-2):

- Litologia C1.2 – Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie sabbie, limi, argille) conglomerati, arenarie, siltiti, peliti
- Litologia C2.2 – Depositi Carbonatici Marini (Marne, Calcari, Calcari Dolomitici, Calcari Oolitici, Calcari Bioplastici, Calcareniti);
- Litologia B1.1 - Metarioliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide
- Litologia B2.1 – Rocce parametamorfiche terrigene: Filladi, Micascisti, Gneiss, Miloniti, Filoniti, Fels, Quarziti, Metaconglomerati, Metarenarie, Metargilliti, Liditi, Diaspri

Abbiamo detto in precedenza che i litotipi Litologia B1.1 e Litologia B2.1 sono stati considerati affini sotto al profilo geologico/geotecnico e per tale motivo è stata caratterizzata unicamente essendo la Litologia B2.1. Per le opere ricadenti sulla Litologia B2.1, trattandosi peraltro unicamente di viabilità, si rimanda al modello relativo alla Litologia B1.1.

Sempre in riferimento alle caratteristiche stratigrafiche, geologiche e litologiche del substrato di fondazione delle opere di progetto le situazioni si possono pertanto ricondurre alle seguenti 4 principali condizioni.

OPERE	DESCRIZIONE LITOLOGICA	MODELLO GEOLOGICO	CARATTERISTICHE PIANO FONDAZIONE
Aerogeneratori EST04 ; EST06 ; EST07 ; EST08 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia C1.2 Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie sabbie, limi, argille) conglomerati, arenarie, siltiti, peliti	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Depositi spessore massimo 2 metri (vedi stendimento geoelettrico) Sotto probabile presenza Litologia B1.1	A partire dai -3 metri da p.c. Litologia B1.1: STR2 STR3
Aerogeneratori:ESC01; ESC02; ESC03; ESC04; ESC05; ESC06; ESC07; ESC08; ESC09; ESC10;	Litologia C2.2 Depositi Carbonatici Marini (Marne, Calcari, Calcari Dolomitici, Calcari Oolitici,	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Cappellaccio di alterazione di spessore	A partire dai -5 metri da p.c. Litologia C2.2 STR.1 STR.4

OPERE	DESCRIZIONE LITOLOGICA	MODELLO GEOLOGICO	CARATTERISTICHE PIANO FONDAZIONE
ESC11; ESC12; ESC13 e ESC14; SSE; SU; Nuovi Raccordi Stradali.	Calcarei Bioplastici, Calcareniti);	< di 5 mt. Litologia C2.2	
Aerogeneratori EST01 ; EST03 ; EST05 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia B1.1 Metarioliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Litologia B1.1	A partire da – 1mt da p.c. Litologia B1.1 STR.2 STR.3
Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia B2.1 Rocce parametamorfiche terrigene	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Litologia B1.1	A partire da – 1mt da p.c. Litologia B2.1 STR.2 STR.3

Tabella 9-1: Modelli Geologici di Riferimento

9.2 Modello Geotecnico

In considerazione del Modello Geologico descritto al punto precedente e degli esiti dei rilievi in sito è possibile determinare il modello geotecnico da applicare alle diverse opere di progetto in relazione alla loro ubicazione ed alla relativa geologia.

Al paragrafo 8.1 sono riassunti gli esiti del rilievo geologico strutturale che ha permesso la determinazione dei parametri geotecnici delle rocce/litotipi presenti nell'area di progetto e che saranno interessate dalle fondazioni delle opere principali.

Nell'area di progetto il substrato roccioso è composto prevalentemente dalle Litologia B1.1 e Litologia C2.2. ed in minor parte alla Litologia B2.1. Le rocce afferenti a queste formazioni risultano affioranti e/o sub-affioranti e lo spessore di suolo, indagato con apposite indagini descritte nella Relazione AgroPedologica di progetto è generalmente inferiore a ½ metro.

Lo stendimento elettrico ha poi evidenziato che lo spessore dei depositi Olocenici (unità b2 e Litologia C1.2) è ridotto e dell'ordine di 2 metri. Sotto tale corpo sono presumibilmente presenti le formazioni dei depositi carbonatici (Litologia C2.2) o metamorfici (Litologia B1.1) le cui caratteristiche geotecniche sono risultate simili.

Inoltre le MASW hanno evidenziato che le Dolomie (Litologia C2.2) possono essere interessate da un cappellaccio di alterazione che è stato evidenziato nella MASW 1 fino allo spessore di 4/5 metri.

Sulla base di quanto sopra ed in considerazione del fatto che le opere di fondazione delle pale sono previste ad una profondità di 5/6 metri da piano campagna si può affermare che le stesse dovrebbero interessare il substrato roccioso non alterato tipico delle aree le cui caratteristiche sono state determinate attraverso i rilievi strutturali.

Le tabelle successive (Tabella 9-2, Tabella 9-3, Tabella 9-4, Tabella 9-5) riportano pertanto i modelli geotecnici di riferimento per le diverse opere di progetto. Esse

elencano per le diverse litologie affioranti nell'area: le opere incidenti sulle aree, la stratigrafia di riferimento caratteristica delle Litologia affiorante ed i parametri geotecnici principali delle rocce di fondazione delle opere di progetto.

OPERE	STRATIGRAFIA	PARAMETRI	STR. 2 METAEPICLASTITI LITOLOGIA B1.1	STR.3 METAEPICLASTITI LITOLOGIA B1.1
Aerogeneratori EST04 ; EST06 ; EST07 ; EST08 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Depositi spessore massimo 2 metri (vedi stendimento geoelettrico) Sotto probabile presenza Litologia B1.1 o B2.1	RMR	40	52
		C (kPa)	200	260
		Φ (°)	25	31

Tabella 9-2: Stratigrafia tipo e parametri geotecnici di riferimento per opere incidenti sulla Litologia C1.2

OPERE	STRATIGRAFIA	PARAMETRI AL PIANO FONDAZIONE	STR. 1 CALCARI LITOLOGIA C2.2	STR.4 CALCARI LITOLOGIA C2.2
Aerogeneratori: ESC01; ESC02; ESC03; ESC04; ESC05; ESC06; ESC07; ESC08; ESC09; ESC10; ESC11; ESC12; ESC13 e ESC14; SSE; SU; Nuovi Raccordi Stradali.	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Cappellaccio di alterazione di spessore < di 5 mt. Litologia C2.2	RMR	47	55
		C (kPa)	230	270
		Φ (°)	28,5	32,5

Tabella 9-3: Stratigrafia tipo e parametri geotecnici di riferimento per opere incidenti sulla Litologia C2.2

OPERE	STRATIGRAFIA	PARAMETRI AL PIANO FONDAZIONE	STR. 2 METAEPICLASTITI LITOLOGIA B1.1	STR.3 METAEPICLASTITI LITOLOGIA B1.1
Aerogeneratori EST01 ; EST03 ; EST05 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Litologia B1.1	RMR	40	52
		C (kPa)	200	260
		Φ (°)	25	31

Tabella 9-4: Stratigrafia tipo e parametri geotecnici di riferimento per opere incidenti sulla Litologia B1.1

OPERE	STRATIGRAFIA	PARAMETRI	STR. 2 METAEPICLASTITI LITOLOGIA B1.1	STR.3 METAEPICLASTITI LITOLOGIA B1.1
Nuovi Raccordi Stradali.	Suolo di spessore inferiore ad 1 mt. Litologia o B2.1	RMR	40	52
		C (kPa)	200	260
		Φ (°)	25	31

Tabella 9-5: Stratigrafia tipo e parametri geotecnici di riferimento per opere incidenti sulla Litologia B2.1

9.3 Peso di volume dei terreni di fondazione

Non si hanno dati diretti relativi al peso specifico del terreno in sito.

Considerato che trattasi di roccia in posto, sulla base di indicazioni bibliografiche si può considerare un peso di volume compreso tra le 2,5 e le 2,7 Ton/mc. Ove 2,5 Ton/mc può essere considerato rappresentativo dei calcari teneri e 2,7 Ton/mc dei graniti.

9.4 Modello Geotecnico singole Opere

In Allegato 3 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare viene riportata per ciascuna opera il modello Geotecnico di riferimento desunto dalle considerazioni bibliografiche e sito specifiche contenute nella presente relazione.

10 CONDIZIONI SISMICHE LOCALI

10.1 Caratterizzazione sismica locale

In questo paragrafo si definiscono le caratteristiche sismiche del sito al fine di determinare, in accordo con le Norme tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC18), le eventuali azioni sismiche a cui potrebbero essere soggette le strutture in progetto.

Dalla consultazione della cartografica dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI 15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, 2015), redatto dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). Si evidenzia come la Sardegna presenti una sismicità storica molto bassa sia come frequenza sia come magnitudo.

Secondo il provvedimento legislativo del 2003 (cfr. O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e s.m.i.), i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base al PGA (Peak Ground Acceleration = picco di accelerazione al suolo) e per frequenza ed intensità degli eventi. La Sardegna in questa classificazione ricadeva nella Zona 4, quella a più bassa sismicità, con $PGA < 0,05 g$.

Le NTC18, così come le precedenti NTC2008 fanno riferimento invece alla “pericolosità sismica di base” in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La pericolosità sismica di base costituisce quindi l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni. Allo stato attuale la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli temporali (periodo di ritorno). Il reticolo di riferimento è rimasto invariato rispetto alle NTC2008 dove l'intero territorio italiano è suddiviso in maglie di circa 10 x 10 km di lato con i nodi espressi in termini di coordinate geografiche (Tabella B1 delle NTC2008; (<http://esse1.mi.ingv.it/>)). Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto.

- a_g : accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in $g/10$)
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (a_g) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito dove verrà realizzata l'opera.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_0 , T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento.

Le NTC18 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_r) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PVR) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r).

Il periodo di riferimento dell'opera (V_r) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (V_n), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (C_u), funzione della Classe d'uso della costruzione (cfr. paragrafo 2.4.3 delle NTC18).

Per il progetto oggetto di intervento sono stati assunti i seguenti parametri:

- Vita nominale (V_n) di 50 anni, Classe d'uso pari a I, corrispondente ad un coefficiente d'uso (C_u) pari a 2.

Dal loro prodotto si ottiene un periodo di riferimento per l'opera V_r pari a 100 anni. Ai fini di valutare la risposta sismica locale, si classificheranno i terreni sulla base della tab. 3.2. delle NTC18 attraverso il cosiddetto "approccio semplificato". Le stesse NTC18 prevedono infatti che nel caso di determinate situazioni stratigrafiche ben definite, ai fini della risposta sismica locale possano essere utilizzate le categorie di sottosuolo previste nella Tab. 3.2 – II delle NTC18 di seguito riportata (Figura 10-1).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

 Figura 10-1: *Tabella delle categorie di sottosuolo utilizzabile ai fini della risposta sismica locale riportata nelle NTC18.*

In tale tabella la classificazione del sottosuolo viene fatta in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . Dalle indagini sismiche effettuate (vedi Relazione sulle indagini sismiche) la gran parte dell'area, con roccia esposta o sub-affiorante, appartiene alla categoria sismica A. Ove si è verificata la presenza di uno strato di alterazione la categoria sismica è di tipo B. Circa il fattore topografia Le possibili condizioni sono:

- T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i \leq 15^\circ$;
- T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;
- T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;
- T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

In relazione all'andamento morfologico locale, ed al posizionamento degli aerogeneratori in aree sub pianeggianti, è possibile classificare il sito di interesse come categoria T2. I parametri sismici del sito sono riassunti nella sottostante tabella, in relazione alla tipologia di sottosuolo, di condizioni morfologiche e di opere considerate.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 100 anni
 Coefficiente cu: 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,025	2,685	0,299
Danno (SLD)	63	101	0,031	2,730	0,307
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,060	2,976	0,371
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,071	3,061	0,393

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 100 anni
 Coefficiente cu: 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,025	2,685	0,299
Danno (SLD)	63	101	0,031	2,730	0,307
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,060	2,976	0,371
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,071	3,061	0,393

Tabella 10-1: Parametri sismici di riferimento.

10.2 Esiti delle indagini di campo

Con lo scopo di definire l'interazione tra opere e azioni sismiche, come stabilito dal D.M. del 17.01.2018, deve essere stimata l'azione del moto superficiale in base alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche. A tale scopo sono state effettuate 3 MASW ed uno stendimento geoelettrico ubicati come indicato al punto 7. Gli esiti delle indagini sono descritti al punto 8.

Con riferimento a quanto descritto al punto 8 ed ai contenuti dell' *Allegato 2 della Relazione AM-RTS 10019 – Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare* la tabella seguente illustra per tutte le opere di progetto la descrizione litologica dei terreni di fondazione e la Categoria sismica di riferimento.

OPERE	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CATEGORIA SISMICA
Aerogeneratori EST04 ; EST06 ; EST07 ; EST08 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia C1.2 Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie sabbie, limi, argille) conglomerati, arenarie, siltiti, peliti sotto ai quali sono presenti le Litologie C2.2 e/o B1.1.	MASW 3 Goelettrica 1 Categoria sismica A con $V_{seq} > 800 \text{ m/s}$ (depositi spessore < a 3 metri)
Aerogeneratori:ESC01; ESC02; ESC03; ESC04; ESC05; ESC06; ESC07; ESC08; ESC09; ESC10; ESC11; ESC12; ESC13 e ESC14; SSE; SU; Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia C2.2 Depositi Carbonatici Marini (Marne, Calcari, Calcari Dolomitici, Calcari Oolitici, Calcari Bioplastici, Calcareniti);	MASW 1 Categoria sismica di tipo B (valutata con fondazione posizionata a piano campagna) e $V_{seq} = 505 \text{ m/s}$
Aerogeneratori EST01 ; EST03 ; EST05 ; Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia B1.1 Metarioliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide	MASW 2 Categoria sismica A con $V_{seq} > 800 \text{ m/s}$
Nuovi Raccordi Stradali.	Litologia B2.1 Rocce parametamorfiche terrigene	MASW 2 Categoria sismica A con $V_{seq} > 800 \text{ m/s}$

Tabella 10-2: Significatività dei dati delle MASW e determinazione delle V_{seq} in corrispondenza delle opere di progetto.

11 DESCRIZIONE DELLE FONDAZIONI DELLE OPERE PRINCIPALI E CAPACITA' PORTANTE

Le uniche opere di progetto che comportano una sollecitazione considerevole ai terreni di fondazione sono gli aerogeneratori e le relative fondazioni.

Il progetto prevede per gli aerogeneratori fondazioni a platea circolare di diametro pari a 30 metri la cui base è generalmente prevista alla profondità di -3,7 metri da piano campagna.

Lo schema sotto illustra nello specifico l'opera dell'aerogeneratore ESC04 che può essere tuttavia preso a riferimento come opera tipo.

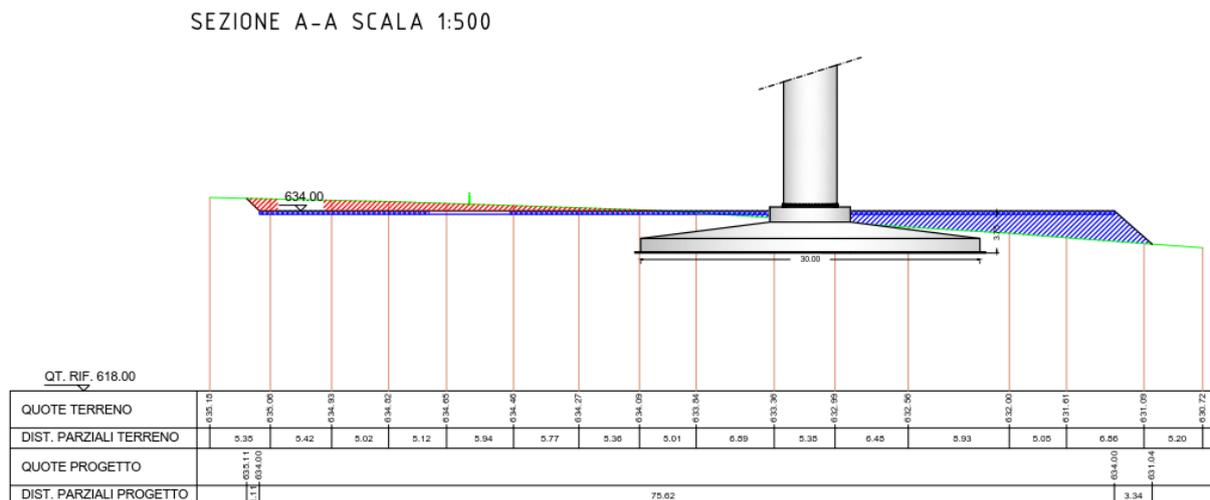


Figura 11-1: Opera di Fondazione Aerogeneratore ESC04 (tipologico).

La relazione geotecnica ha considerato il carico verticale dovuto al peso delle opere e le sollecitazioni dovute alle azioni dei venti sugli aerogeneratori che inducono carichi inclinati sulle fondazioni ed ha effettuato verifiche di capacità portante, verifiche al ribaltamento e verifiche allo scorrimento.

Le verifiche fatte hanno dato esito positivo, e le opere di progetto sono da ritenersi compatibili con le condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

12 VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI PAI

12.1 Pericolosità geomorfologica e da frana

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 in limitati casi per il tipo Hg2.

Con riferimento alle opere da realizzare in aree a pericolosità media (Hg2) da frana, le norme di attuazione del PAI (art. 33) consentono, tra gli altri, alcuni interventi a rete o puntuali, pubblici o di interesse pubblico, di caratteristiche assimilabili alle opere proposte 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 (art. 33 comma 3 lettera a). Per tali opere, è richiesta la redazione dello studio di compatibilità geologica e geotecnica (art. 33 comma 5 lettera b), formante parte integrante del presente progetto.

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.

12.2 Pericolosità Idraulica

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 idraulica **Hi4** nei tratti montani dei corsi d'acqua interessati dall'intervento così come mappati dalle cartografie degli Studi di Variante al PAI predisposti dai comuni di Escalaplano ed Esterzili. Gli interventi ammessi nelle more dell'art. 27 c. 3 lett. e *bis*), g) ed h) delle NTA del PAI prevedono che possano mettersi in atto interventi antropici:

ARTICOLO 27 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

[...]

3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, comprese le opere provvisorie temporanee funzionali agli interventi, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono

consentiti esclusivamente:

- e bis. gli interventi di ampliamento della piattaforma viaria di attraversamenti esistenti, a seguito di realizzazione di opere quali allargamento delle corsie e della banchina, realizzazione di marciapiedi e di corsie ciclabili anche in aggetto, con la prescrizione che non vi sia riduzione della sezione idraulica, che sia verificato il fatto che le nuove opere non determinino sul ponte possibili effetti negativi di tipo idrostatico e dinamico indotti dalla corrente e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di interventi di sostituzione totale e/o adeguamenti straordinari dell'attraversamento esistente; tali interventi sono ammissibili nel rispetto delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative, a condizione che sia redatta una relazione asseverata avente i contenuti tecnici di cui alla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna né delle altre opere interferenti".
- g. le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme a condizione che, con apposita relazione asseverata del tecnico incaricato venga dimostrato che gli scavi siano effettuati a profondità limitata ed a sezione ristretta, comunque compatibilmente con le situazioni locali di pericolosità idraulica e, preferibilmente, mediante uso di tecniche a basso impatto ambientale; che eventuali manufatti connessi alla gestione e al funzionamento delle condotte e dei cavidotti emergano dal piano di campagna per un'altezza massima di un metro e siano di ingombro planimetrico strettamente limitato alla loro funzione; che i componenti tecnologici, quali armadi stradali prefabbricati, siano saldamente ancorati al suolo o agli edifici, in modo da evitare scalzamento e trascinarsi, abbiano ridotto ingombro planimetrico e altezza massima strettamente limitata alla loro funzione tecnologica e, comunque, siano tali da non ostacolare, in maniera significativa il deflusso delle acque; che, nelle situazioni di parallelismo, le condotte e i cavidotti non ricadano in alveo, né in area golenale; che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico;
- h. allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti; nel caso di condotte e di cavidotti non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme a condizione che, con apposita relazione asseverata del tecnico incaricato, venga dimostrato che gli scavi siano effettuati a profondità limitata ed a sezione ristretta, comunque compatibilmente con le situazioni locali di pericolosità idraulica e, preferibilmente, mediante uso di tecniche a basso impatto ambientale; che eventuali manufatti connessi alla gestione e al funzionamento delle condotte e dei cavidotti emergano dal piano di campagna per una altezza massima di un metro e siano di ingombro planimetrico strettamente limitato alla loro funzione; che i componenti tecnologici, quali armadi stradali prefabbricati, siano saldamente ancorati al suolo o agli edifici in modo da evitare scalzamento e trascinarsi, abbiano ridotto ingombro planimetrico e altezza massima

strettamente limitata alla loro funzione tecnologica e comunque siano tali da non ostacolare in maniera significativa il deflusso delle acque; che, nelle situazioni di parallelismo, le condotte e i cavidotti non ricadano in alveo né in area golenale; che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico.

In considerazione del fatto che le interferenze segnalate più sopra riguardano principalmente tratti montani con alveo scavato e ben delimitato e che le portate a valle delle opere previste non superano i 50 m³/s è ragionevole considerare le opere idrauliche da prevedere in fase esecutiva possano essere ricomprese nella tipologia dei *tombini* così come definito nella Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s.

È possibile applicare l'art. 21 c. 3 dell'NTA del PAI, secondo il quale non è richiesta la redazione dello studio di compatibilità idraulica previsto all'art. 24 e, pertanto, non è necessario il parere dell'Autorità di Bacino a patto che questi vengano dimensionati esclusivamente nel rispetto delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative. A tal proposito si lascia al livello di progettazione esecutiva il dimensionamento finale delle opere idrauliche relative agli attraversamenti analizzati, garantendo il rispetto dei vincoli imposti dall'art. 21 delle NTA del PAI e le seguenti indicazioni richiamate nella citata Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.:

C5.1 PONTI STRADALI

C5.1.2 PRESCRIZIONI GENERALI

C5.1.2.3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

[...]

Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.

Oltre a quanto previsto per gli attraversamenti dalla Norma, nella Relazione idraulica è opportuno siano considerati anche i seguenti aspetti:

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

- è da sconsigliare il frazionamento della portata fra più canne, tranne nei casi in cui questo sia fatto per facilitare le procedure di manutenzione, predisponendo allo scopo luci panconabili all'imbocco e allo sbocco e accessi per i mezzi d'opera;
- sono da evitare andamenti planimetrici non rettilinei e disallineamenti altimetrici del fondo rispetto alla pendenza naturale del corso d'acqua.
- per sezioni di area maggiore a 1,5 m² è da garantire la praticabilità del manufatto;
- il tombino può funzionare sia in pressione che a superficie libera, evitando in ogni caso il funzionamento intermittente fra i due regimi: nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s;

13 CONCLUSIONI

I sopralluoghi e le valutazioni fatte sotto il profilo geologico, idrogeologico ed idraulico permettono di affermare che le opere di progetto risultano nel complesso compatibili con l'assetto geologico ed idraulico delle aree di interesse.

Per quanto riguarda la pericolosità da frana, la quasi totalità delle opere di progetto ricadono in aree codificate come Hg1 con pericolosità moderata ove i fenomeni franosi rilevati o potenziali sono da considerarsi marginali, e nello specifico ove i sopralluoghi svolti confermano l'assenza di fenomeni attivi.

Unicamente alcuni raccordi stradali (raggiungimento dell'Aerogeneratore EST01 e viabilità/cavidotti tra aerogeneratori ESC07 ed ESC13) interessano aree con pericolosità media Hg2. Anche in questo caso i sopralluoghi effettuati permettono di affermare che nello specifico tali aree non sono soggette ad instabilità e per tali motivi le opere sono ritenute compatibili.

Sulla base di quanto sopra, e delle valutazioni di carattere geologico, si può constatare la compatibilità geologica del progetto. Si ricorda tuttavia che le conclusioni della relazione geologica raccomandano l'esecuzione in fase esecutiva di indagini geognostiche di verifica dei terreni di fondazione per ciascun aerogeneratore.

Per quanto riguarda la Pericolosità Idraulica sono state censite nr. 7 interferenze nel territorio di Esterzili e Nr.6 interferenze nel territorio di Escalaplano perlopiù con aree caratterizzate da una pericolosità idraulica Hi4 nei tratti montani dei corsi d'acqua interessati dall'intervento così come mappati dalle cartografie degli Studi di Variante al PAI predisposti dai comuni di Escalaplano ed Esterzili.

In considerazione del fatto che le interferenze segnalate più sopra riguardano principalmente tratti montani con alveo scavato e ben delimitato e che le portate a valle delle opere previste non superano i 50 m³/s è ragionevole considerare le opere idrauliche da prevedere in fase esecutiva possano essere ricomprese nella tipologia dei tombini così come definito nella Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s.

È possibile applicare l'art. 21 c. 3 dell'NTA del PAI, secondo il quale non è richiesta la redazione dello studio di compatibilità idraulica previsto all'art. 24 e, pertanto, non è necessario il parere dell'Autorità di Bacino a patto che questi vengano dimensionati esclusivamente nel rispetto delle

Amistade – Progetto di un Parco Eolico nei territori dei Comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). – Marzo 2023

vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative. A tal proposito si lascia al livello di progettazione esecutiva il dimensionamento finale delle opere idrauliche relative agli attraversamenti analizzati, garantendo il rispetto dei vincoli imposti dall'art. 21 delle NTA del PAI e le seguenti indicazioni richiamate nella citata Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP..