

COMMITTENTE



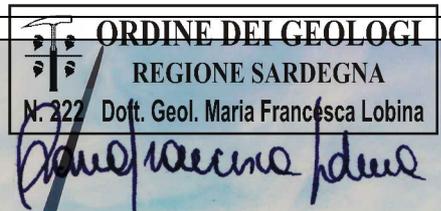
GRV WIND SARDEGNA 7 S.R.L.
Via Durini, 9 Tel. +39.02.50043159
20122 Milano PEC: grwindsardegna7@legalmail.it

GRV WIND SARDEGNA 7 S.r.l.
Via Durini, 9
20122 Milano (MI)
P. IVA 12038430968

PROGETTISTI



Progettazione e coordinamento:
Ing. Giuseppe Frongia
I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.
Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP
09122 Cagliari (I)
Tel./Fax. +39.070.658297
Email: info@iatprogetti.it
PEC: iat@pec.it



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



PROVINCIA MEDIO CAMPIDANO



COMUNE VILLANOVAFRANCA



COMUNE FURTEI



COMUNE SANLURI



COMUNE VILLAMAR

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SU MURDEGU" COMPOSTO DA 7 AEROGENERATORI DA 6.0 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW SITO NEL COMUNE DI VILLANOVAFRANCA (VS), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI E SANLURI (VS)

ELABORATO

Titolo:

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

Tav./Doc.:

WVNF-RC16

Nome file:

WVNF-RC16 Studio di compatibilità geologica e geotecnica

Scala/Formato:

A4

0	Maggio 2023	Prima emissione (Riscontro osservazioni R.A.S. prot. 35914/23)	IAT PROGETTI	IAT PROGETTI	GRVALUE
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

PROGETTAZIONE:

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

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico)

Gruppo di progettazione:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Ing. Gianluca Melis

Ing. Andrea Onnis

Dott.ssa Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

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

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti archeologici: NOSTOI S.r.l. Dott.ssa Maria Grazia Liseno

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	PREMESSA	4
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI	5
1.3	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	6
1.4	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E TERRITORIALE	8
2	PERIMETRAZIONE PAI E DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI	16
2.1	DISCIPLINA	16
2.2	RELAZIONI CON IL PROGETTO	16
2.2.1	Aree a pericolosità idraulica	16
2.2.2	Aree a pericolosità da frana	17
3	BASE GEOGNOSTICA INFORMATIVA	20
3.1	STUDI PREGRESSI	20
3.2	PROSPEZIONE SISMICA MASW	20
3.2.1	Principi teorici	23
3.2.2	Strumentazione utilizzata	24
3.2.3	Elaborazione dei dati	24
3.3	SISMICA A RIFRAZIONE	24
4	MODELLO GEOLOGICO	26
4.1	CONTESTO GEOLOGICO DELL'AREA VASTA	26
4.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE	29
4.3	STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	33
4.3.1	Aerogeneratori	33
4.3.2	Stazione elettrica	35
4.3.3	Cavidotto interrato	35
4.4	ASSETTO IDROGEOLOGICO	35
4.4.1	Permeabilità dei terreni	35
4.4.2	Modello idrogeologico locale	37
4.5	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	37
4.6	ASSETTO IDROGRAFICO	40
4.7	USO DEL SUOLO	41
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	43
5.1	SISMICITÀ LOCALE	43
5.2	SISMICITÀ STORICA DEL SITO	43
5.3	CLASSIFICAZIONE SISMICA	45
5.4	PERICOLOSITÀ SISMICA	45
5.5	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	46
5.6	ESITO DELL'INDAGINE SISMICA	47
6	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	48
6.1	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	48
6.2	PERICOLOSITÀ DA FRANA	49
6.3	PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	49

6.4	SUBSIDENZA.....	49
6.5	PERICOLOSITÀ SISMICA	49
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE.....	50
8	CARATTERISTICHE DELLE OPERE PREVISTE IN AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	52
8.1	AEROGENERATORE V7 IN AREA HG2	52
8.2	NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO ALLA POSTAZIONE V7 IN AREA HG2.....	57
8.3	CAVIDOTTI MT.....	59
9	VALUTAZIONE DEL PROGETTO A FINI PAI	61
9.1	PREMESSA.....	61
9.2	PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ GELOGICA E GEOTECNICA	62

1 GENERALITÀ

1.1 PREMESSA

Il presente Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica, riguardante il progetto di parco eolico denominato «Su Murdegu» da realizzarsi nel comune di Villanovafranca (SU), con opere di connessione nei comuni di Furtei, Villamar e Sanluri (SU), 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'art. 25 delle medesime che prescrive l'esecuzione di uno «STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA» per i progetti di opere ammissibili da realizzarsi nelle aree a pericolosità geologica media (Hg2) ed elevata (Hg3).

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

L'intento preordinato è quello di:

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

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI

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

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento *Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **D.M. 14.01.2008** «*Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- **Ordinanza 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*»;
- **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988** che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono;
- **Legge n. 464 del 04.08.1984** «*Norme per agevolare l'acquisizione da parte del servizio geologico della direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale*»;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*» che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici»;
- **A.G.I. 1977** «*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*»;
- **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**;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell'11.03.2005;
- **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)** approvato con Delibera n. 1 del 20.06.2013 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna;
- **Norme di Attuazione del P.A.I.** (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del 21.03.2008).

1.3 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

L'impianto in progetto erogherà una potenza di 42 MW, in accordo con la soluzione di connessione indicata da Terna, e sarà costituito da n.7 aerogeneratori (denominati da V1÷V7) distribuiti lungo un asse orientato circa SW-NE che si estende in linea d'aria per poco più di 3 km.

Sia per la posa in opera dei singoli aerogeneratori sia per il collegamento tra di essi è prevista la realizzazione di alcuni tratti nuova viabilità (piste di servizio) la cui lunghezza dipende dalla distanza rispetto a strade interpoderali preesistenti o dalle S.P. 5 e S.P. 36

L'intervento ha ottenuto il preventivo di connessione di cui al codice pratica Terna 202100690 relativo ad una potenza in immissione di 42 MW.

In accordo con la citata STMG, l'impianto sarà collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entrata alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius".

L'energia prodotta dagli aerogeneratori in BT 690V a 50 Hz verrà trasformata in MT (30 kV) in corrispondenza del trasformatore di macchina, posto sulla navicella di ogni torre eolica, e fatta confluire nel circuito principale, costituito da elettrodotti interrati in MT; attraverso la distribuzione MT l'energia verrà convogliata verso la prevista sottostazione elettrica, dove sarà trasformata in AT (150 kV) per essere immessa nella Rete elettrica di Trasmissione Nazionale.

Il trasporto dell'energia in MT avverrà mediante elettrodotti interrati, costituiti da cavi MT posati secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17.

Per l'interconnessione degli aerogeneratori in progetto e la Stazione Elettrica utente verranno usati cavi di media tensione tripolari a corda rigida con conduttori in alluminio a spessore ridotto del tipo ARE4H1RX - 18/30 kV, isolati in polietilene reticolato, con guaina in PVC, schermati a fili di rame rosso e contorsionali.

La sezione dei cavi di ciascun tronco di linea è stata calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione delle turbine.

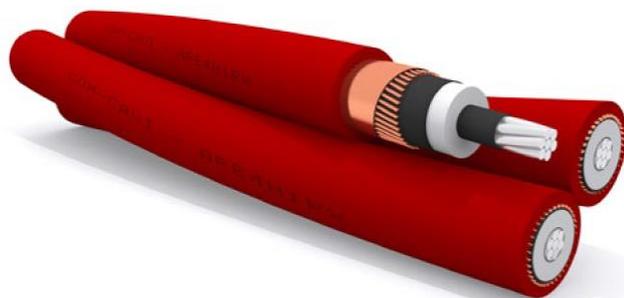


Figura 1.1 - Cavi tripolari del tipo ARE4H1RX - 18/30kV

L'impianto eolico in questione verrà collegato elettricamente, mediante una rete di cavidotti a 30kV, ad una nuova stazione elettrica MT/AT in progetto in agro di Sanluri.

La profondità media di interrimento (letto di posa) sarà di 1,2 / 1,3 metri da p.c.; tale profondità potrà variare in relazione al tipo di terreno attraversato. Saranno inoltre previsti opportuni nastri di segnalazione. Normalmente la larghezza dello scavo della trincea è limitata entro 1 metro salvo diverse necessità riscontrabili in caso di terreni sabbiosi o con bassa consistenza. Il letto di posa può essere costituito da un letto di sabbia vagliata o da un piano in cemento magro. Nello stesso scavo, potrà essere posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento "mortar" e saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto e le aree interessate saranno risistemate nella condizione preesistente.

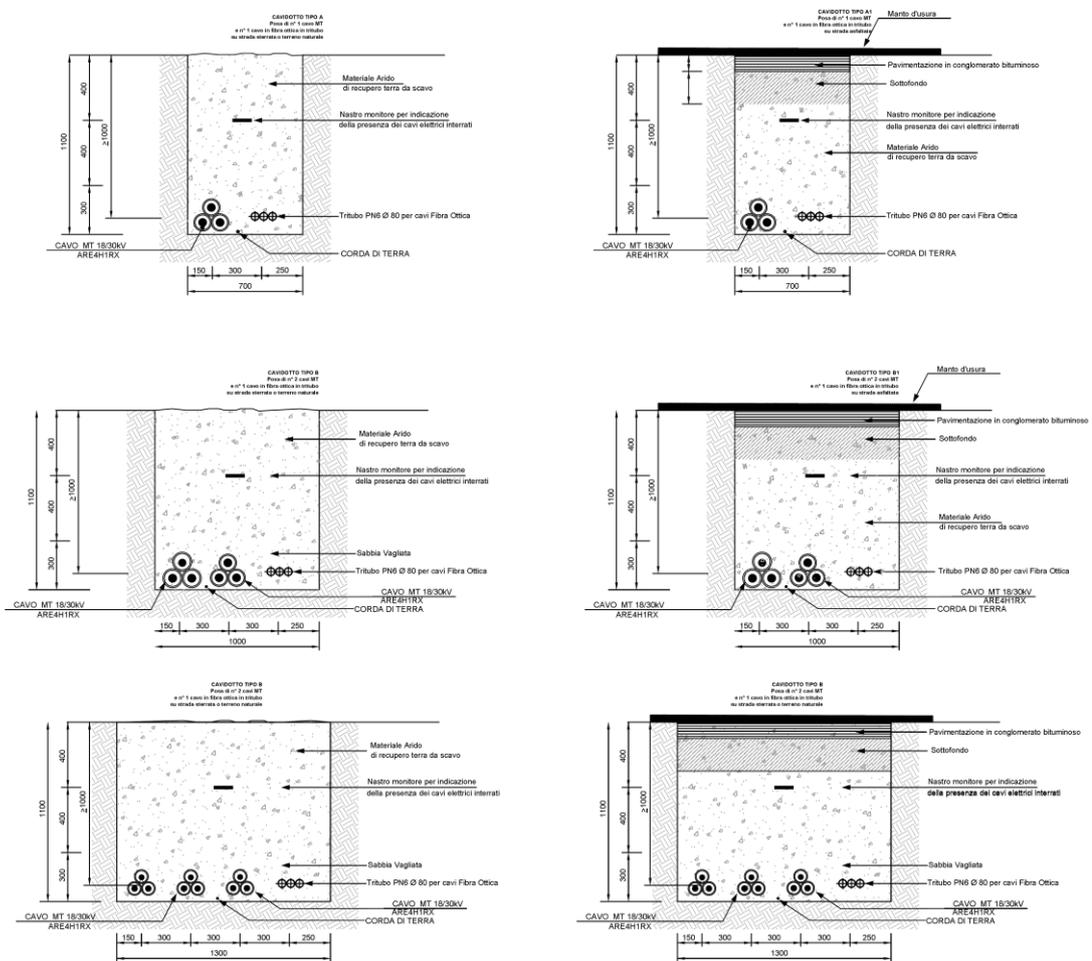


Figura 1.2 – Tipico modalità di posa Cavo MT 30 kV

Per eventuali incroci e parallelismi con altri servizi (cavi di telecomunicazione, tubazioni etc.), saranno rispettate le distanze previste dalle norme, tenendo conto delle prescrizioni che saranno dettate dagli Enti proprietari delle opere interessate e in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

Nei tratti di interferenza del cavidotto con fasce di pericolosità idraulica da elevata (Hi3) a molto elevata (Hi4) nonché, eventualmente, con alcune aste del reticolo ufficiale di riferimento ai fini PAI alle quali si applicano le fasce di prima salvaguardia di cui all'art. 30 ter delle NTA del PAI, il cavidotto sarà posato in modalità subalveo prevedendo almeno un metro di ricoprimento tra il fondo dell'alveo e l'estradosso della tubazione.

1.4 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E TERRITORIALE

L'areale che ospiterà parco eolico ricade nella regione geografica della Trexenta, in Comune di Villanovafranca (Provincia Sud Sardegna) e più specificatamente nel settore E-SE del territorio comunale, in una vasta area prevalentemente collinare, delimitata ad ovest dal *Rio Sa Canna* e ad est dal *Rio Sippiu*.

Le torri eoliche saranno distribuite lungo un asse circa SW-NE che si estende in linea d'aria per poco più di 3 km, abbracciando i toponimi *Su Murdegu*, *Tuppe Piga*, *Perda Motta* e *Sa Matta Manna*.

Il sito di intervento è raggiungibile dalla S.S. 131 direzione Sassari fino al km 41 per poi svoltare a destra, imboccare la S.S. 197 in direzione Sanluri-Furtei-Villamar e, superato quest'ultimo centro, percorrendo la S.P. 36 fino all'abitato di Villanovafranca. Da qui si prosegue in direzione Mandas e poi, imboccata la S.P. 5, in direzione Guasila. L'accesso avviene infatti agevolmente proprio queste due arterie stradali, dalle quali è possibile accedere alla viabilità interpodereale.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

TORRI

- Foglio 540 "MANDAS" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 540-III "MANDAS" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 540130 "VILLANOVAFRANCA" della C.T.R. [scala 1:10.000]

STAZIONE MT/AT

- Foglio 547 "VILLACIDRO" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 547-I "SANLURI" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 547040 "FURTEI" della C.T.R. [scala 1:10.000]

Ad una distanza di circa 10 km a sud-ovest dall'impianto eolico è stato individuato il sito per la stazione elettrica, attualmente in progetto, ricadente in Comune di Sanluri, localizzato a SW del bivio fra la strada comunale di Lunamatrona e la vicinale Rio Ludu, in prossimità del limite amministrativo con Furtei.

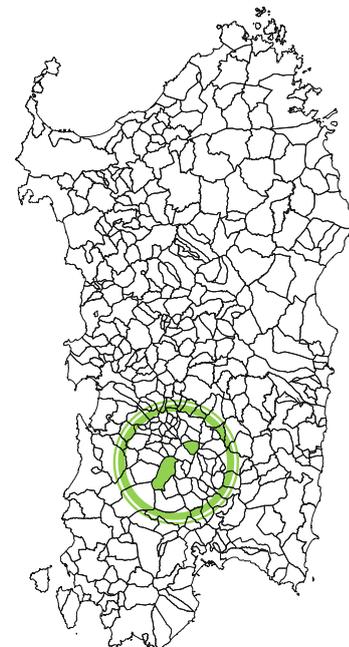


FIGURA 1.3
Comuni di Villanovafranca
(ad est) e di Sanluri
(ad ovest)
Inquadramento geografico.

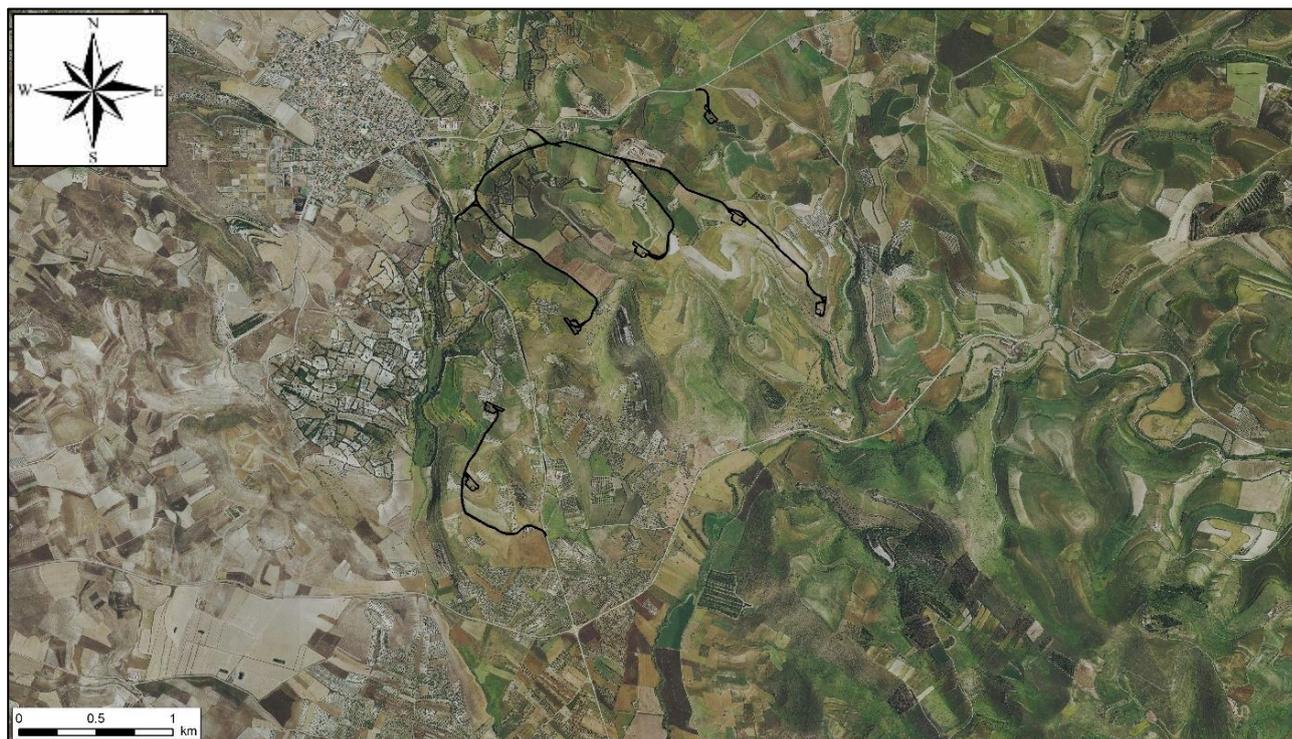


FIGURA 1.5 - Ubicazione degli interventi su immagine estratta da google earth, 2019.

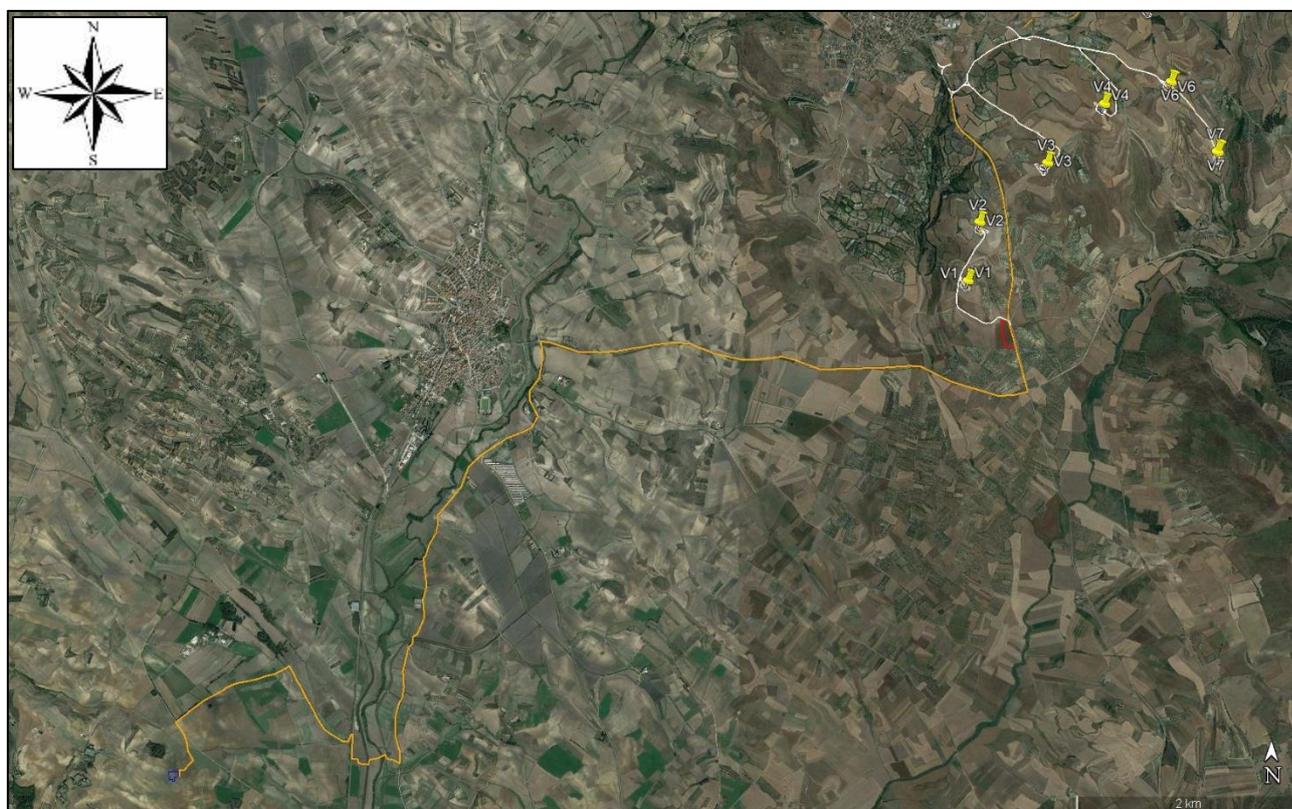


FIGURA 1.4 - Vista aerea di dettaglio del parco eolico in progetto su immagine estratta da google earth, 2019.

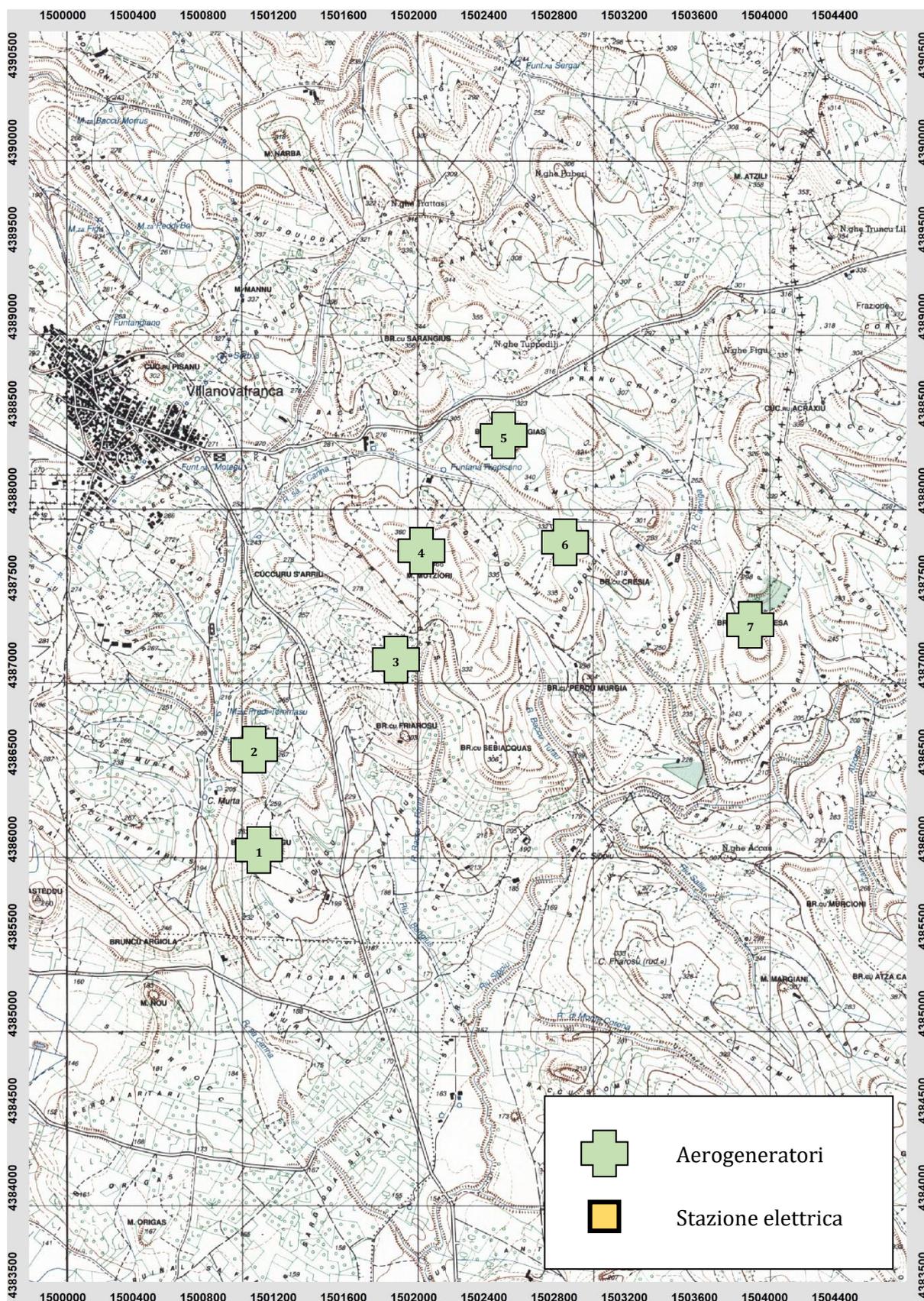


FIGURA 1.6 - Ubicazione degli aerogeneratori su stralcio aerofotogrammetrico I.G.M.I. 25.000, fuori scala.

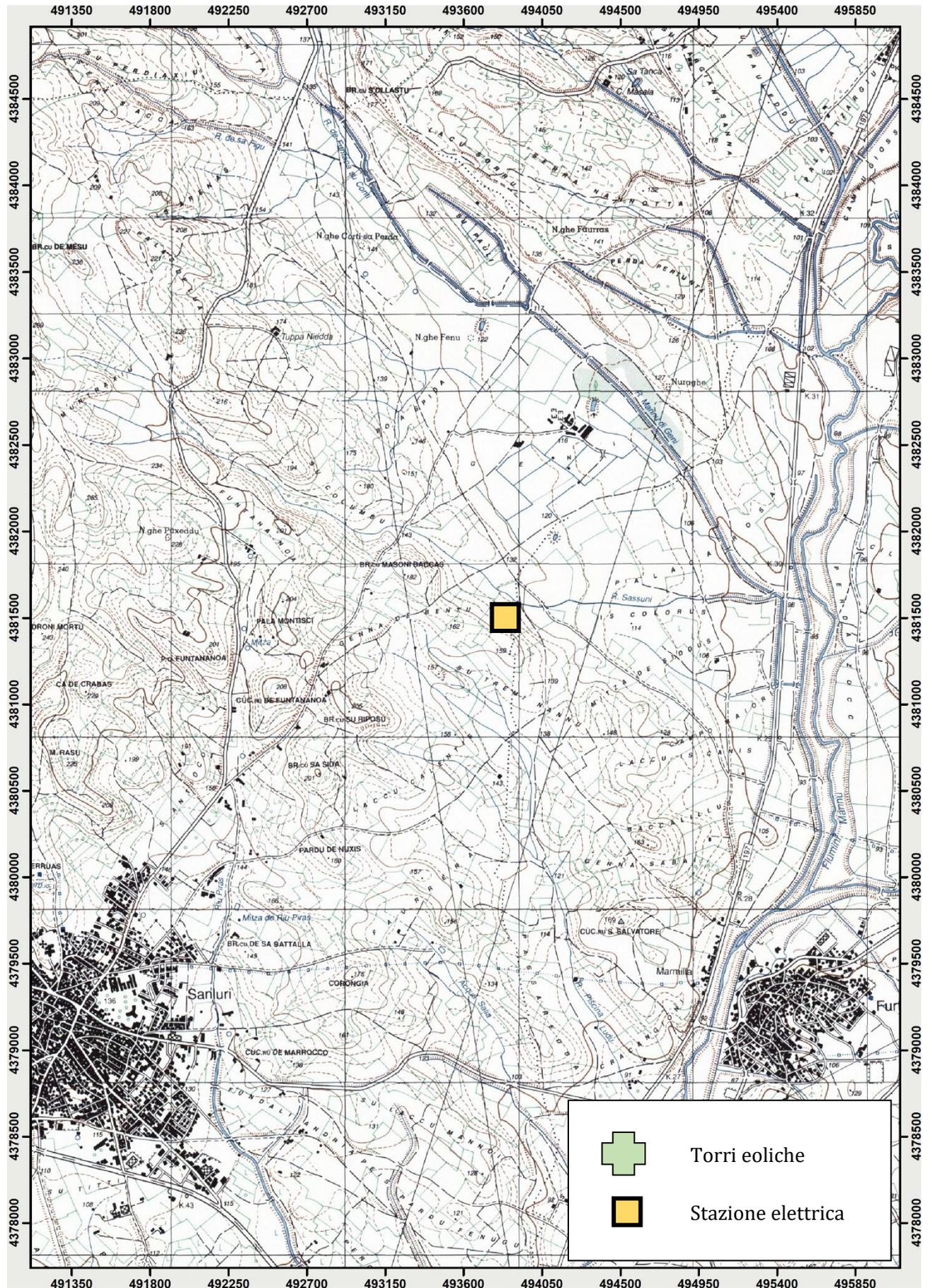


FIGURA 1.7 – Ubicazione della stazione elettrica su stralcio aerofotogrammetrico I.G.M.I. 25.000, fuori scala.

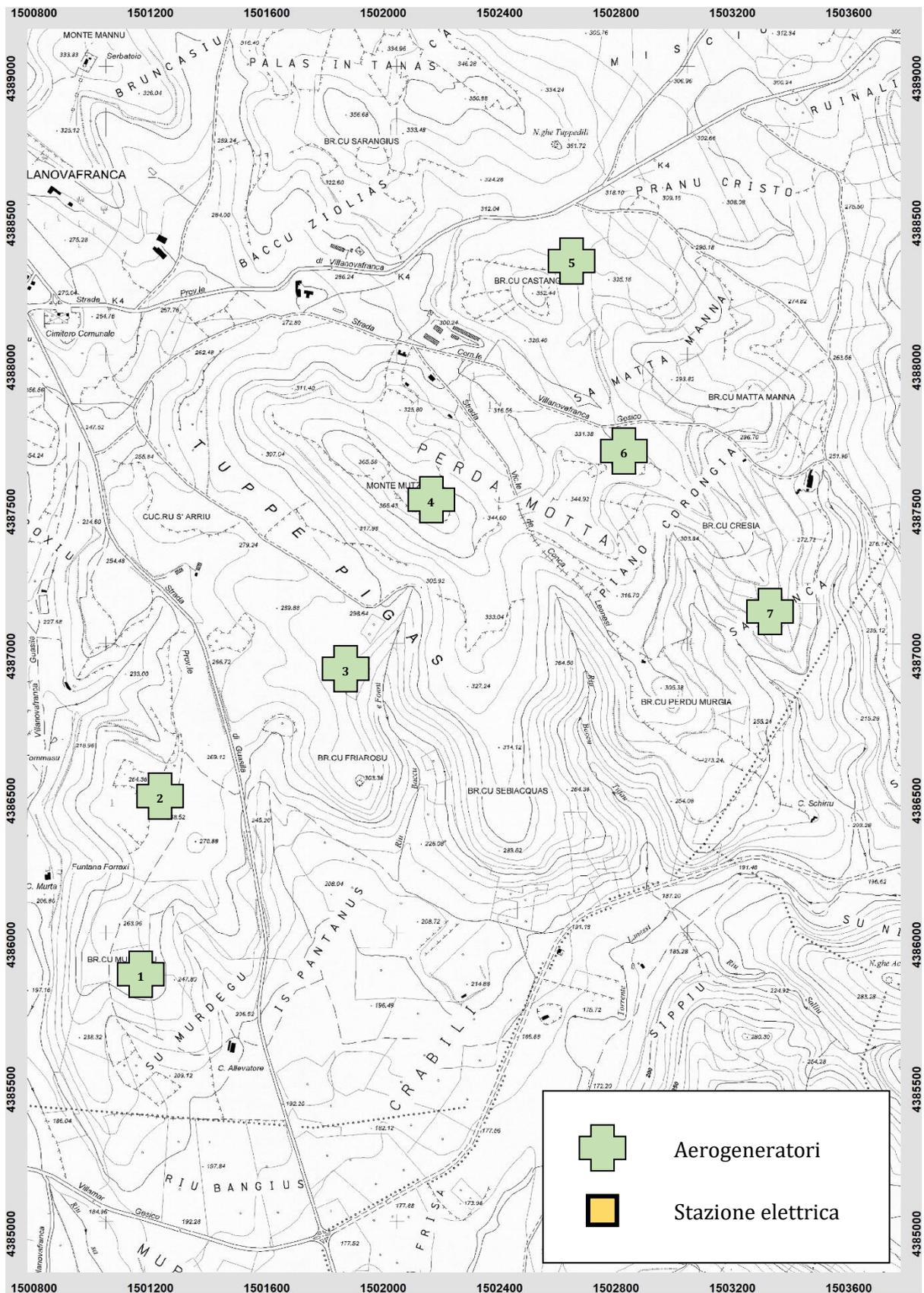


FIGURA 1.5 – Ubicazione degli aerogeneratori su stralcio aerofotogrammetrico C.T.R. 10.000, fuori scala.

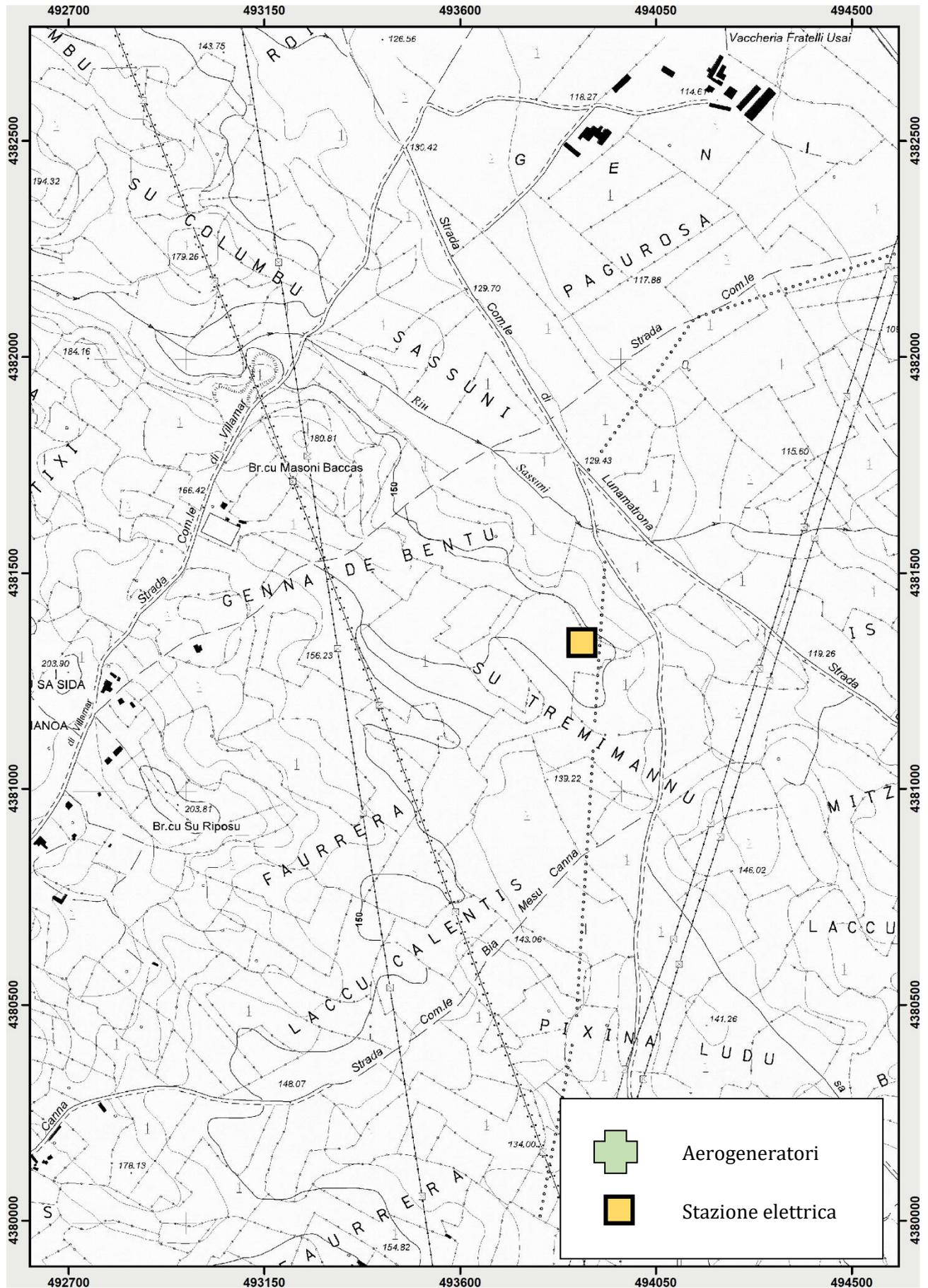


FIGURA 1.8 - Ubicazione degli aerogeneratori su stralcio aerofotogrammetrico C.T.R. 10.000, fuori scala.



FIGURA 1.9 – Ubicazioni degli aerogeneratori su stralcio aerofotogrammetrico I.G.M.I. 25.000, fuori scala.

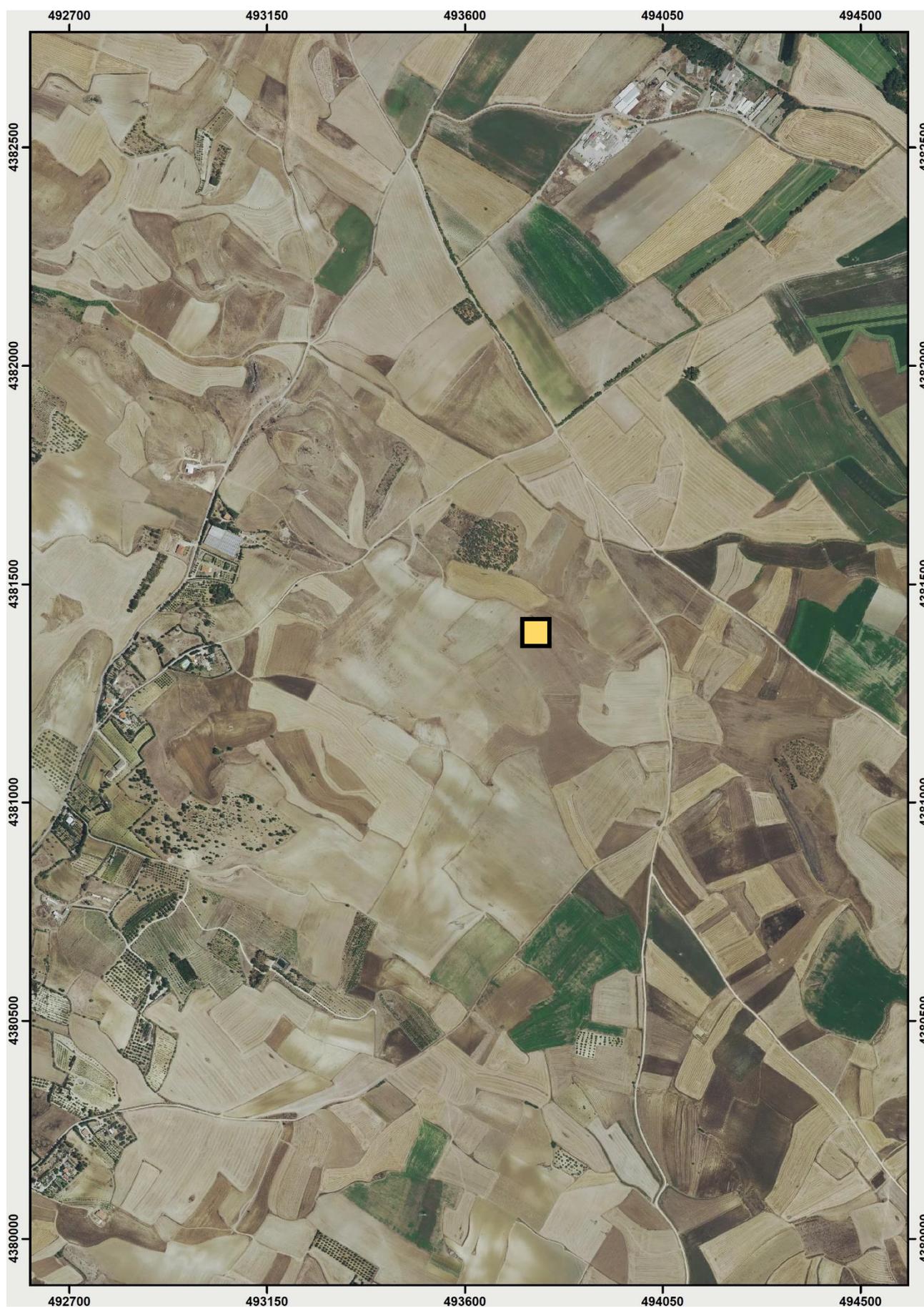


FIGURA 1.10 – Ubicazione della stazione elettrica su stralcio aerofotogrammetrico, fuori scala.

2 PERIMETRAZIONE PAI E DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI

2.1 DISCIPLINA

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18 maggio 1989 n. 183 e successive modificazioni, approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 54/33 del 30 dicembre 2004 e reso esecutivo in forza del Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici in data 21 febbraio 2005, n. 3, prevede:

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

Con l'esclusiva finalità di identificare ambiti e criteri di priorità tra gli interventi di mitigazione dei rischi idrogeologici nonché di raccogliere e segnalare informazioni necessarie sulle aree oggetto di pianificazione di protezione civile, il PAI delimita le seguenti tipologie di aree a rischio idrogeologico ricomprese nelle aree di pericolosità idrogeologica individuate:

- le aree a rischio idraulico molto elevato (Ri4), elevato (Ri3), medio (Ri2) e moderato (Ri1) perimetrate nei territori dei Comuni rispettivamente indicati nell'Allegato C;
- le aree a rischio da frana molto elevato (Rg4), elevato (Rg3), medio (Rg2) e moderato (Rg1) perimetrate nei territori dei Comuni rispettivamente indicati nell'Allegato D.

2.2 RELAZIONI CON IL PROGETTO

2.2.1 Aree a pericolosità idraulica

Relativamente al settore d'intervento, non si segnalano interferenze tra le aree di sedime degli aerogeneratori e le aree cartografate a pericolosità idraulica; con riferimento alle opere accessorie, si segnala la sovrapposizione del cavidotto 30 kV, impostato sulla viabilità esistente e, della viabilità di servizio, con aree cartografate a pericolosità idraulica Hi4 dallo studio di compatibilità idraulica del Comune di Villanovafranca per coerenza al PAI (ex art. 8, comma 2 N.T.A. PAI). Considerando la disciplina relativa alle aree a pericolosità idraulica Hi4 - Molto elevata (art. 27 delle norme di attuazione del PAI,) si consentono, tra gli altri, alcuni interventi a rete o puntuali, pubblici o di interesse pubblico, tra cui *allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti; (art. 27 comma 3 lettera h)*. Nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle suddette norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm 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 opere di mitigazione del rischio idraulico. Per l'adeguamento delle strade esistenti, atte all'ottimale conduzione del cantiere, tali interventi sono ammessi ai sensi dell'art. 27, comma 3 lettera a, che recita:

“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:

[OMISSIS]

Gli interventi di manutenzione ordinaria”.

Per tali interventi non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica (art. 27, comma 6). Al comma 4, lettera a., dello stesso articolo, inoltre, si sottolinea che:

“Nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata resta comunque sempre vietato realizzare:

Strutture e manufatti mobili e immobili, ad eccezione di quelli a carattere provvisorio o precario indispensabili per la conduzione dei cantieri e specificatamente ammessi dalle presenti norme”.

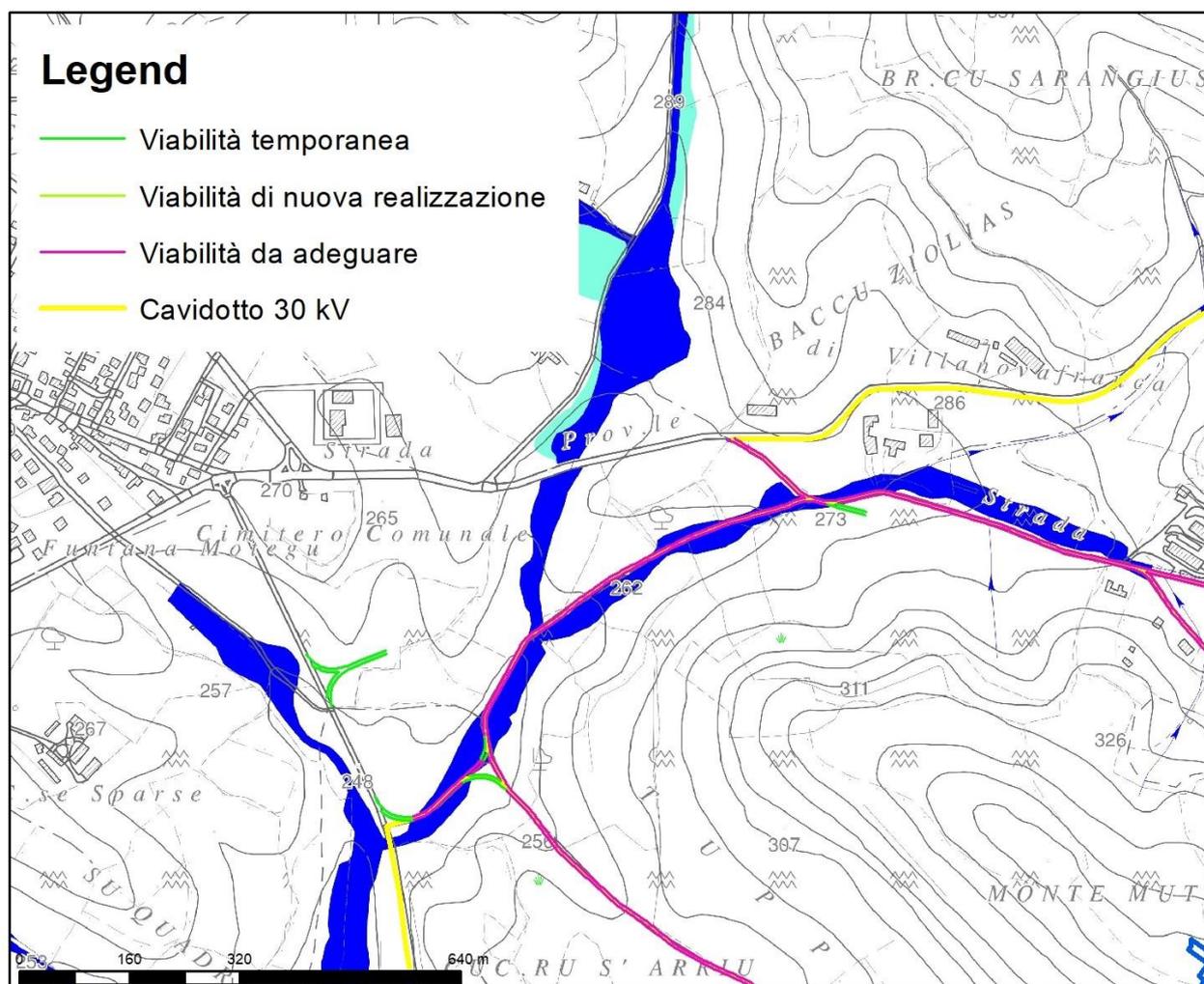


Figura 2.1 – Stralcio della Tavola 5 “Aree di pericolosità idraulica coordinata con le aree del PAI e del PSFF” del Comune di Villanovafranca. Sovrapposizione tra le opere in progetto e le aree a pericolosità idraulica H14 (in blu)

2.2.2 Aree a pericolosità da frana

Con riferimento alle aree cartografate a pericolosità da frana, si segnala la sovrapposizione della sottostazione utente, della relativa viabilità di accesso e di parte dell’elettrodotto 30 kV, con aree

a pericolosità da frana Hg1 – Bassa; tale area risulta cartografata dal PUC di Sanluri in adeguamento al PAI.

Con riferimento allo Studio di Compatibilità Geologico-Geotecnica redatto dal Comune di Villanovafranca ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.T.A. del PAI, approvato con Delibera del C.C. n° 17 del 17/07/2019, le opere sono inquadrabili come segue:

Aerogeneratori e piazzole:

- tutte le postazioni eoliche ricadono in aree cartografate a pericolosità da frana moderata, Hg1, ad eccezione della postazione eolica V7 che ricade in aree a pericolosità Hg2, media.

Viabilità di nuova realizzazione:

- la viabilità di nuova realizzazione interessa aree cartografate con pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 880 m, nonché aree cartografate a pericolosità da frana Hg2, in corrispondenza di un breve tratto di collegamento tra le postazioni eoliche V6 e V7;

Viabilità in adeguamento a quella esistente:

- la viabilità in adeguamento a quella esistente interessa principalmente aree cartografate a pericolosità da frana Hg1, nonché aree cartografate a pericolosità da frana Hg2 nel tratto di collegamento tra l'area di trasbordo e la postazione eolica V1 e altre due brevi tratti di circa 240m;

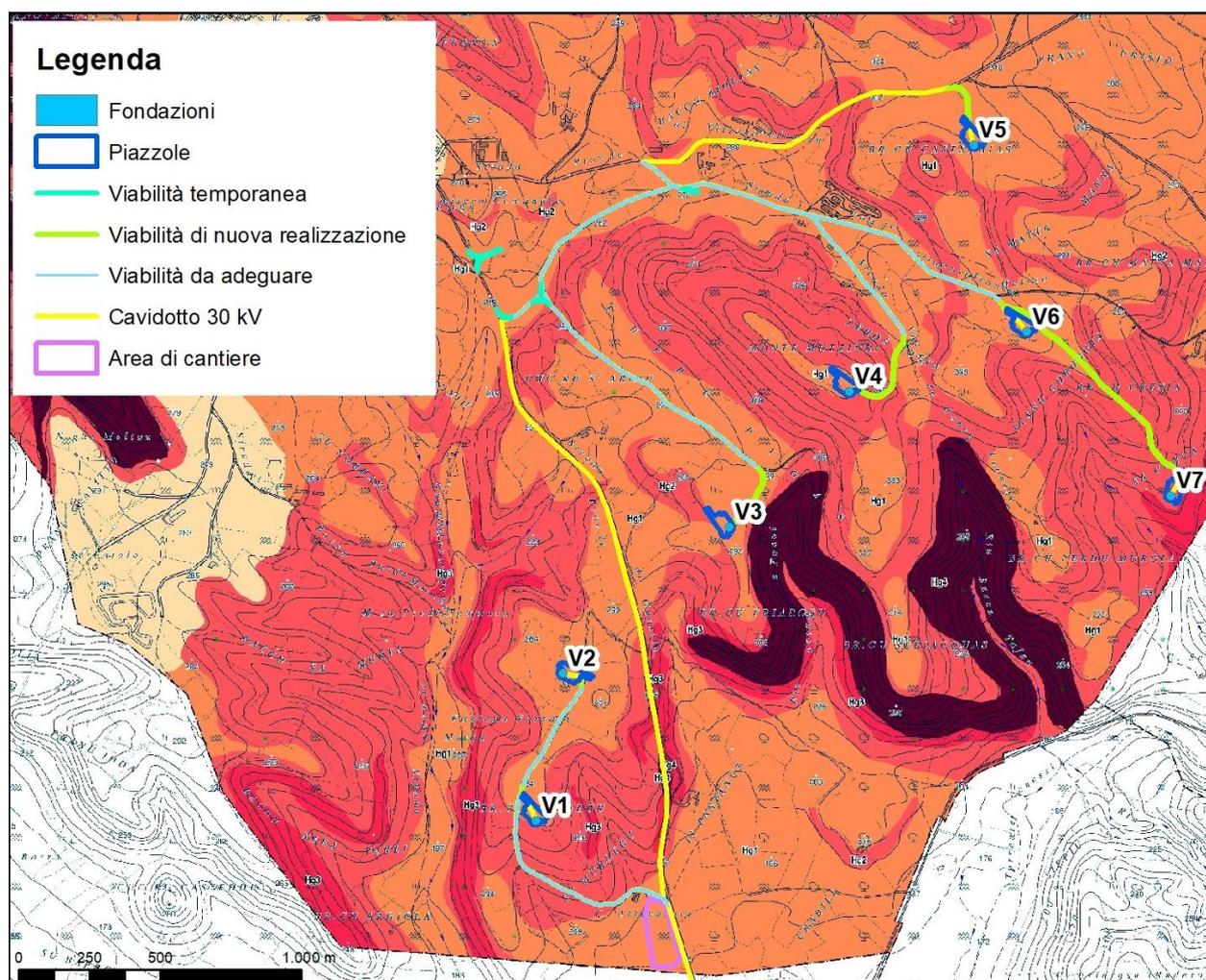
Cavidotto 30 kV di distribuzione elettrica di impianto:

- il cavidotto 30 kV, prevalentemente impostato su viabilità esistente, interessa aree classificate da pericolosità da frana di tipo Hg1-Moderata, Hg2 – Media e Hg3 – Elevata.

Le norme di attuazione del PAI all'art. 34 disciplinano le aree a pericolosità da frana moderata Hg1. Sulla base di tali norme, gli interventi in progetto ivi ricadenti risultano essere ammissibili, poiché fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, in tali aree compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali.

Con riferimento alle opere da realizzare in aree a pericolosità media (Hg2) ed elevata (Hg3) 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).



Aree pericolosità da frana

<p> Hg0 - Nessuna pericolosità</p> <p> Hg1 - Pericolosità moderata</p> <p> Hg2 - Pericolosità media</p> <p> Hg3 - Pericolosità elevata</p> <p> Hg4 - Pericolosità molto elevata</p>	<p>Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi con pericolosità assente</p> <p>I fenomeni franosi o potenziali sono marginali</p> <p>Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici.</p> <p>Zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi</p> <p>Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali;</p> <p>zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali</p> <p>Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali;</p> <p>zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva;</p> <p>zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti</p>
---	--

Figura 2.2 – Stralcio Tav.7 – Aree di pericolosità da frana coordinata con le aree del PAI, del Comune di Villanovafranca e opere in progetto

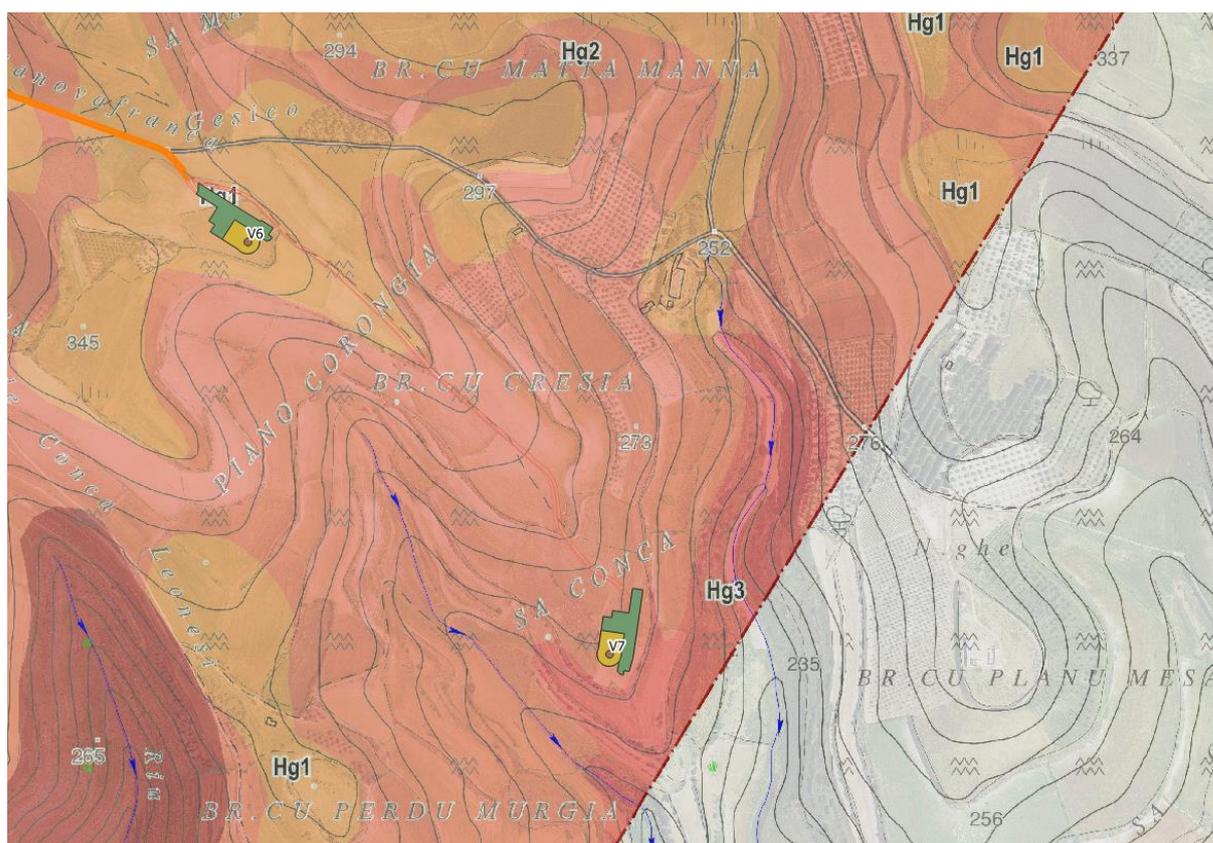


Figura 2.3 – Dettaglio postazione eolica V7 e relativa viabilità di accesso ubicate in aree a pericolosità da frana media (Hg2)

3 BASE GEOGNOSTICA INFORMATIVA

3.1 STUDI PREGRESSI

Come accennato in premessa, la stesura del presente elaborato si è avvalsa di una base informativa e cognitiva diretta, confortata da descrizioni diverse e da dati in possesso degli scriventi: seppur relativi da lavori di differente natura ed in assenza di test geognostici diretti, hanno consentito una modellazione geologica confacente alla fase progettuale in essere ed una caratterizzazione indicativa geotecnica dei terreni interagenti con le opere in programma.

3.2 PROSPEZIONE SISMICA MASW

Per la classificazione dei terreni secondo la Nuova Normativa Antisismica (Ordinanza n. 3274) e l'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018), è stata eseguita una prospezione sismica mediante tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves): trattasi di una tecnica non invasiva che, attraverso la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , è in grado di ricostruire una sismostratigrafia atta alla definizione della categoria di suolo, mediante elaborazione delle V_{sh} , ai sensi del D.M. 17.01.2018.

Fermi restando gli obiettivi preposti, l'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- ⇒ valutazione della configurazione geometrica e della disposizione più consona dello stendimento,
- ⇒ acquisizione dei dati in campo,
- ⇒ elaborazione ed interpretazione dei dati.

Il principio teorico su cui si fondano le indagini sismiche “a rifrazione” è che consentono di ottenere informazioni di tipo geotecnico sul comportamento fisico-meccanico dei corpi geologici investigati, attraverso la determinazione dei relativi parametri, ed informazioni di tipo geologico sui caratteri strutturali e stratigrafici del volume indagato. Si tratta di uno dei metodi attualmente più utilizzati per l’esplorazione in profondità del sottosuolo e consiste nel creare delle onde artificiali nel terreno (energizzazione) battendo una piastra poggiata a terra con una mazza.

Sfruttano le proprietà dei terreni di farsi attraversare dalle onde sismiche a diversa velocità; questa dipende da molti fattori, quali la natura mineralogica della roccia, il grado di cementazione e di fatturazione, la porosità, il contenuto in acqua o in gas, etc..

Nel caso specifico sono stati realizzati n. 3 stendimenti di lunghezza 46 m ed allineamento di n. 24 geofoni con interdistanza geofonica 2,00 m, rispettivamente con baricentro nel punto con le seguenti coordinate:

1.	4.386.377,91" NORD	1.501.206,49" EST	Pressi V2
2.	4.387.197,60" NORD	1.502.023,84" EST	pressi V4
3.	4.387.752,41" NORD	1.502.739,74" EST	pressi V6

L’ubicazione delle prospezioni è rappresentata in FIGURA 3.1.



FIGURA 3.1 – Ubicazione delle prospezioni sismiche.

3.2.1 Principi teorici

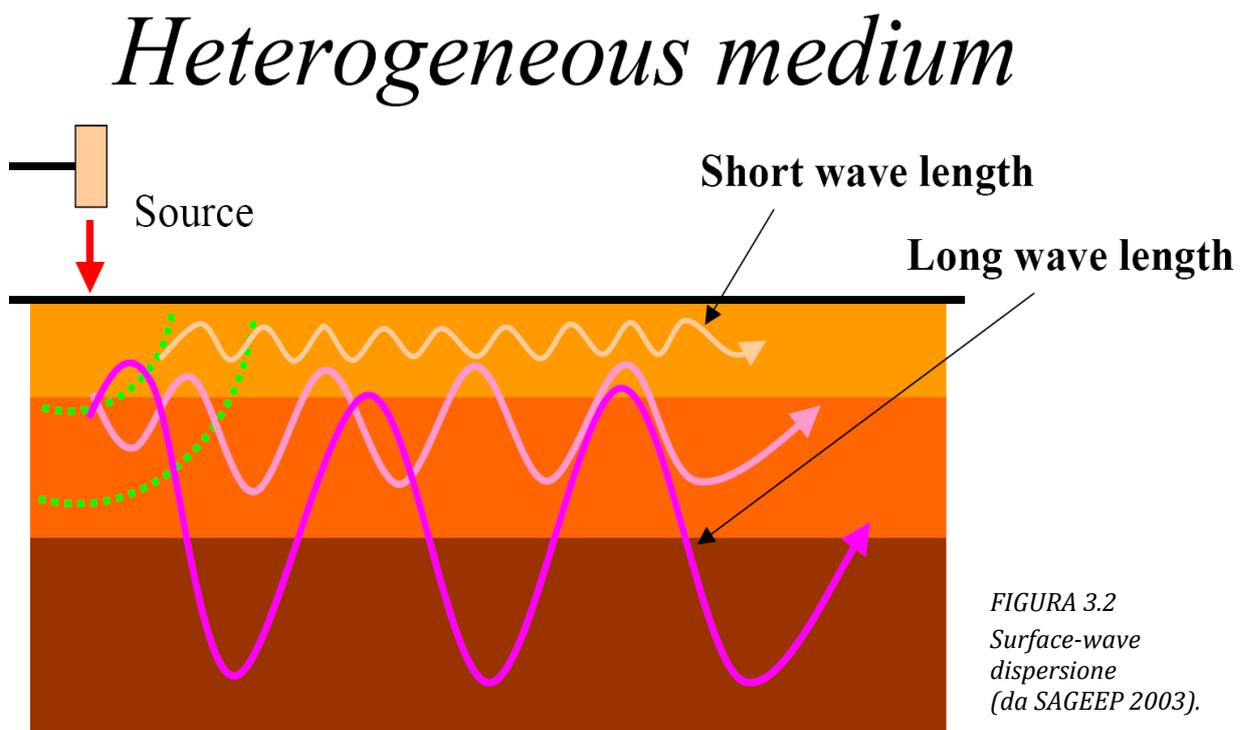
Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- | | | |
|-----|---------------|--|
| - P | Longitudinale | onda profonda di compressione |
| - S | Trasversale | onda profonda di taglio |
| - L | Love | onda di superficie, composta da onde P e S |
| - R | Rayleigh | onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado |

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (ACHENBACH J.D., 1999, AKI K. & RICHARDS P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo" (da *Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW* (Multichannel Analysis of Surface Waves - V. Roma 2006).

Dopo aver materializzato sul terreno una linea retta con la posa di una fettuccia metrica e posizionato i geofoni, si è proceduto all'energizzazione ma esternamente alla "stesa sismica", ad una certa distanza (pari ad un multiplo della distanza intergeofonica ma anche variabile in funzione delle disponibilità di cantiere), sia in andata (ovvero in prossimità del geofono 1) che al ritorno (ovvero all'ultimo geofono posizionato sulla base sismica), con distanza dal geofono 1 e dal geofono 24 crescente 2 m e 4 m e 6 m.



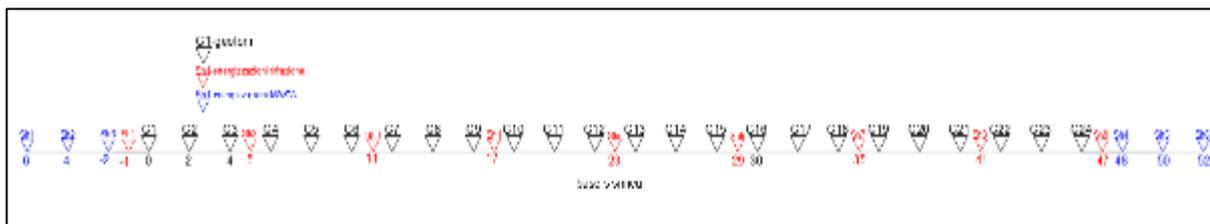


FIGURA 3.3 – Disposizione dello stendimento sismico.

Il metodo risulta efficace se la base sismica è ubicata su piano a pendenza costante e per una stratificazione piano parallela al piano topografico. La maggior profondità di caratterizzazione raggiunta è legata alla minor frequenza registrata.

La registrazione delle frequenze minori è destinata ai geofoni più lontani dalla sorgente.

3.2.2 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione del cantiere in argomento, è stata impiegato un sistema di acquisizione DoReMi, prodotto da SARA Electronic Instruments, 24 bit con frequenza di campionamento 1000 Hz per ognuno dei 24 canali registrati, ciascuno attrezzato con geofoni verticali SARA electronics con frequenza propria di 4,5 Hz.

Per l'energizzazione è stata usata una massa battente di 10 kg impattante su piastra di battuta in duralluminio, diametro 18 cm, spessore 4 cm, peso 2 kg.

3.2.3 Elaborazione dei dati

Il metodo interpretativo della MASW si compone dei seguenti passaggi di analisi dei segnali acquisiti:

- individuazione della variazione del segnale acquisito nel tempo,
- analisi di Fourier con definizione dei contenuti spettrali acquisiti nei segnali,
- stacking dello spostamento di fase con definizione delle velocità di rotazione retrograda compatibile con il campo di frequenza definita.

A posteriori dell'analisi matematica del segnale acquisito, definito un modello stratigrafico compatibile con la geologia locale, si provvede all'inversione della curva di dispersione ottenendo la sismo-stratigrafia.

3.3 SISMICA A RIFRAZIONE

In ambito di indagini indirette l'esplorazione geofisica di sismica a rifrazione risulta tra le metodologie più diffuse e meglio sperimentate: si basa sugli effetti di rifrazione del segnale sismico in corrispondenza dell'interfaccia tra un mezzo soprastante a velocità sismica minore rispetto ad uno strato sottostante al primo con velocità sismica inferiore.

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di energizzazione/sparo), in corrispondenza di una molteplicità di ricevitori (geofoni) disposti allineati sulla superficie topografica. Lo studio della propagazione delle onde consente di stimare le proprietà fisico-meccaniche dei terreni ed il grado di addensamento e/o la compattezza dei materiali da queste attraversati.

Le profondità raggiunte sono al massimo la metà della distanza compresa tra lo shot esterno e l'ultimo geofono della stesa sismica sviluppata. È comunque generalmente considerato che la profondità esplorata non superi $1/3$ dello sviluppo geometrico sopradescritto. La capacità risolutiva in termini di spessore degli strati sismici viene ad essere valutato in circa il 25% della distanza geofonica.

Di fatto lo sviluppo numerico vede la ricerca dei percorsi dei raggi sismici nello spessore sottostante la stesa sismica, individuando quei tratti a velocità uguale (o comunque contenuta in intervalli preordinati); una successiva campitura del grigliato di celle costruito al di sotto della base sismica permette una rappresentazione grafica che rende meglio leggibile le valutazioni che, per la gran mole di calcoli richiesti in fase di sviluppo del modello numerico, può essere affrontato solo mediante elaboratore elettronico.

Utilizzando la medesima strumentazione di acquisizione e conservando la medesima distribuzione dei geofoni, si è proceduto con l'elaborazione dei dati anche con metodo tomografico che permette il superamento dei limiti imposti a livello geometrico dagli strati con inversione di velocità sismica. Nel caso specifico sono state eseguite n. 9 energizzazioni (2 esterne e 7 interne).

4 MODELLO GEOLOGICO

4.1 CONTESTO GEOLOGICO DELL'AREA VASTA

L'area oggetto di studio è situata nella Sardegna meridionale, lungo il bordo orientale del *Campidano*, notoriamente identificato come una zona particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica della Sardegna e che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*. Nella sua parte meridionale tale piana tettonica si sovrappone alla più vasta fossa di età oligo-miocenica che attraversa la Sardegna in senso longitudinale unendo il *Golfo dell'Asinara* con quello di *Cagliari*.

La formazione di quest'ultima si deve a un'intensa tettonica transtensiva sviluppata durante il Terziario che ne ha provocato lo sprofondamento mediante un complesso sistema di faglie a carattere in prevalenza trascorrente impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche, che localmente ha dato origine a rigetti dell'ordine anche dei 2.000 m.

La colmata della depressione oligo-miocenica si esplica con la messa in posto di un insieme eterogeneo di rocce sedimentarie (continentali e marine) ed effusive, che localmente raggiunge lo spessore di qualche migliaio di metri. In particolare, la sequenza miocenica, piuttosto variegata nello sviluppo dei tre cicli di sedimentazione sinora distinti nella letteratura scientifica e sovrapposti o per una parte coevi all'intenso vulcanismo calcocalcalino, nel settore di interesse è composta perlopiù da una successione marnoso-arenacea del I e del II ciclo sedimentario miocenico.

Il primo ciclo sedimentario è rappresentato da una formazione tipica di ambiente marino a bassa energia costituito dalla Formazione della Marmilla [RML] ovvero alternanze marnoso-arenacee a composizione vulcanica ascrivibili all'Aquitano - Burdigaliano inferiore.

Al di sotto delle coperture mioceniche, sotto forma di modesti e isolati rilievi si ritrovano limitati affioramenti granitici appartenenti all'Unità intrusiva di Barrali [RRL] ascrivibile al Carbonifero superiore - Permiano e di metasiltiti appartenenti alla Formazione delle Arenarie di San Vito [SVI], datate Cambriano medio-Ordoviciano. Trattasi di piccoli testimoni del basamento paleozoico che affiorano decisamente a sud del settore in studio, nel territorio di Barrali.

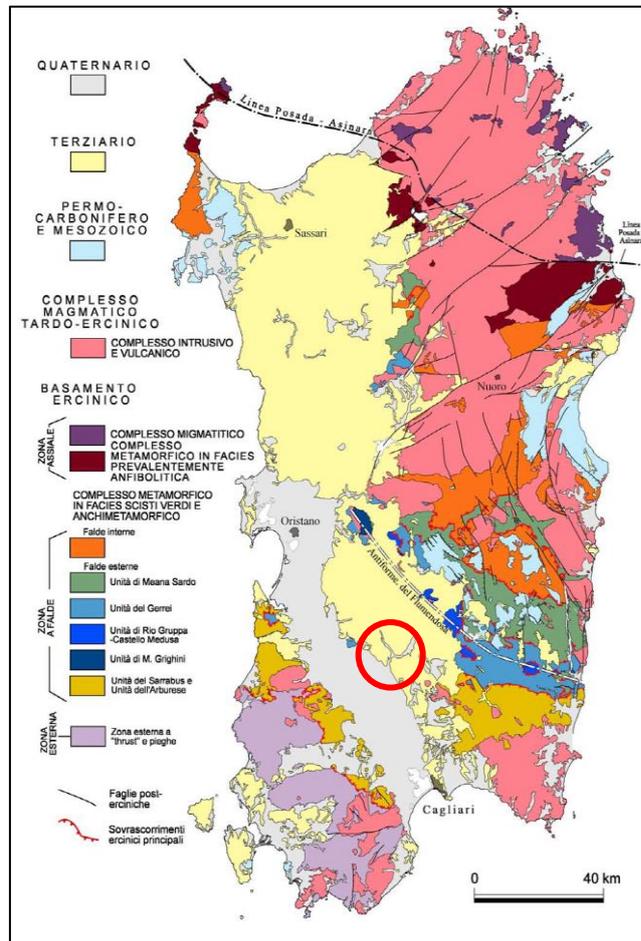


FIGURA 4.1 - Principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (estratto da "Guida all'escursione nel Basamento ercinico della Sardegna centro meridionale", a cura di A. Funedda e P. Conti, 2011).

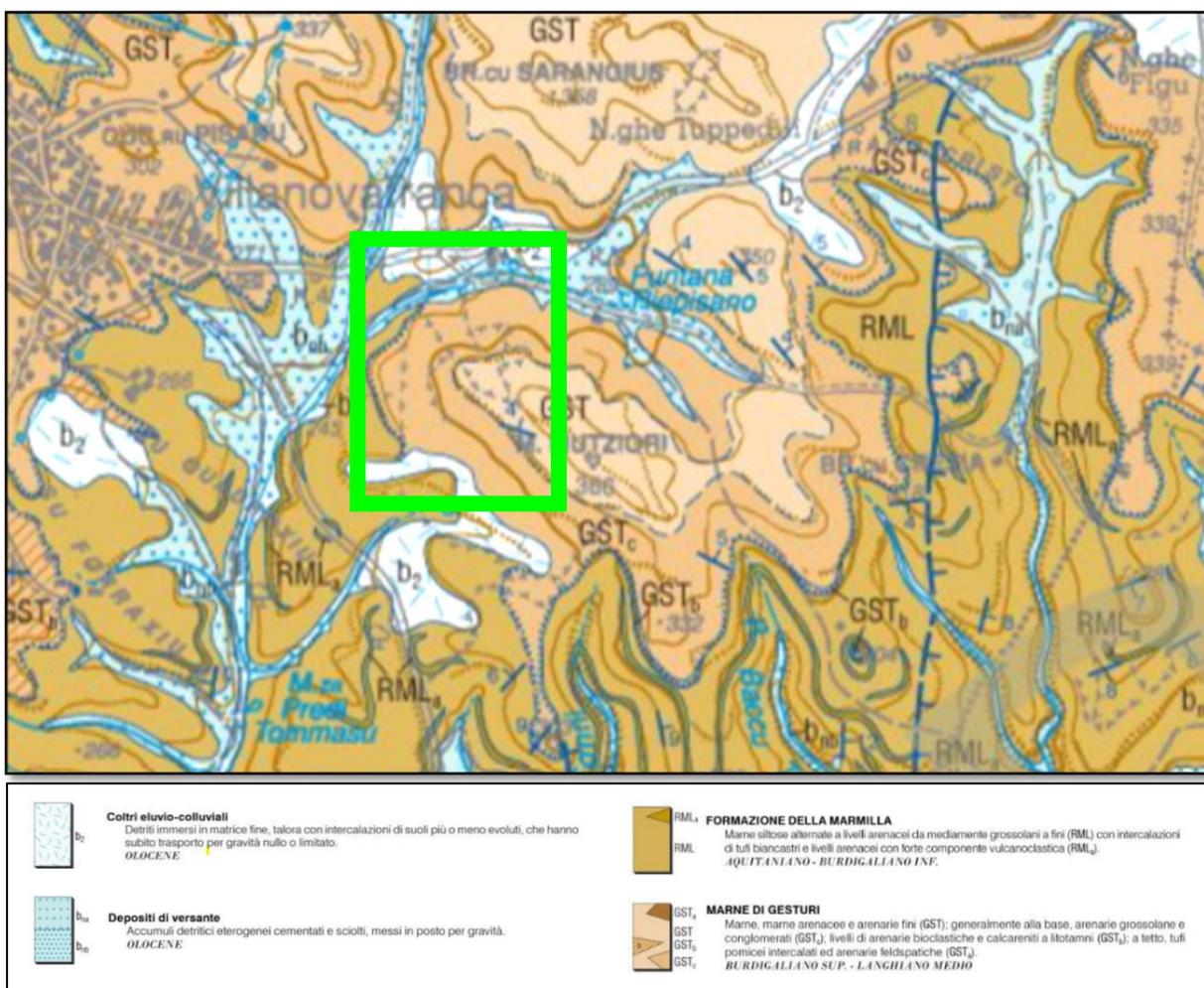
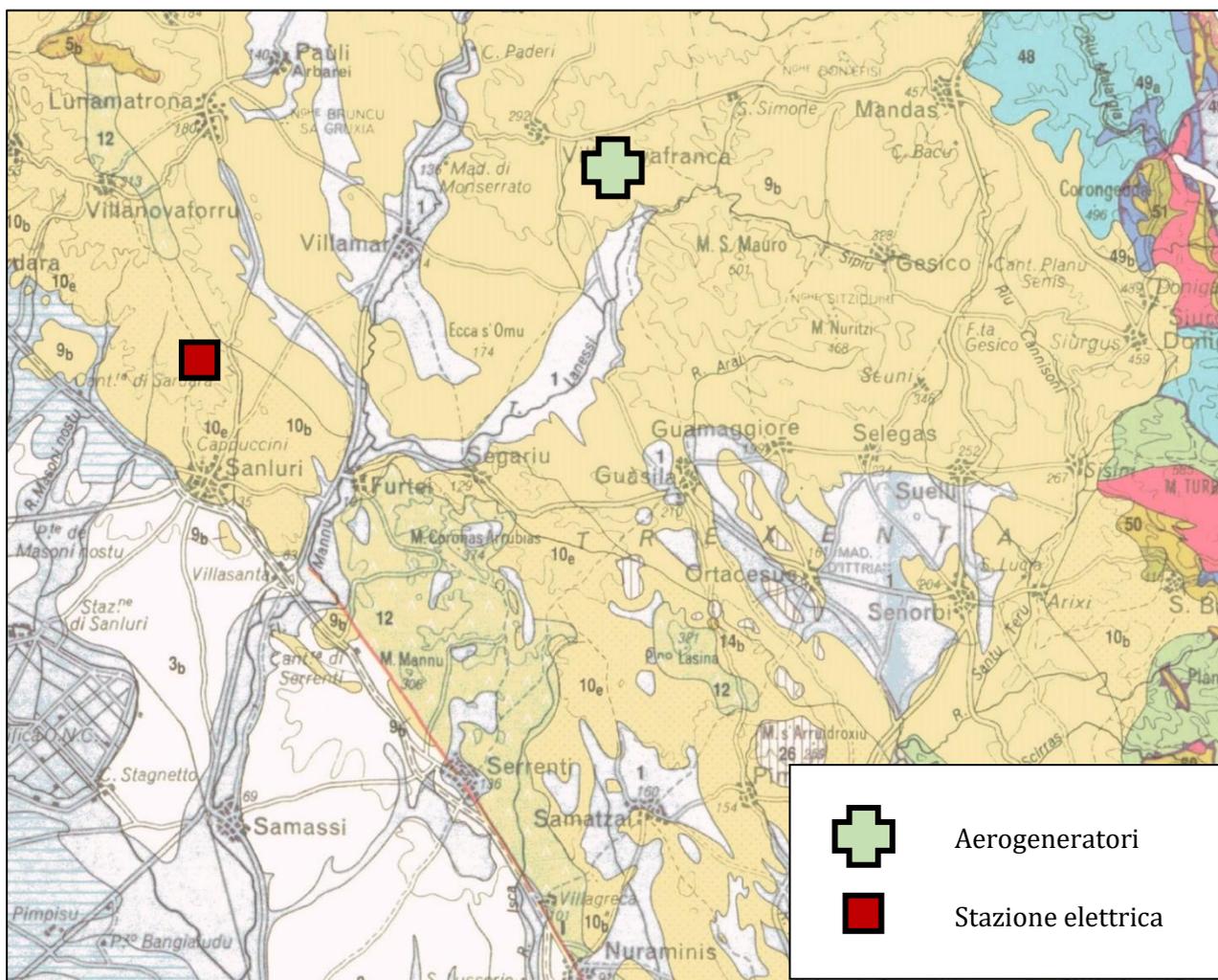


FIGURA 4.2 – Inquadramento geologico di contesto, tratta da “Carta Geologica di Italia” Progetto CARG edita dall’ISPRA in scala 1:50.000, fuori scala, modificata.

A partire dal Pliocene (5,2÷1,8 milioni anni) e sino al Quaternario antico (Pleistocene inferiore, 1,8÷0,7 milioni anni) alla strutturazione oligomiocenica, in Sardegna si sovrappongono gli effetti di una tettonica distensiva connessa con la formazione del bacino marino Tirrenico, responsabile della formazione della Fossa Campidanese compresa tra il Golfo di Cagliari e quello di Oristano. È al termine di questo evento geodinamico, dopo un’intensa fase erosiva che si suppone abbia smantellato i sedimenti marnoso-arenacei miocenici che il paesaggio assume una conformazione molto simile all’attuale: in discordanza sui termini cenozoici poggiano le coltri detritico-alluvionali quaternarie costituite sia da alluvioni continentali antiche e recenti che da detriti di versante e colluvi, ascrivibili sostanzialmente ad un intervallo compreso tra il Pleistocene e l’Olocene.

In corrispondenza dei principali rilievi miocenici si rinvengono sovente le coltri detritiche di versante e colluviali [b2] riferibili perlopiù all’Olocene e provenienti dal disfacimento dei rilievi marnoso arenacei oligo-miocenici. Lungo i corsi d’acqua dominano le successioni alluvionali prevalentemente limoso-argillose (bnc) ed in subordine ghiaioso-sabbiose [bna], di età più antica (“Alluvioni Terrazzate”) o recente-attuale (“Alluvioni Attuali”), mentre limitatamente alle aree depresse, si ritrovano i sedimenti prevalentemente argilloso-limosi di genesi palustre e lacustre.

Chiudono la successione stratigrafica i depositi antropici (ad esempio discariche per inerti).



- 1** Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali (Olocene).
- 3b** Formazione di Samassi – Conglomerati, arenarie, argille di sistema alluvionale, prevalentemente derivati dal rimaneggiamento di sedimenti miocenici (Pliocene medio superiore – Pleistocene).
- 9b** Marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitorali-epibatiali, con foraminiferi planctonici e molluschi pelagici (Burdigaliano superiore – Langhiano medio).
- 10b** F.ne di Ussana – Conglomerati poligenici e arenarie continentali con matrice argillosa rossastra; nella parte alita micro conglomerati, arenarie e siltiti, litorali; conglomerati fluviali (Oligocene superiore - Aquitaniano).
- 10e** F.ne delle Marne di Ales –Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali, fossiliferi (Oligocene superiore - Aquitaniano).
- 12** Andesiti e daciti in cupole e colate laviche (Oligocene superiore – Miocene inferiore).
- 50** Metapeliti scure e carboniose (Scisti a Graptoliti Auct.) nella parte inferiore livelli di quarziti nere (Liditi Auct.), nella parte superiore meta calcari modulari con Orthoceratidi, Crinoidi, Tentaculiti e Conodonti (Siluriano inferiore – Devoniano inferiore).
- 55** Arenarie di San Vito – Alternanze irregolari, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti (Cambriano medio - Ordoviciano inferiore).

FIGURA 4.3 – Inquadramento geologico di contesto estratto da “Carta Geologica della Sardegna” in scala 1:200.000, fuori scala curata da: Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna, modificata.

4.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Rispetto al contesto geologico e stratigrafico generale del settore, l'assetto geologico e litostratigrafico dell'area di intervento risulta molto più semplificato in quanto si limita di fatto a poche tipologie di rocce sedimentarie terziarie e di conseguenza ad ampi settori monolitologici dai caratteri abbastanza omogenei, sebbene localmente, all'interno delle stesse formazioni, si riscontrino talvolta facies più o meno intensamente alterate e disgregate, con intercalazioni di livelli più francamente litoidi e meno erodibili.

Il sito specifico si caratterizza altresì per la presenza di una diffusa coltre detritica olocenica di genesi eluvio-colluviale e alluvio-colluviale non correttamente evidenziata nella cartografia geologica ufficiale rispetto alla sua reale estensione. Accanto agli affioramenti rocciosi marnoso-arenacei e siltitici, sovente in bancate alternate da livelli tufacei, localizzati per lo più nelle aree sommitali delle colline e nei rilievi isolati, in tutto il settore sono infatti presenti diffusamente depositi detritici di pendio e di fondovalle utilizzati per attività agricole, come risulta evidente anche dall'osservazione dalle immagini satellitari.

Il grado d'alterazione di terreni, rilevato dal rilievo geologico in corrispondenza le postazioni che ospiteranno le torri eoliche, è risultato abbastanza spinto laddove i processi di pedognizzazione sono più marcati.

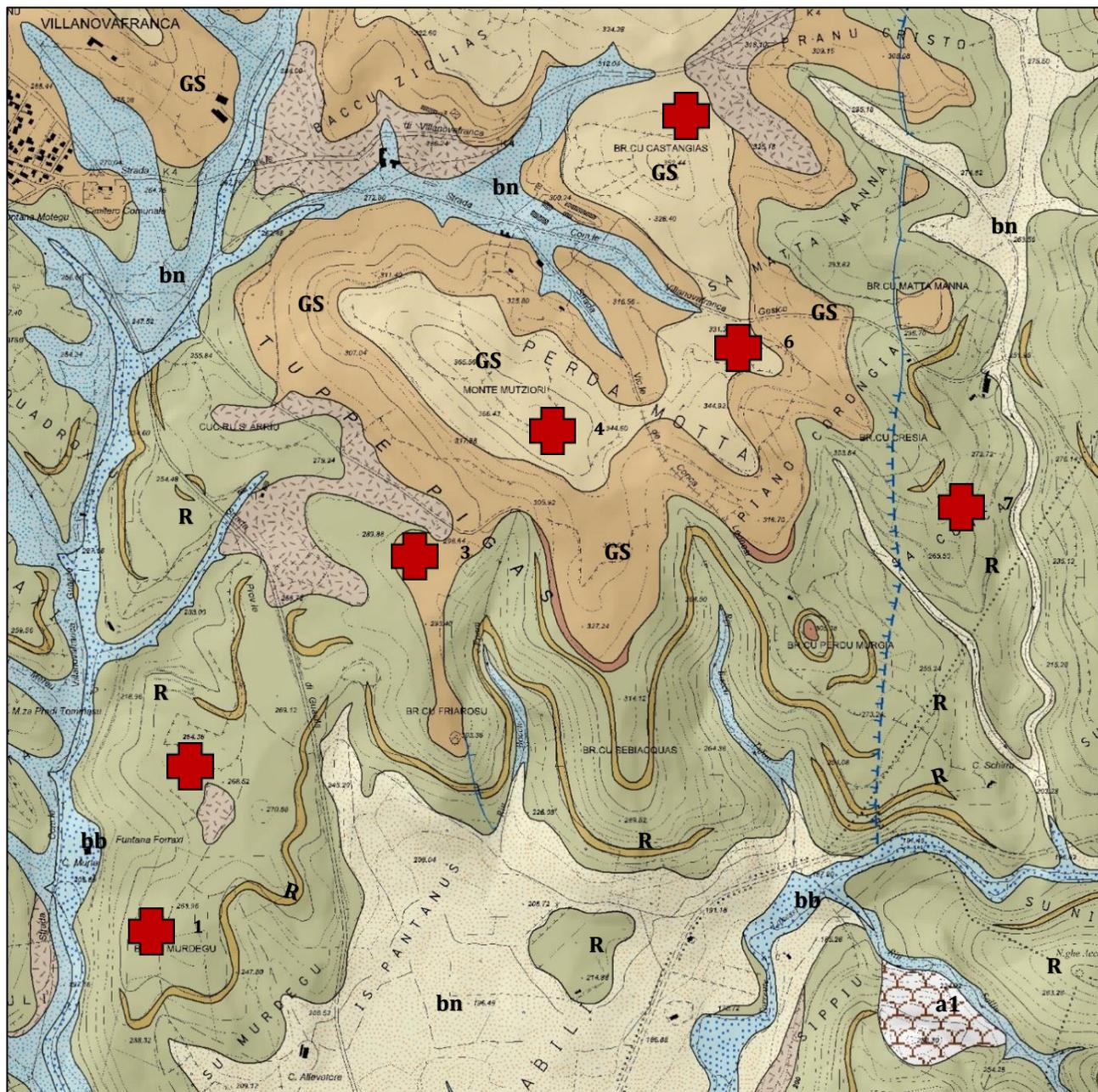
Talvolta il detrito è costituito da piccole coltri terroso-argillose con livelli grossolani, di spessore variabile, maggiore in corrispondenza degli avvallamenti con tendenza a ridursi verso gli spartiacque, e nei versanti collinari a maggiore acclività. Gli spessori e le caratteristiche geotecniche dovranno essere definitivi puntualmente attraverso idonee indagini, al fine di effettuare una corretta progettazione delle opere di fondazione degli aerogeneratori.

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia dell'ambito di intervento, a partire dalle unità litostratigrafiche più recenti con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica edita dall'APAT [Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia], integrata da ulteriori informazioni provenienti dal rilievo geologico di campagna mirato in particolare a definire la distribuzione delle coperture detritico-alluvionali quaternarie.

A partire dalle più recenti, sono state distinte le seguenti unità:

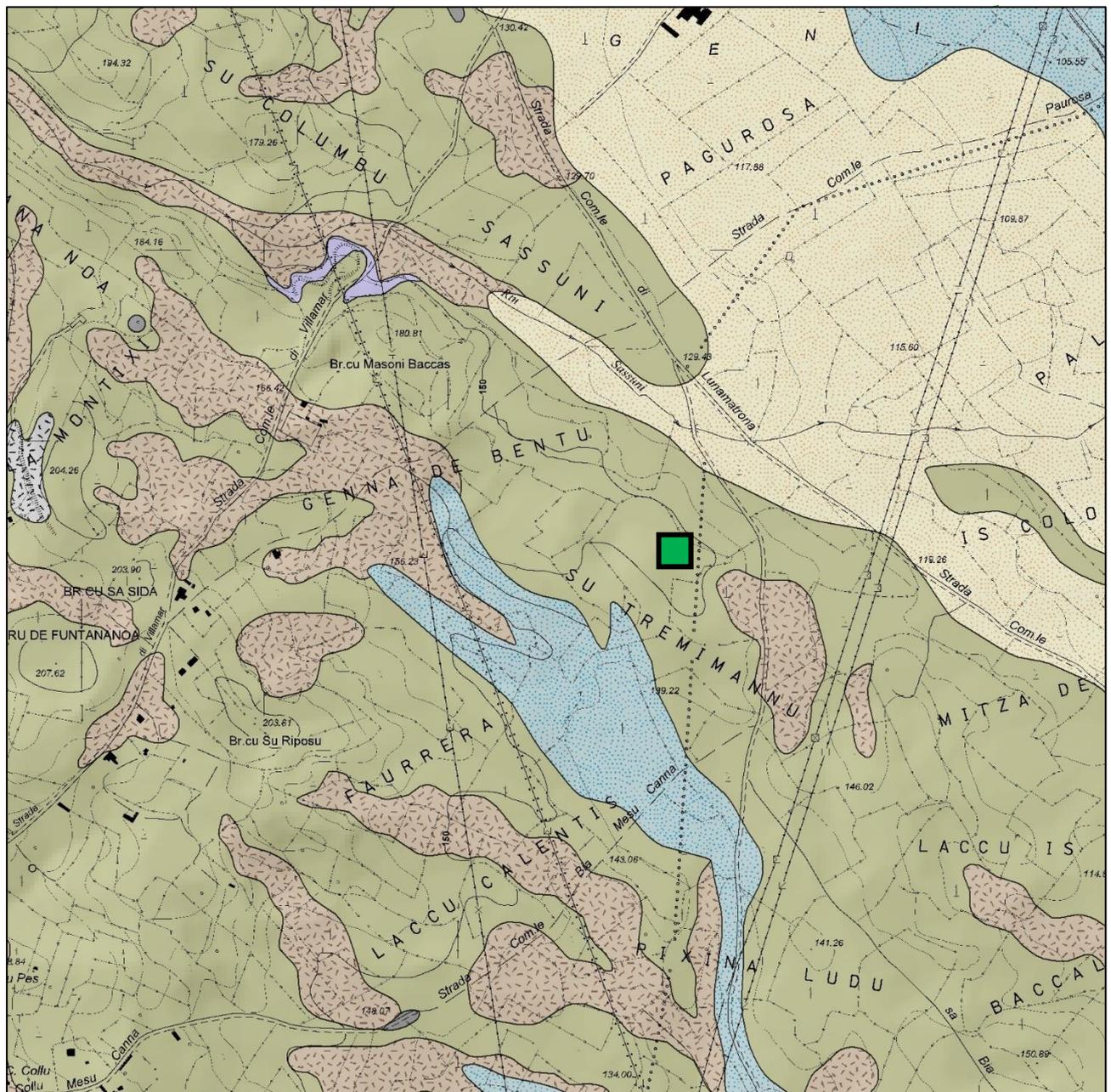
b2	Coltri eluvio-colluviali	[Olocene]
a1a	Corpi di frana antichi	[Olocene]
bb	Depositi alluvionali terrazzati	[Olocene]
bn	Depositi alluvionali terrazzati	[Olocene]
bnb	Depositi alluvionali terrazzati	[Olocene]
GST	Formazione delle Marne di Gesturi	[Burdigaliano superiore]
GSTb	Litofacies nelle Marne di Gesturi	[Burdig. sup. – Langhiano medio]
GSTc	Litofacies nelle Marne dei Gesturi	[Burdig. sup. – Langhiano medio]
RML	Formazione della Marmilla	[Aquitano – Burdigaliano inf.]
RMLa	Formazione della Marmilla	[Aquitano – Burdigaliano inf.]

per la cui distribuzione areale si rimanda alla carta geologica fuori fascicolo.



	bb	Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi ed argille [Olocene].
	b2	Coltri eluvio-colluviali costituiti da detriti immersi in matrice fine [Olocene].
	a	Depositi di versante costituiti da detriti con clasti angolosi [Olocene].
	bnc	Depositi alluvionali terrazzati costituiti da limi ed argille [Olocene].
	GSTc	Litofacies nelle Marne di Gesturi [Burdigaliano superiore].
	GST	Formazione di Gesturi costituita da marne arenacee e siltitiche [Burdigaliano superiore].
	RML	Formazione della Marmilla costituita da marne siltose [Aquitaniiano - Burdigaliano superiore].

FIGURA 4.4 – Ubicazione del parco eolico su stralcio della “CARTA GEOLOGICA D’ITALIA” a cura di: APAT - Agenzia per la protezione dell’Ambiente e per i Servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia. modificata (scala 1:10.000).



- | | | |
|---|--------------|--|
|  | bb | Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi ed argille [Olocene]. |
|  | b2 | Coltri eluvio-colluviali costituiti da detriti immersi in matrice fine [Olocene]. |
|  | a | Depositi di versante costituiti da detriti con clasti angolosi [Olocene]. |
|  | PVM2a | Litofacies nel Subsistema di Portoscuso – Sntema di Portovesme [Olocene]. |
|  | GSTc | Litofacies nelle Marne di Gesturi [Burdigaliano superiore]. |
|  | GST | Formazione di Gesturi costituita da marne arenacee e siltitiche [Burdigaliano superiore]. |
|  | RML | Formazione della Marmilla costituita da marne siltose [Aquitaniiano - Burdigaliano superiore]. |
|  | BSub | Litofacies nelle lave e piroclastiti di Bruncu su Sensu [Burdigaliano inferiore]. |

FIGURA 4.5 – Ubicazione della stazione elettrica su stralcio della “CARTA GEOLOGICA D’ITALIA” a cura di: APAT - Agenzia per la protezione dell’Ambiente e per i Servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia, modificata (scala 1:10.000).

bb - Alluvioni attuali e recenti

Sedimenti prevalentemente limo-argillosi e sabbiosi di colore bruno, talvolta con ciottoli e blocchi di rocce mioceniche, generalmente incoerenti e sciolti, legati ai corsi d'acqua attuali e quindi ancora in evoluzione.

Nell'ambito in studio tali depositi non rivestono alcuna significatività, in quanto gli aerogeneratori saranno localizzati in versanti collinari, a debita distanza da fondovalle e compluvi.

a1a -Corpi di frana antichi

Sono costituiti da estesi accumuli gravitativi che non presentano indizi di attività recente. Affiorano diffusamente ai bordi dei rilievi tabulari, in corpi di estensione molto variabile. Tali depositi presentano la base della corona ricoperta da spessori anche non trascurabili di depositi detritici e colluviali vegetati e spessori considerevoli e omogenei di suoli.

Tali depositi affiorano in un'area immediatamente a sud del parco eolico in progetto, in località *Sippiu* e in prossimità dell'alveo del *Riu Salliu*, affluente del *Torrente Lanessi*.

Lo spessore di questi accumuli è molto variabile, ma di rado supera i 15 m.

Nell'ambito in studio tali depositi non rivestono alcuna significatività.

b2 - Depositi eluvio-colluviali

Si rinvencono perlopiù in corrispondenza di paleo-depressioni e sui fondovalle attuali e sono rappresentati da terre a granulometria prevalentemente limo-argillosa o argillosa con moderata frazione sabbiosa, come prodotto di alterazione dei terreni marnosi in situ e/o accumulo di questi ultimi in ambiente continentale/acquitinoso. A luoghi sono costituiti da frazioni più grossolane (sabbie con sporadici clasti o blocchi) derivanti dal rimaneggiamento dei termini arenacei miocenici.

Si riconoscono facilmente lungo le recenti arature poiché dal tipico colore marroncino in contrapposizione alle sfumature biancastre visibili nelle zone dove risulta affiorante o subaffiorante la roccia arenaceo-marnosa.

Lo spessore stimato è dell'ordine di qualche metro nel fondovalle, ma nei versanti può raggiungere anche il metro.

bn - Alluvioni terrazzate

Depositi a granulometria variabile ma per lo più ghiaioso-ciottolose [**bn**], eterometriche e poligeniche con elementi derivanti dallo smantellamento dei rilievi paleozoici del Gerrei (scisti, quarziti, etc.), più rari clasti di rocce mioceniche (arenarie, marne, calcari) e spesso ricche in concrezioni carbonatiche. L'addensamento è solitamente elevato, talora con una leggera cementazione da ossidi e idrossidi di ferro e manganese nonché da carbonati di ricircolazione secondaria.

Lo spessore è in genere pluridecimetrico, con locali eteropie verticali e laterali conseguenti alle variazioni del regime idrico dei corsi d'acqua, dando luogo a lenti e lingue di materiali a granulometria più fine (limi e argille) o a sacche conglomeratiche.

Nell'ambito in studio tali depositi non rivestono alcuna significatività.

GST - Formazione della Marne di Gesturi

È costituita da marne arenacee e siltitiche ben stratificate, di colore da colore grigio e giallastro, con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittologici e frustoli vegetali [**GST**]

La sequenza, in discordanza sui depositi del primo ciclo sedimentario miocenico, esordisce con un'arenaria microconglomeratica [**GSTc**] e prosegue con depositi arenacei grossolani di ambiente marino disposti in bancate suborizzontali poco inclinate, massimo 4÷5°.

L'ambiente di sedimentazione è rappresentato da condizioni batiali-epibatiali per quasi tutta la successione con limitati apporti di materiali detritici. Detta litofacies – che testimonia un evento di tipo torbido depositatosi in un bacino ampio e profondo – poggia in discordanza o talvolta in contatto tettonico con la Formazione della Marmilla.

Talora entro la sequenza sono interposti livelli di calcareniti a litotamni [**GSTb**], che affiorano diffusamente a Sud Ovest del centro abitato di Villanovafranca e non interessano il sito di intervento, mentre a tetto si ritrovano tufi pomicei associati ad arenarie feldspatiche molto grossolane [**GSTa**] giallo-rossastre per alterazione superficiale, anch'essi poco rappresentati nell'area di intervento.

Sui litotipi appartenenti alla Formazione appena descritta sono impostati gli aerogeneratori V3 [**GSTc**], V4, V5 e V6 [**GST**].

RML - Formazione della Marmilla

È costituita da alternanze marnoso-arenacee [**RML**], siltiti arenacee ad arenarie marnose e siltitiche di colore giallognolo ad elevata componente vulcanica e con talvolta intercalazioni di tufi biancastri [**RMLa**], talora torbido, ricche in foraminiferi ed in organismi planctonici, riconducibili ad un ambiente marino distale.

Detta unità alterna livelli a prevalente composizione marnosa, quindi meno competenti e più facilmente erodibili, ad altri fortemente arenacei e molto più competenti, talora grossolani e compatti di colore dal giallognolo al grigiastro.

Gli spessori sono considerevoli anche dell'ordine di 200 m, come direttamente rilevato in sondaggi per ricerche idriche eseguite in territorio di Selegas⁽¹⁾.

La giacitura è perlopiù suborizzontale o leggermente inclinata, mediamente dell'ordine di 5-10° e solo localmente 13-15°. Si presenta molto alterata e detensionata per effetto dell'esposizione agli agenti atmosferici e mostra una evidente fissilità nei termini siltitici e fratturazione pseudoconcoide ("marne a saponetta") nei termini a maggiore composizione argillosa.

Su tale litotipo sono impostati gli aerogeneratori V1, V2 e V7.

4.3 STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

4.3.1 Aerogeneratori

L'assetto geologico e litostratigrafico dei siti designati per gli aerogeneratori è sostanzialmente omogeneo, in quanto si limita di fatto a poche tipologie di terreni che rappresentano il substrato su cui poggia buona parte della locale viabilità di penetrazione agraria ed interpoderale e sulla quale andranno posti i cavidotti e le fondazioni degli aerogeneratori.

Sulla base delle ricostruzioni eseguite durante i sopralluoghi e dei lavori effettuati dagli scriventi in aree limitrofe con analoghe caratteristiche geologiche e geotecniche, si evince la diffusa presenza del basamento marnoso-argilloso di colore beige giallognolo, da alterato nella parte sommitale fino a litoide in profondità, sormontato da una coltre terrigena costituita da suoli e depositi colluviali limo-argillosi.

⁽¹⁾ Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Foglio n. 548 Senorbì

Schematicamente, la sequenza stratigrafica può essere ricondotta alla sovrapposizione dei seguenti strati a partire dal più recente:

A	Suoli e terre nere	[Attuale]
B	Argille limose grigio-brunastre	[Olocene]
C	Colluvio limo-argilloso	[Olocene]
D	Basamento marnoso-arenaceo da alterato a litoide	[Miocene inferiore]

A - Suoli e terre nere

Spessore min 0,20 m

Spessore max 0,50 m

Terre più o meno rimaneggiate dalle pratiche agricole, di colore variabile dal marroncino al nerastro.

Trattasi di materiali perlopiù argillosi, poco o moderatamente consistenti, riconducibili a prodotti di colmata di zone depresse in condizioni di ristagno idrico.

A luoghi si rinvencono concentrazioni di clasti di arenaria, poco elaborati.

B - Argille limose grigio-brunastre

Spessore min 0,30 m

Spessore max 2,50 m

Argille limose di colore grigio-brunastro, plastiche, poco consistenti e localmente presenti in coincidenza delle aree depresse o di pedimonte, in lingue o lenti senza soluzione di continuità.

C - Colluvio limo-argilloso

Spessore min 1,50 m

Spessore max 2,50 m

Colluvio argilloso-carbonatico di colore beige-avana, con noduli carbonatici, asciutto, consistente per effetto della temporanea essiccazione.

Come per lo strato precedente, il rinvenimento di questo deposito è localizzato

D - Basamento marnoso-arenaceo

Spessore pluridecamentrico

Marne siltose ed arenacee di colore beige-giallognolo, ossidate, da molto alterate a litoidi, complessivamente tenere.

In genere si presentano alterate fino ad almeno 3.00 m di profondità, localmente ridotte alla stregua di un'argilla a scaglie consistenti con patine di ossidazione nella porzione sommitale.

In aggiunta a quanto sopra riportato, per maggiore chiarezza e dettaglio, è stata elaborata, per ciascun aerogeneratore una scheda descrittiva delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di sedime, che riporta anche l'esatta ubicazione dell'intervento e l'insieme di tutte le informazioni tecniche utili per una corretta progettazione del singolo intervento.

4.3.2 *Stazione elettrica*

Riscontri estrapolati da indagini eseguite nelle immediate vicinanze per altre iniziative edilizie, documentano la presenza, al di sotto di una copertura terrigena poco più che metrica costituita da colluvi argillosi e più o meno rimaneggiati dalle pratiche agrarie, del basamento miocenico marnoso-arenaceo.

Il basamento antico soggiace, ascrivibile alla Formazione della Marmilla [RLM], intorno al metro di profondità: si presenta alterato e decompresso in sommità e poi via via lapideo ed indeformabile, preceduto da una copertura terrigena argillosa e più o meno rimaneggiata dalle pratiche agrarie.

4.3.3 *Cavidotto interrato*

Poiché nella gran parte del tracciato, il cavidotto correrà a latere della viabilità interpodereale locale, interferirà con gli stessi materiali costituenti il sottofondo stradale o con i sedimenti argilloso-limosi di origine eluvio-colluviale. Quest'ultima eventualità è ancor più verosimile quando il tracciato si distacca dalle strade interpoderali e negli ultimi 200 m fino alla stazione elettrica in progetto.

Per le esigue profondità di scavo si esclude un'interazione con il basamento litificato miocenico.

Come accennato in premessa, la stesura del presente elaborato si è avvalsa di una base informativa e cognitiva diretta, confortata da descrizioni diverse e da dati in possesso degli scriventi: seppur relativi a lavori di differente natura ed in assenza di test geognostici diretti, hanno consentito una modellazione geologica confacente alla fase progettuale in essere ed una caratterizzazione indicativa geotecnica dei terreni interagenti con le opere in programma.

Per tale motivo quindi, si ribadisce la necessità di indagini per la determinazione del reale spessore dei depositi sopra descritti e delle relative caratteristiche geotecniche.

4.4 **ASSETTO IDROGEOLOGICO**

4.4.1 *Permeabilità dei terreni*

L'assetto idrogeologico locale è condizionato dal basamento marnoso siltoso-argilloso pressoché impermeabile a grande scala a meno di particolari condizioni di elevata fratturazione o variazioni stratigrafiche con presenza di lenti arenaceo-sabbiosi e/o di bancate detritico-carbonatiche, entro le quali potrebbe instaurarsi una circolazione idrica profonda.

Le coperture superficiali, di natura colluviale-alluvionale, risultano contraddistinte da porosità e permeabilità di fatto poco favorevoli a consentire un'infiltrazione efficace degna di nota e pertanto la formazione di una falda freatica superficiale: ciò in ragione della spiccata composizione argillosa e del ridotto spessore della stessa coltre, in genere non superiore a 2 m. Questa constatazione, insieme alla presenza di uno sviluppato sistema di irrigazione facente parte della rete consortile irrigua che fa capo al Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale e che serve gli abitati limitrofi di Guasila, Guamaggiore e Villamar, è la ragione della quasi totale assenza di pozzi superficiali.

Alle unità litologiche precedentemente distinte possono associarsi le seguenti classi di permeabilità.

Medio-alta

Vi rientrano i depositi alluvionali attuali e recenti [b], spesso sciolti ed incoerenti, in particolare per le frazioni sabbioso-ghiaiose la cui permeabilità alta per porosità diminuisce fino a medio-bassa nelle facies limoso-argillose.

Medio-bassa

Appartengono a questa classe i depositi olocenici terrazzati [bn], la cui permeabilità è funzione del tenore di argilla e del grado di ferrettizzazione e cementazione. Vi rientrano le coltri eluvio-colluviali [b2] le quali, derivando dal rimaneggiamento di terreni marnosi, presentano complessivamente permeabilità bassa per porosità, localmente media laddove prevale la componente sabbiosa.

Da molto bassa a bassa

Comprendono le successioni marnose della Marmilla [RML] e di Gesturi [GST] caratterizzate nell'insieme da una permeabilità molto bassa o nulla, localmente medio-alta per fessurazione in corrispondenza delle bancate arenacee fratturate, le quali però a scarsa della ridotta potenza (circa 1÷5 m) e della mancanza di apporti idrici dagli affioramenti della formazione in cui sono immerse, non costituiscono un acquifero molto produttivo.

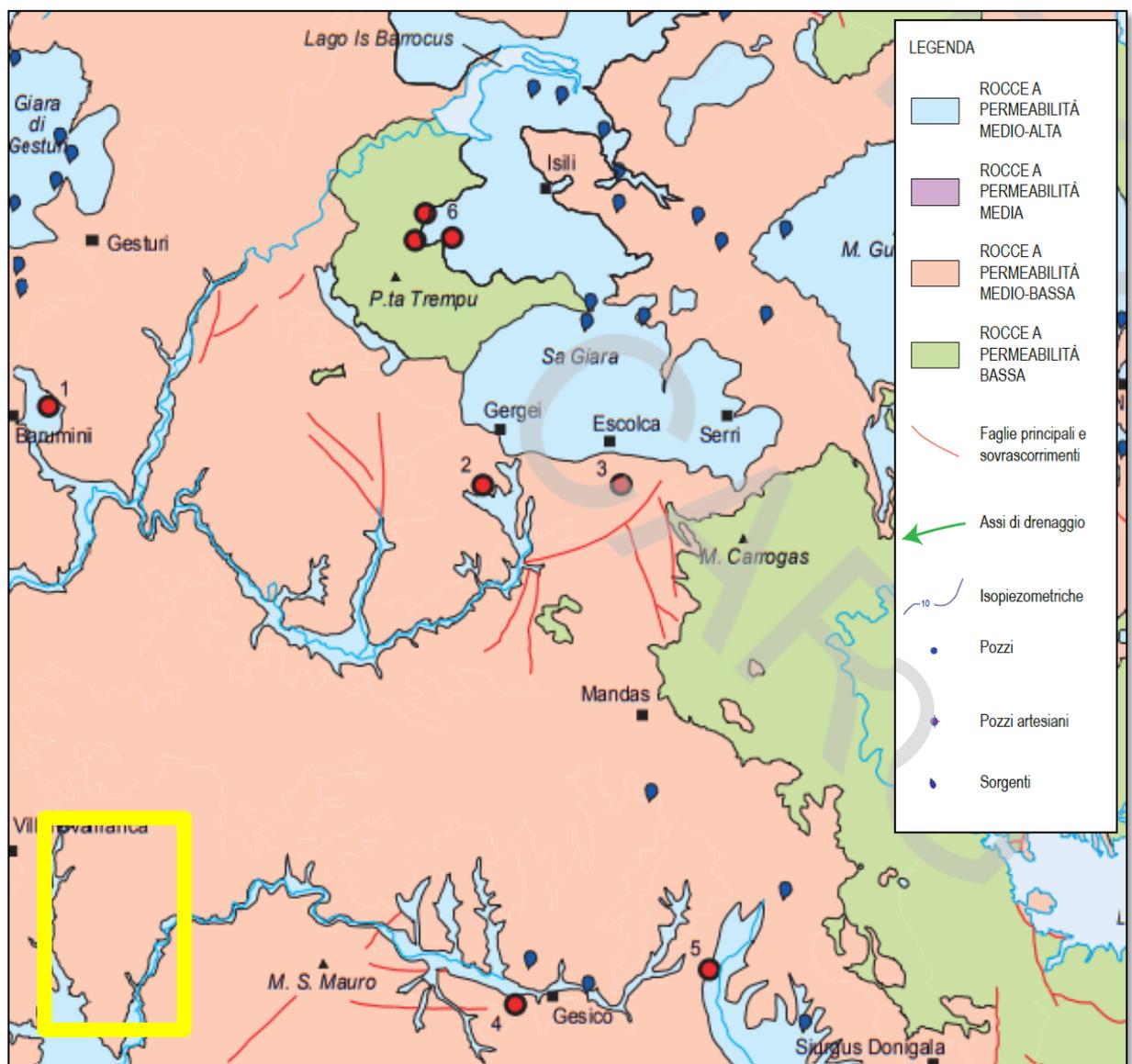


FIGURA 4.6 – Stralcio schema idrogeologico del Foglio 540 "Mandas" – Fonte Progetto CARG.

4.4.2 Modello idrogeologico locale

Come si evince dallo schema idrogeologico per il Foglio 540 Mandas nel progetto CARG⁽²⁾ di cui uno stralcio è riportato in **FIGURA 4.6**, vi è una certa omogeneità nelle caratteristiche dei litotipi interessati dal progetto, ma non è possibile, allo stato attuale, ricavare uno schema preciso e attendibile della circolazione sotterranea locale, poiché non si dispongono dati sull'andamento delle isofreatiche e neppure su perforazioni e portate dei livelli idrici superficiali e profondi. I pozzi esistenti, infatti, sono pochi e mal distribuiti e soprattutto a distanza rilevante dall'area in studio.

Gli unici dati che possono fornire qualche informazione sono quelli relativi ad una perforazione localizzata a Sud dell'abitato di Gesico, a circa 8 km dall'area in studio, che ha intercettato una falda in pressione alla profondità di 140 m, ospitata in un livello calcareo-arenaceo, con una portata di 1,5 l/sec⁽³⁾.

A causa delle caratteristiche geologiche, ma soprattutto morfologiche e strutturali, l'assetto idrogeologico dell'area si presenta alquanto complesso. Gli acquiferi, prevalentemente fessurati, pur essendo dotati in qualche caso di buona potenzialità, non hanno in genere continuità areale, in quanto frazionati da limiti tettonici e morfologici. Le falde freatiche, diffuse soprattutto nei fondovalle e nelle zone pianeggianti in terreni terziari, hanno scarsa rilevanza, mentre di maggiore interesse sono gli acquiferi profondi delle formazioni marnoso-arenacee.

Dall'analisi della cartografia idrogeologica si evince infatti che, nel settore di intervento, la circolazione idrica sotterranea è strettamente vincolata dalla presenza di un substrato poco o nulla permeabile costituito dalle marne arenacee di Gesturi e dalle marne argillose della F.ne della Marmilla. Quest'ultima non consente l'infiltrazione e la circolazione delle acque nel sottosuolo se non in corrispondenza di variazioni stratigrafiche con presenza di intercalazione sabbioso-arenacee o fratture e giunti all'interno della facies litoide. Neanche la copertura argilloso-limosa, per la granulometria molto fine e per il ridotto spessore, costituisce un acquifero di rilievo, ma localmente è interessato da una debole umidità al contatto con il sottostante basamento impermeabile.

Non è escluso che in concomitanza delle precipitazioni possano instaurarsi condizioni di locale saturazione dei terreni sommitali e ristagni idrici.

4.5 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il parco eolico in progetto s'inserisce in un ambito prevalentemente collinare (Figura 2.4) impostato sulle rocce marnoso-arenacee del I e II ciclo sedimentario del Miocene inferiore e medio, sormontate da terre alluvio-colluviali oloceniche più o meno pedogenizzate. Le quote assolute variano tra 230÷330 m s.l.m. e le pendenze medie sono dell'ordine di 10÷20°.

Strutture collinari isolate in corrispondenza dei substrati impostati su rocce arenacee litoidi e meno erodibili si alternano ad altre allungate laddove prevalgono le litologie marnoso-siltose. Tale diversità morfologica è da ricondurre all'erosione differenziale a cui sono soggette le rocce marnoso-arenacee mioceniche che mostrano una diversa risposta ai processi erosivi: le rocce arenacee [litofacies nelle Marne di Gesturi – **GSTa**], più resistenti e più dure e pertanto più difficilmente erodibili, rimangono in rilievo e danno origine a forme più sporgenti e appuntite, al contrario le litologie marnoso-siltitiche, molto tenere e meno resistenti, vengono facilmente spianate e agevolmente modellate dagli agenti atmosferici, dando luogo a forme molto arrotondate ed allungate.

⁽²⁾ Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Servizio Geologico d'Italia

⁽³⁾ Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Foglio n. 540 "Mandas"



FOTO 4.2 – Alternanze di livelli marnosi e livelli arenacei lungo la S.P.42.



FOTO 4.1 – Alternanze di livelli marnosi e livelli arenacei lungo la S.P.42.



FIGURA 4.7 – Ambito morfologico al contorno del parco eolico (rapporto lunghezze altezze 1:3).

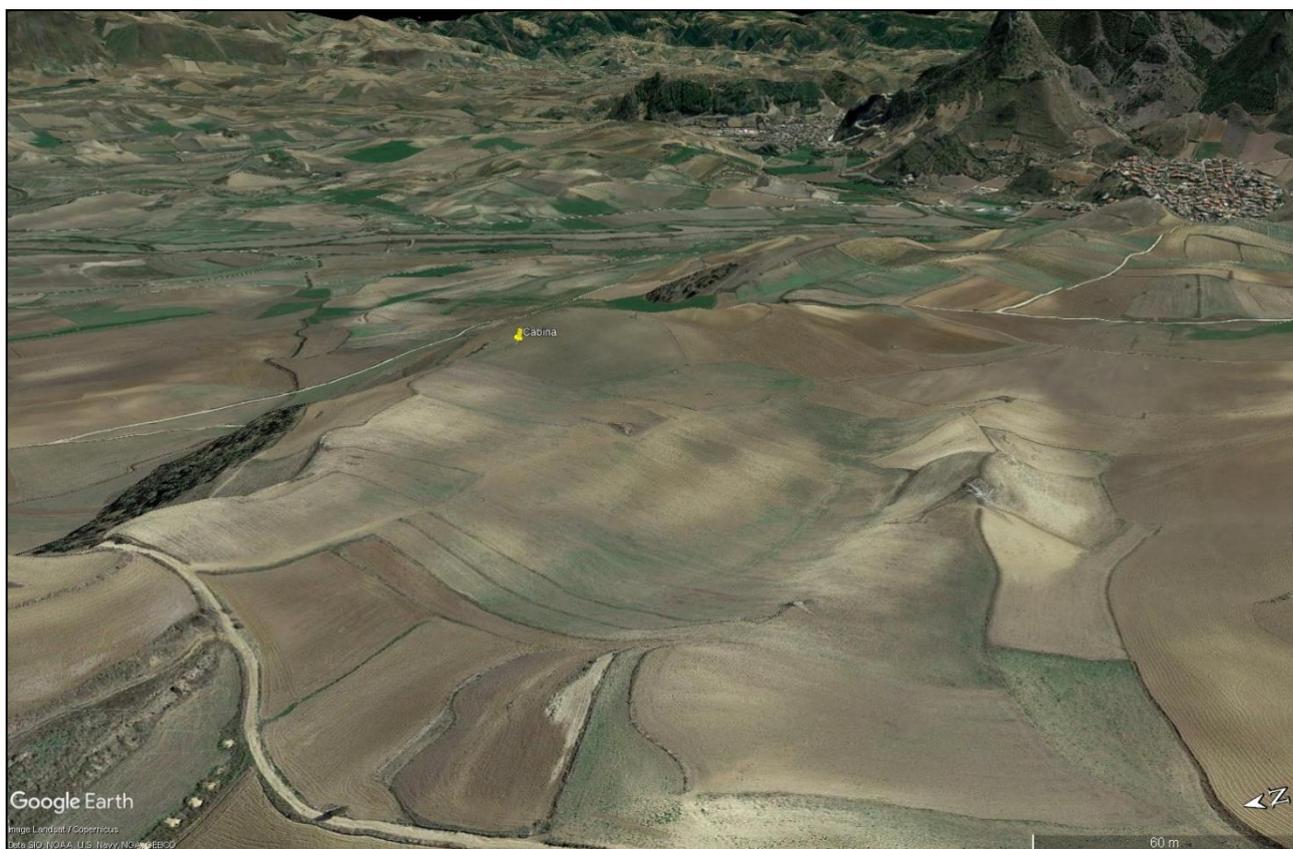


FIGURA 4.8 – Ambito morfologico al contorno della stazione elettrica (rapporto lunghezze altezze 1:3).

Queste forme si riscontrano anche nei rilievi impostati nelle litologie ascrivibili alla Formazione della Marmilla [RML], costituita anch'essa da alternanze di litotipi più francamente litoidi e meno erodibili, quali i livelli arenacei grossolani e fini e quelli maggiormente erodibili quali quelli marnosi e tufacei.

I risultati dell'erosione differenziale sono infatti ben visibili anche nel settore sud dell'area in studio, nelle scarpate stradali lungo la S.P.42 ed in particolare al contatto tra le marne siltose alternate a livelli arenacei da grossolani a fini della Formazione della Marmilla [RML] e le bancate suborizzontali costituite da intercalazioni di tufi biancastri, più teneri ed erodibili e livelli arenacei a componente vulcanoclastica [RMLa].

Il contatto fra i differenti litotipi è spesso marcato da una fascia di blocchi rocciosi, accumulatisi per effetto di fenomeni per crollo e rotolamento, a causa del rapido arretramento per erosione al piede del sottostante basamento marnoso-tenero e consecutiva caduta e/o rotolamento per mancato sostegno.

In nessun caso sono state ravvisate potenziali criticità a danno dei siti di imposta delle torri eoliche.

L'assetto geologico, ma soprattutto morfologico sopra descritto infatti, a parte limitate e circoscritte situazioni di potenziale dissesto, che non interessano in alcun modo i siti di imposta degli aerogeneratori, determina ottimali condizioni di stabilità gravitativa dei luoghi.

Infatti, in virtù della morfologia collinare, con debolissime variazioni delle pendenze dei singoli siti coinvolti, non si prevedono particolari problemi di stabilità in fase di realizzazione degli sbancamenti sia per la posa delle opere fondali sia per la realizzazione della nuova viabilità.

Sulla base della conformazione topografica dei luoghi e delle attuali conoscenze non si prevede infatti alcuna interazione tra gli aerogeneratori e le dinamiche morfologiche e idrauliche al contorno.

I siti di imposta dei manufatti in progetto, infatti, sono stati individuati in corrispondenza di aree pressochè pianeggianti o su pendii con modestissime pendenze. Per tale motivo non si prevedono problemi di stabilità in fase di realizzazione degli sbancamenti sia per la posa delle opere fondali sia per la realizzazione della nuova viabilità, se non quelli strettamente legati alle altezze dei fronti e alle caratteristiche litotecniche locali dell'ammasso per la cui definizione si dimanda alla esecuzione della specifica campagna di indagine.

Per i dettagli sull'assetto morfologico su ciascuna torre eolica si rimanda alle schede in appendice.

Il sito che ospiterà la stazione elettrica, distante in linea d'aria circa 15 km ad ovest del parco, ricade in un modestissimo sistema collinare (q.a. 155 m) allungato NW-SE (FIGURA 4.8).

4.6 ASSETTO IDROGRAFICO

Il sistema idrografico locale è poco sviluppato, in relazione alla scarsa permeabilità delle rocce affioranti e al ridotto spessore di coperture detritico-alluvionali. Consta di rii a carattere stagionale e regime torrentizio che nascono dalle sommità delle colline mioceniche, e proprio in considerazione proprio della scarsa permeabilità del sottosuolo, drenano molto velocemente gli apporti idrici verso i più rilevanti affluenti di II ordine che confluiscono verso la piana del Campidano.

Nel dettaglio, l'area di indagine è compresa nel bacino idrografico del *Rio Flumini Mannu*, che nasce nel Tacco di Laconi ed è confinante, ad Est, con il bacino del *Flumendosa*.

Più precisamente, il sito di intervento è localizzato nel sottobacino del *Torrente Lanessi* che, nella bassa Marmilla, costituisce uno dei maggiori affluenti di sinistra idrografica del *Rio Flumini Mannu*.

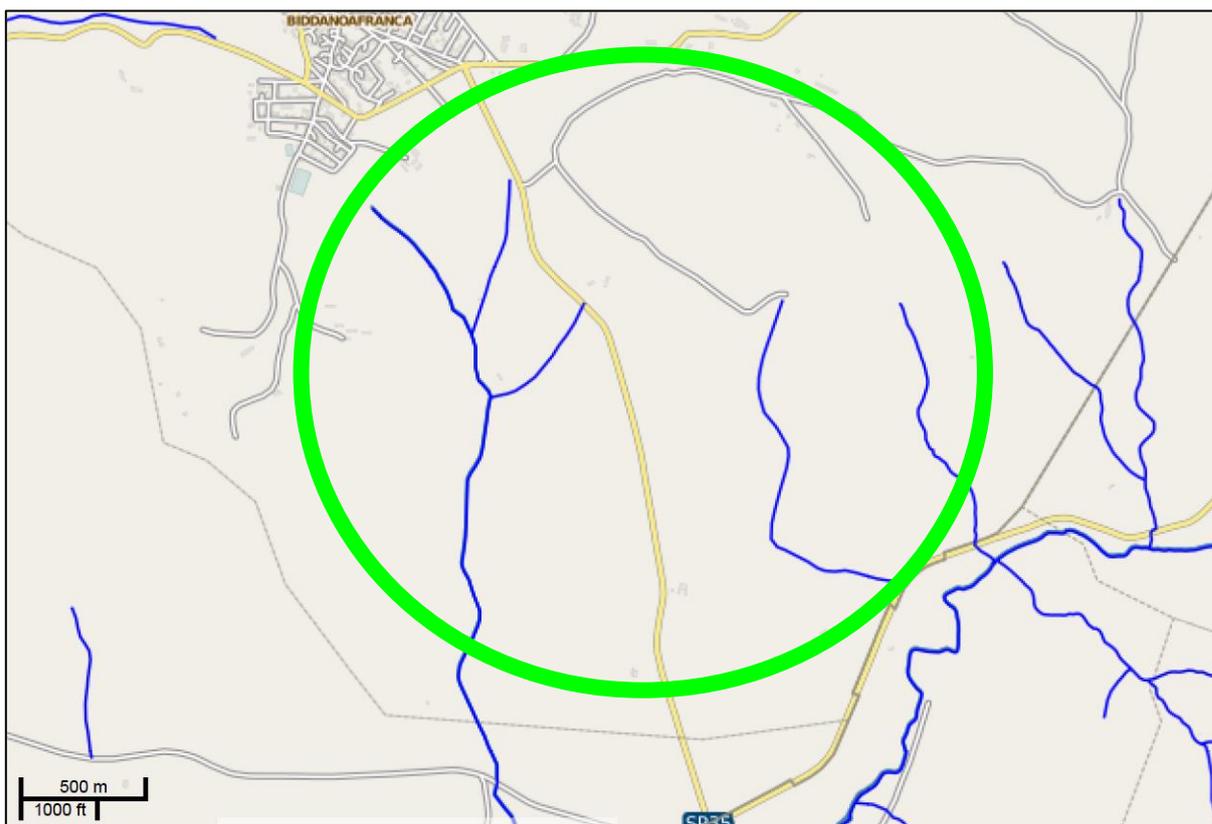


FIGURA 4.9 – Assetto idrografico locale (immagine estratta da Geoportale della Sardegna).

I corsi d'acqua principali che delimitano la vasta area collinare nella quale verranno realizzati i manufatti sono rappresentati, a Nord-Ovest, dal *Rio Sa Canna* che, con un corso ad andamento circa Nord-Sud, confluisce *Rio Lanessi*. Nel medesimo afferiscono, con un alveo orientato in direzione Nord-Sud, anche il *Rio Bacco Tufau* e il *Rio Canniga*, che poco più a valle prende il nome di *Riu Sippiu* e il cui alveo è localizzato immediatamente ad Est del sito di intervento, in prossimità dell'area di sedime dell'aerogeneratore denominato V7.

Non si segnalano interazioni dirette delle acque superficiali con i siti designati per le torri eoliche, che sono stati individuati e localizzati in aree a quota maggiore, evitando i fondovalle e quindi i terreni di sedime di natura alluvionale, antica e attuale.

Fatto salvo questo assetto al contorno, gli areali di intervento (siti di posa degli aerogeneratori e nuova viabilità di collegamento) risultano posizionati quasi sempre nella parte più elevata rispetto alle testate delle vallecole secondarie o in posizione marginale rispetto agli assi di drenaggio, escludendo qualsivoglia interferenza con la locale rete di scorrimento delle acque ruscellanti.

4.7 USO DEL SUOLO

La conformazione morfologica del settore di intervento che – nonostante le quote collinari vede estese superfici sub pianeggianti o in debole pendenza – ha favorito un significativo utilizzo agricolo delle terre che ha sacrificato la copertura vegetazionale originaria: infatti, pur essendo ancora presenti limitati areali nei quali il bosco viene preservato (ad esempio nei versanti delle valli molto incise) e vi siano vaste aree a macchia mediterranea in evoluzione, per il resto le attività umane hanno segnato significativamente l'uso del suolo ai fini soprattutto agropastorali.

Su questi suoli vengono attualmente realizzate, con l'ausilio di mezzi agricoli erbai e più raramente vigneti e uliveti, nella speranza di favorire l'utilizzo pascolivo e la pratica agricola.

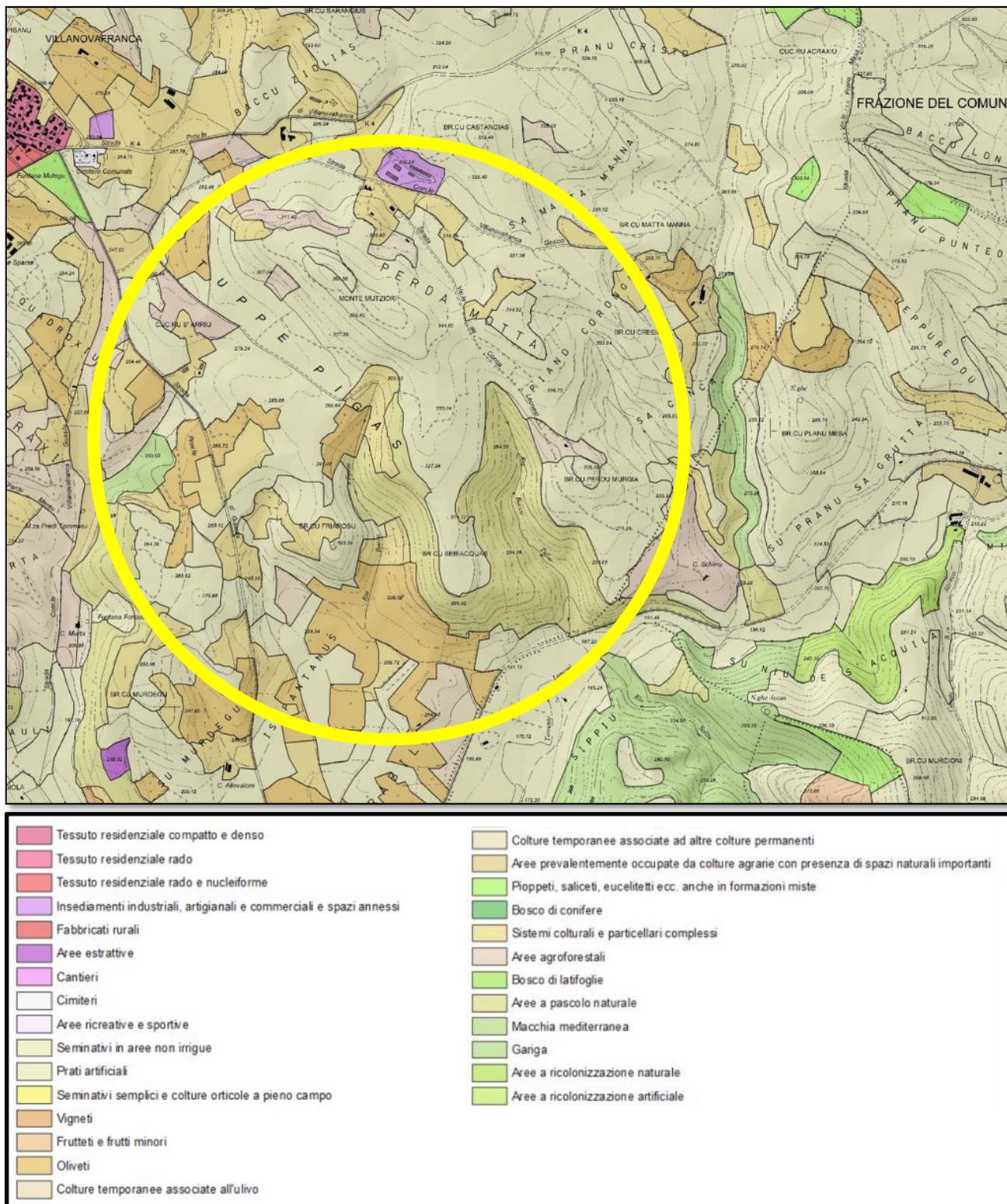


FIGURA 4.10 – Cartografia di inquadramento dell'Uso del Suolo del settore di intervento. Fonte dei dati: <http://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai>.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 SISMICITÀ LOCALE

Le caratteristiche di sismicità del blocco sardo-corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano: il basamento della Sardegna rappresenta infatti un segmento della catena ercinica sud-europea originatasi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore.

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola, che si protrae fino a parte del Quaternario e durante il quale i principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

5.2 SISMICITÀ STORICA DEL SITO

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici. Negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze⁽⁴⁾.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web "DBMI04", per l'Isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

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

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

⁽⁴⁾ (<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

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

- CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015
Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.
- DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015
Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2014.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nel Comune di Villanovafranca.

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

Non si hanno testimonianze degli effetti di questi terremoti per il territorio di Villanovafranca, né per i comuni vicini ove sono stati avvertiti, per cui si presume siano stati irrilevanti.

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

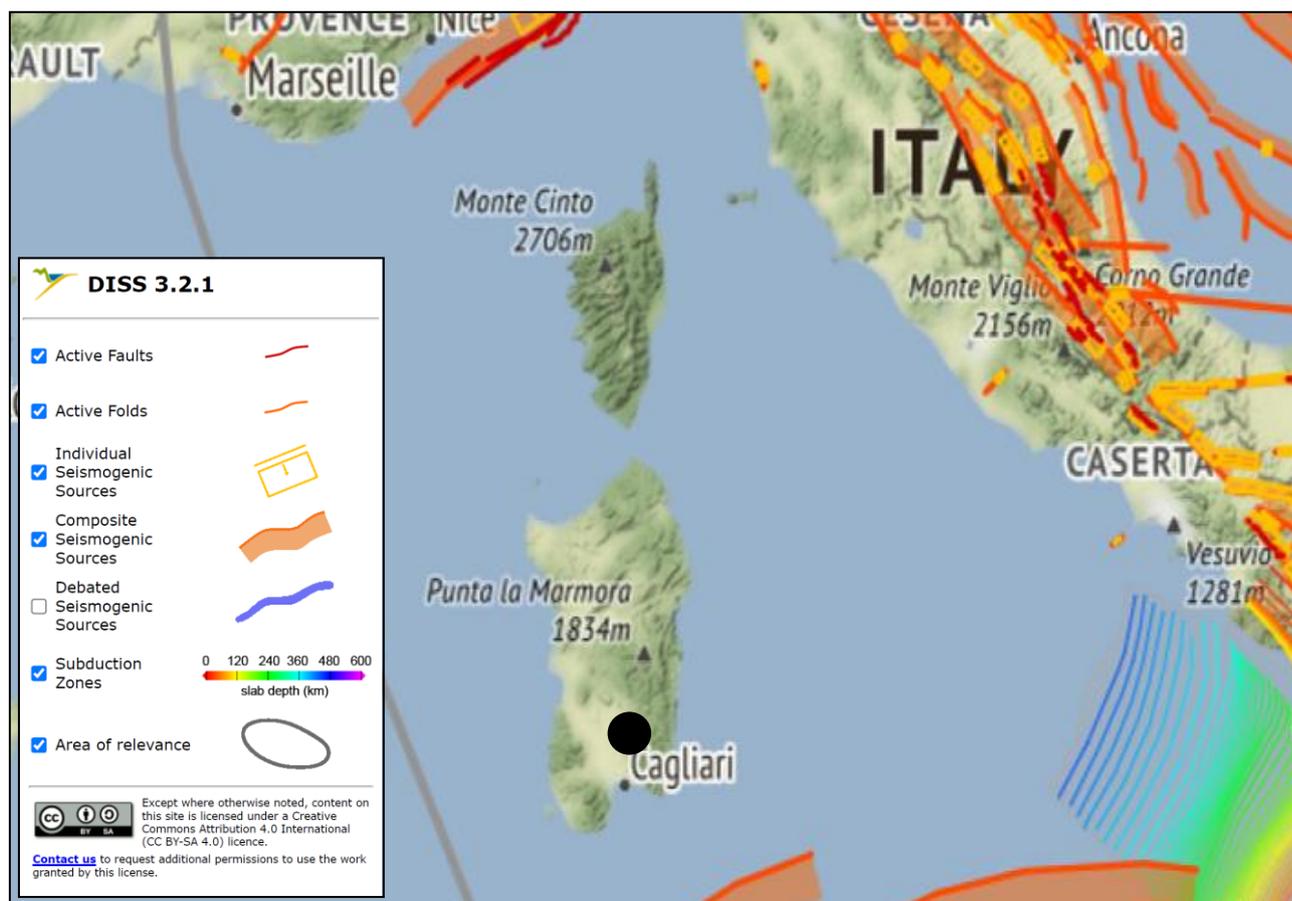


FIGURA 5.1 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5,5$ rispetto all'area di intervento (estratto da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

5.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*», entrata in vigore dal 25.10.2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n.3519/2006 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

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

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

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

5.4 PERICOLOSITÀ SISMICA

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

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno,
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- T_{c^*} periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per nove periodi di ritorno T_r , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

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

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

- $a_g = 0,500$
- $F_0 = 2,88$
- $T_{c^*} = 0,34$

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

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

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

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

5.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

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

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

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

essendo:

h_i = spessore dello strato i -esimo,

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

N = numero di strati,

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali. Per depositi con profondità del substrato >30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle $V_{s,eq}$ con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche.

Queste ultime sono di seguito descritte in ordine alla velocità delle onde di taglio e la profondità di soggiacenza del substrato litoide:

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

5.6 ESITO DELL'INDAGINE SISMICA

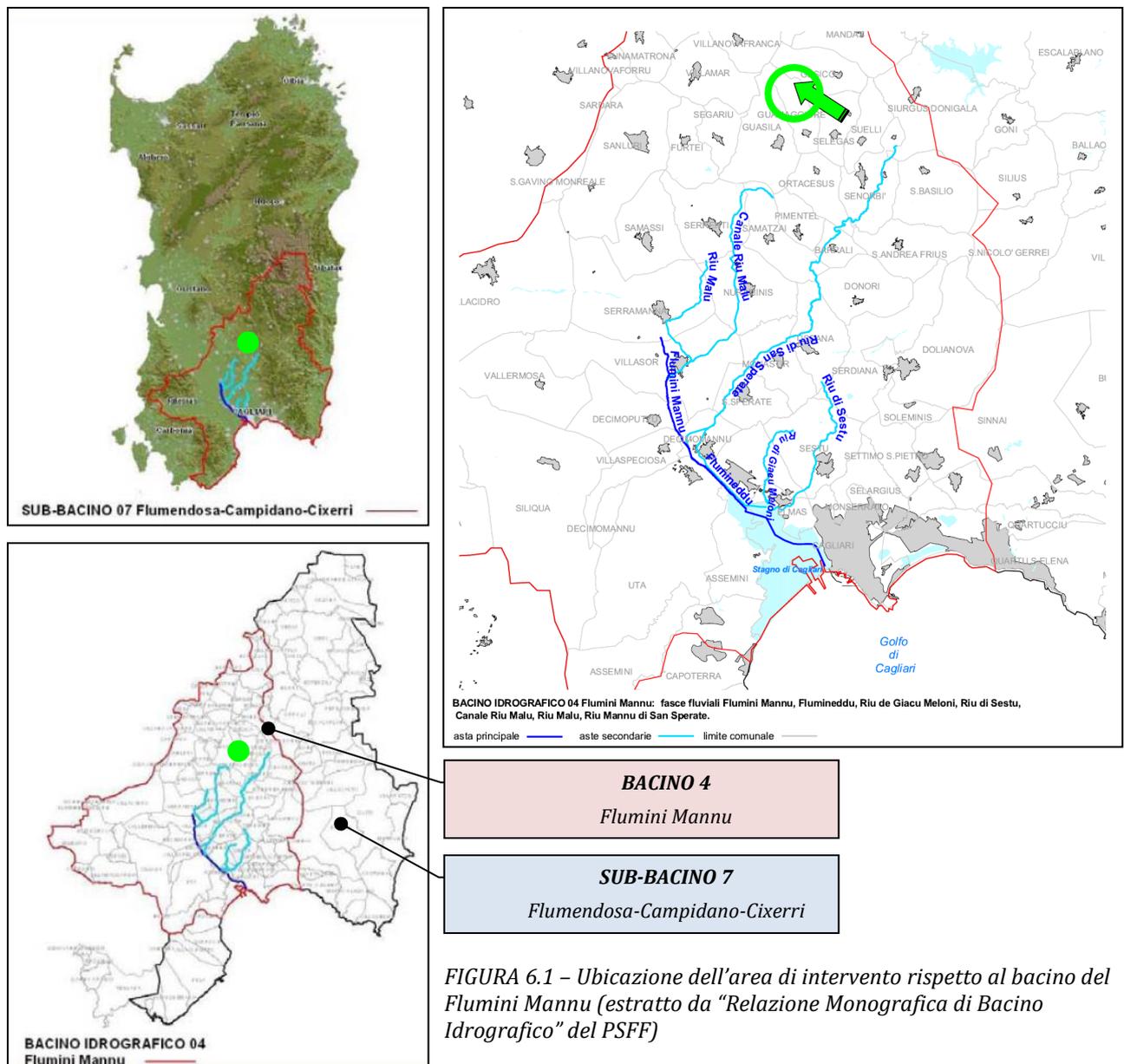
Nel caso specifico, l'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata attraverso uno stendimento di sismica a rifrazione con metodo MASW, che ha consentito di ricostruire la sequenza stratigrafica secondo le caratteristiche legate alla velocità delle onde di taglio e quindi di classificare il sito secondo le categorie di suolo previste dalle NTC 2018 e ss.ii.. le risultanze di tali indagini sono riportate nell'elaborato WVFN-G2 Report MASW.

6 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

6.1 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

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

Dalla medesima fonte cartografica ufficiale, risulta che né gli areali di intervento né quelle viciniori siano state allagate in concomitanza del cosiddetto "ciclone Cleopatra". A suffragio di quanto, allo stato attuale non sono stati ravvisati elementi predisponenti a condizioni di pericolosità idraulica, risultando i siti individuato per le torri eoliche in posizione marginale dell'intervento rispetto alle principali linee di deflusso delle acque di dilavamento superficiale.



6.2 PERICOLOSITÀ DA FRANA

Con deliberazione del 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale ha suddiviso il Bacino Unico Regionale in Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

Ciascuno dei sub-bacini, è caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

Sulla base di questa suddivisione, gli interventi in parola ricadono nel Sub-Bacino 7 "*Flumendosa - Campidano - Cixerri*".

Dalla consultazione della relativa cartografia per i siti designati ad ospitare le torri eoliche ed un loro congruo intorno, non sono indicate condizioni di pericolosità da frana.

A suffragio di quanto, i rilievi all'uopo condotti che non hanno fatto ravvisare condizioni di criticità ante e post operam.

Ad ogni modo, nel caso in cui le verifiche di dettaglio previste per la fase progettuale definitiva dovessero mettere in evidenza condizioni morfodinamiche puntuali potenzialmente capaci di interagire negativamente con le opere in progetto, verranno definite opportunamente anche le eventuali contromisure atte ad evitare qualsiasi problema sia in fase di esecuzione dei lavori sia in fase di esercizio degli impianti.

6.3 PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

L'assetto idrogeologico del settore è contraddistinto da un basamento marnoso-arenaceo ove i flussi idrici si instaurano a profondità pluridecametriche/ettometriche ed una coltre detritica poco recettiva ad ospitare una falda freatica. Alla luce di quanto, per le previste quote di progetto, non sussistono i presupposti affinché le opere possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

6.4 SUBSIDENZA

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

Non sono noti nell'area sink-hole o altre tipologie di subsidenza naturale. Analogamente, non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

6.5 PERICOLOSITÀ SISMICA

La bassa sismicità dell'isola fa escludere elementi di pericolosità che possano compromettere l'integrità e la fruibilità della tratta ferroviaria in argomento.

Dal *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from Capable faults*) non si evince alcun elemento tettonico capace di interferire direttamente con i luoghi di intervento.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, vista l'ampiezza del settore di intervento, si ritiene utile analizzare gli aspetti geotecnici degli stessi limitatamente alle zone di imposta degli aerogeneratori, che costituiscono le opere di maggior impatto sul sottosuolo.

La semplicità dell'assetto litostratico dei luoghi precedentemente descritta facilita questa prima valutazione in quanto, sostanzialmente, è possibile definire una stratigrafia litotecnica con tre distinte unità che hanno diretto riferimento con quelle definite nella modellazione geologica.

Non essendo stato possibile al momento eseguire alcuna campagna di indagine diretta, la caratterizzazione litotecnica viene effettuata, in via preliminare e del tutto indicativa, sulla base di dati provenienti da letteratura tecnica coadiuvate da informazioni estrapolate da indagini pregresse svolte in contesti geologi analoghi.

Coerentemente con quanto precedentemente illustrato, si richiama la successione stratigrafica rappresentativa dei luoghi di intervento, a partire dall'alto:

- A** Terre di riporto e suoli
- B** Argille limose grigio-brunastre
- C** Colluvio limo-argilloso
- D** Basamento marnoso-arenaceo da alterato a litoide

A - Suoli

Spessore min 0,20 m

Spessore max 0,50 m

Terre argillose più o meno rimaneggiate dalle pratiche agricole, di colore perlopiù marroncino.

Per lo spessore esiguo, in contenuto organico e le scarse proprietà fisico-meccaniche non rivestono alcuna significatività ai fini applicativi che interessano.

Per tale motivo si omette la parametrizzazione geotecnica.

B - Argille limose grigio-brunastre

Spessore min 0,30 m

Spessore max 2,50 m

Argille limose di colore grigio-brunastro, plastiche, poco consistenti e localmente presenti in coincidenza delle aree depresse o di pedimonte, in lingue o lenti senza soluzione di continuità.

Anche in questo caso le caratteristiche geotecniche sono scarse, nel caso espresse dai seguenti parametri indicativi:

- Peso di volume naturale $\gamma_{\text{nat}} = 16,50 \div 17,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 18^\circ$
- Coesione non drenata $c_u = 0,20 \div 0,30 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo edometrico $E_{\text{ed}} = 30 \div 40 \text{ daN/cm}^2$

C - Colluvio limo-argilloso

Spessore min 1,50 m

Spessore max 2,50 m

Colluvio argilloso-carbonatico, con noduli carbonatici, asciutto, consistente per effetto della temporanea essiccazione.

Come per lo strato precedente, il rinvenimento di questo deposito è localizzato.

L'elevato tenore argilloso rende detto terreno "inaffidabile" dal punto di vista geotecnico in quanto suscettibile a variazioni di volume sia negative che positive a seconda del variare del contenuto d'acqua. A suffragio di quanto, test condotti su terreni simili per altre iniziative edilizie hanno ascrivito questi terreni al gruppo A₇₋₆ «*Argille fortemente compressibili e fortemente plastiche*» della Classificazione CNR-UNI 10006 e CL della Classificazione USCS «*Argille inorganiche di medio-bassa plasticità; argille limose*».

Alla luce di queste constatazioni, come parametri geotecnici possono essere indicativamente assegnati i seguenti:

- Peso di volume naturale $\gamma_{nat} = 18,50 \div 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 20 \div 22^\circ$
- Coesione non drenata $c_u = 0,30 \div 0,40 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo Edometrico $E_{ed} = 50 \div 60 \text{ daN/cm}^2$

D - Basamento marnoso-arenaceo

Spessore pluridecametrico

Marne siltose ed arenacee di colore beige-giallognolo, ossidate, da molto alterate a litoidi, complessivamente tenere.

In genere si presentano alterate fino ad almeno 3 m di profondità, localmente ridotte alla stregua di un'argilla a scaglie consistenti con patine di ossidazione nella porzione sommitale.

Coerentemente alla suddivisione eseguita nell'ambito prettamente stratigrafico, si possono distinguere anche in questo caso due facies differenti, con comportamento meccanico altrettanto dissimile.

D1 - Fascia di alterazione del substrato marnoso con caratteristiche meccaniche simili alla coltre colluviale limo-argillosa soprastante, per la quale si ritengono validi i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume naturale $\gamma_{nat} = 18,50 \div 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 18^\circ$
- Coesione non drenata $c_u = 0,30 \div 0,40 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo Edometrico $E_{ed} = 50 \div 60 \text{ daN/cm}^2$

D2 - Substrato marnoso litoide tenero e fratturato

- Peso di volume naturale $\gamma_{nat} = 21,50 \div 22,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 25 \div 35^\circ$
- Coesione $c = 2,00 \div 3,00 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo di comprimibilità $E = >1.000 \text{ daN/cm}^2$

Per i dettagli sito specifici, si rimanda alle schede a corredo del presente documento.

8 CARATTERISTICHE DELLE OPERE PREVISTE IN AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

8.1 AEROGENERATORE V7 IN AREA HG2

La piazzola dell'aerogeneratore V7 è localizzata nell'estremità sudorientale del parco eolico, a circa 770 metri a sud della postazione eolica V6 in località Sa Conca, in corrispondenza di un'area a seminativo.

La realizzazione dello spianamento, allineato secondo la direzione N-S, richiederà un'occupazione di circa 4.450 m² al netto delle aree di stoccaggio delle pale.

La quota di imposta dello spianamento sarà pari a 267 m s.l.m. con giacitura a mezza costa allineata alla curva di livello del terreno. L'altezza massima dei fronti in scavo o in rilevato sarà di 5 metri circa rispettivamente a nordovest e sudest.

Le operazioni di allestimento della piazzola e l'approntamento della fondazione dell'aerogeneratore richiederanno lo scavo di ~3.640 m³ di roccia, al netto dello scotico (circa 1.600 m³), e la formazione di ~7.360 m³ di rilevato. Si prevede l'integrale riutilizzo in loco del materiale scavato. I movimenti terra relativi alla piazzola V7 sono riassunti nella seguente tabella.

DESCRIZIONE	QUANTITA' (m ³)
Scavo su roccia	3.639
Scavo terreno vegetale (orizzonti superficiali)	1.599
Riutilizzo per rilevati/rinterri	3.639
Riutilizzo per soprastruttura piazzola	0
Riutilizzo per ripristini (terreno vegetale)	1.599
Totale materiale scavato	5.238
Totale materiale riutilizzato in loco	5.238 (100%)

Il regolare allontanamento delle acque superficiali dall'area della piazzola sarà affidato ad una trincea di guardia da posizionarsi sui lati ovest e nord dello spianamento.

Al termine del processo costruttivo la superficie della piazzola sarà ridotta a circa 1.515 m² al netto dell'occupazione delle scarpate.



Figura 8.1 – Area individuata per il posizionamento dell’aerogeneratore V7

Fase cantiere - scala 1:1000

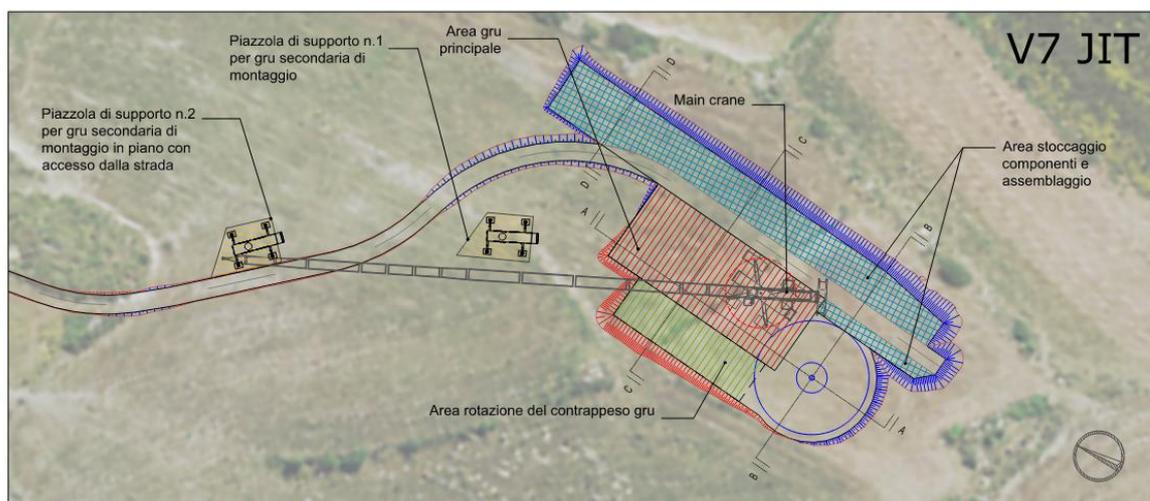


Figura 8.2 – Planimetria piazzola di cantiere postazione eolica V7

Fase di ripristino - scala 1:1000

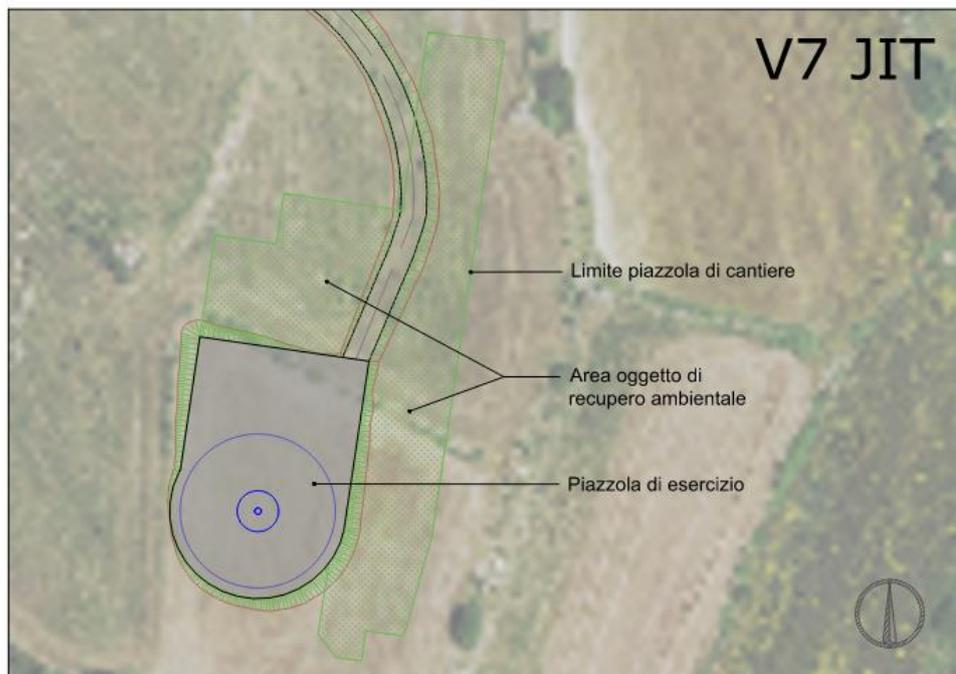
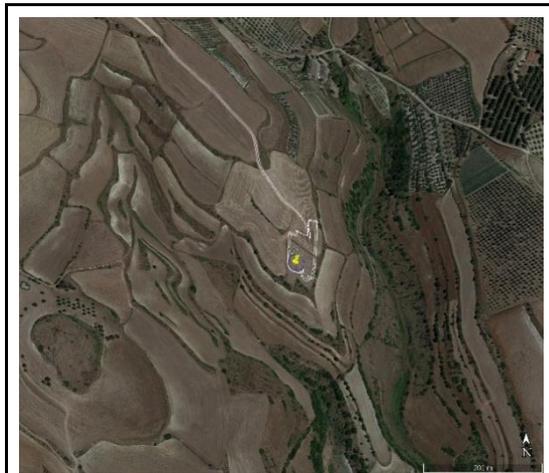
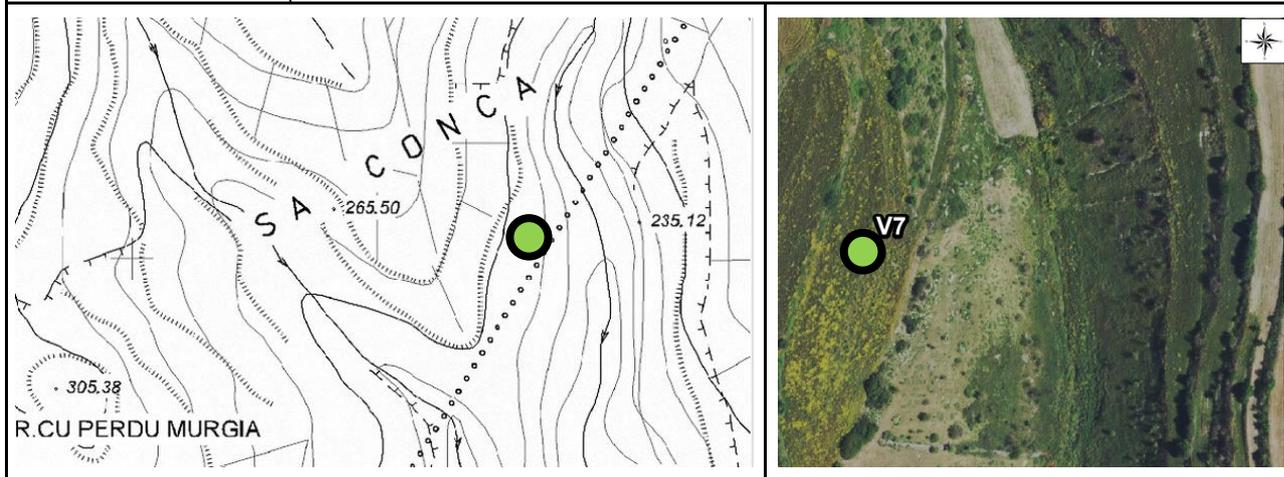


Figura 8.3 - Planimetria piazzola postazione eolica V7 in fase di esercizio

AEROGENERATORE V_07

PROGETTO	Impianto eolico "Villanovafranca"
UBICAZIONE	Comune di Villanovafranca - Provincia del Sud Sardegna
GEOLOGIA E GEOTECNICA	Dott.ssa Geol. M. Francesca Lobina – Dott. Geol. Mauro Pompei

COORDINATE U.T.M.	EST	9°02'18,37"	NORD	39°37'58.73"
QUOTA ASSOLUTA (m)	266			
ACCESSIBILITÀ	Stradello esistente percorribile anche da mezzi pesanti, previa sistemazione ed allargamento			



NATURA DEL SUBSTRATO	<p>Copertura terrigena di natura colluvio-eluviale e composizione perlopiù argillosa con scarso scheletro clastico, di spessore non valutabile ma comunque superiore ai 1,5÷2,5 m.</p> <p>Il substrato lapideo, in facies di marna siltosa alternata a livelli arenacei e intercalazioni tuffitiche, non è affiorante nel lotto ma affiora poco più a valle, in corrispondenza dei compluvi.</p>
ASSETTO MORFOLOGICO	<p>L'ambito è collinare, con debole declivio. Il sito è localizzato in località "Sa Conca", in prossimità dello spartiacque tra due aree di compluvio</p>
ASSETTO IDROGEOLOGICO	<p>La bassissima permeabilità per porosità intrinseca del substrato e la componente spiccatamente argillosa della coltre terrigena di copertura, fa sì che la presenza di flussi idrici sotterranei sia relegata a profondità decametriche.</p> <p>La presenza delle acque di ruscellamento è legata a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi.</p> <p>Nell'immediato intorno non si rilevano sorgenti e/o opere di captazione di acque sotterranee (pozzi nè a largo che piccolo diametro).</p>

CRITICITÀ GEOLOGICHE	<p>Benché al contorno del rilievo si rilevano cornici interessate da crolli per arretramento del versante, il sito specifico è esente da fattori predisponenti a pericolo per frana.</p> <p>L'assenza di elementi idrografici non presuppone condizioni di pericolo per inondazione.</p>
SCAVABILITÀ	<p>Impiego di mezzi demolitori di media/elevata potenza e subordinato martello demolitore.</p>
APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI RICHIESTI IN SEDE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA	<p>Allo stato attuale delle conoscenze non si dispone di dati sito-specifici per definire lo spessore della coltre terrigena di copertura, né delle caratteristiche geotecniche del substrato lapideo.</p> <p>Per tale motivo non è possibile avanzare alcuna ipotesi certa in ordine alla tipologia fondale e relativo dimensionamento.</p> <p>Approfondimenti necessari:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sondaggio a carotaggio continuo profondo mediamente 10 m, - prove geotecniche in situ del tipo penetrometriche continue (DPSH) o discontinue in foro (SPT), - prove geotecniche di laboratorio.

8.2 NUOVA VIABILITÀ' DI ACCESSO ALLA POSTAZIONE V7 IN AREA HG2

La viabilità di collegamento alla postazione V7, staccandosi dalla postazione V6 a quota 331 s.l.m., procede in leggera discesa in direzione sudest, ricalcando il percorso dell'esistente tratturo per circa 430 metri. La viabilità di progetto prosegue con un tratto di nuova realizzazione, sempre in discesa, avente pendenza più marcata del tratto precedente, indicativamente compresa tra il 10% e il 17%. Quest'ultimo tratto, di lunghezza pari a circa 470 metri, interessa terreni adibiti a seminativi, e collega la postazione eolica V7 a quota 267 m s.l.m., distaccandosi dal profilo del terreno negli ultimi 70 metri con un modesto rilevato di altezza massima pari a 1,8 metri circa in corrispondenza del punto di raccordo con lo spianamento della postazione eolica.

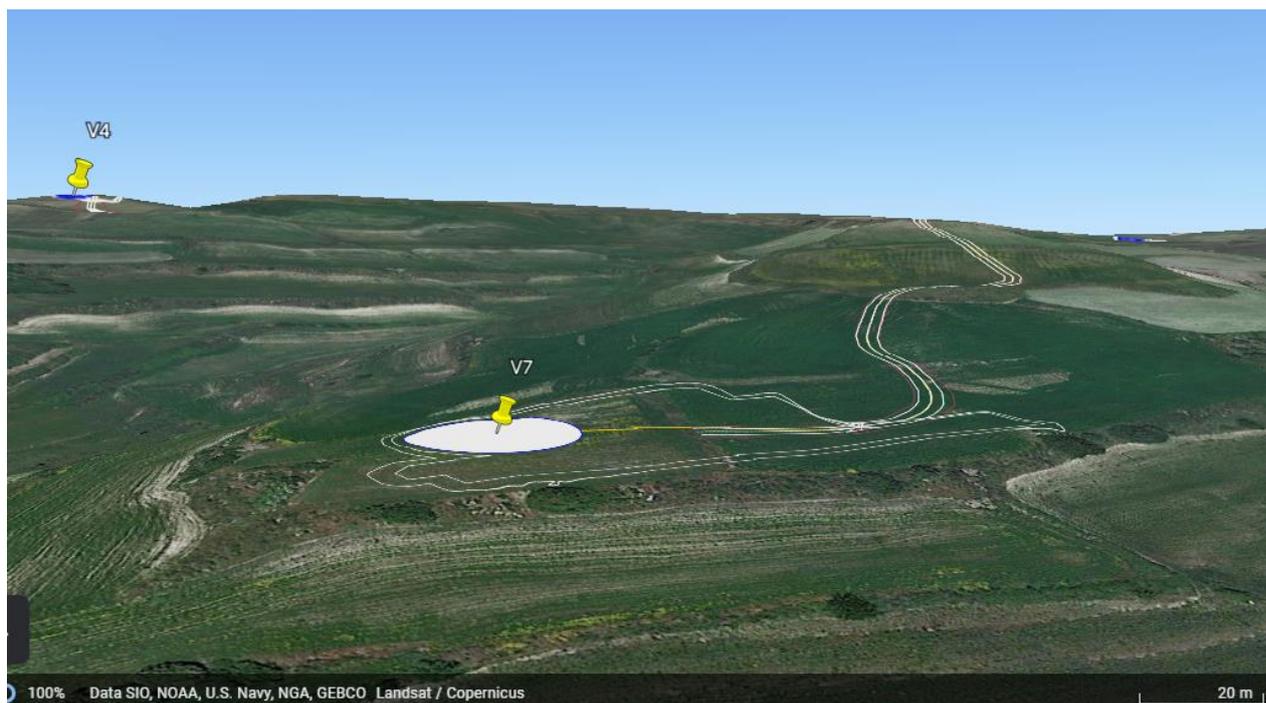


Figura 8.5 – Postazione V7 e tracciato della relativa viabilità di accesso (vista 3D su immagine satellitare)



Figura 8.6 – Terreni attraversati dalla nuova viabilità di accesso alla postazione V7 (vista verso sudest)

8.3 CAVIDOTTI MT

Si illustrano di seguito i principali tratti di cavidotto MT interferenti con aree a pericolosità da frana cartografate dallo studio di compatibilità geologica e geotecnica elaborato dal Comune di Villanovafranca con data Febbraio 2016.

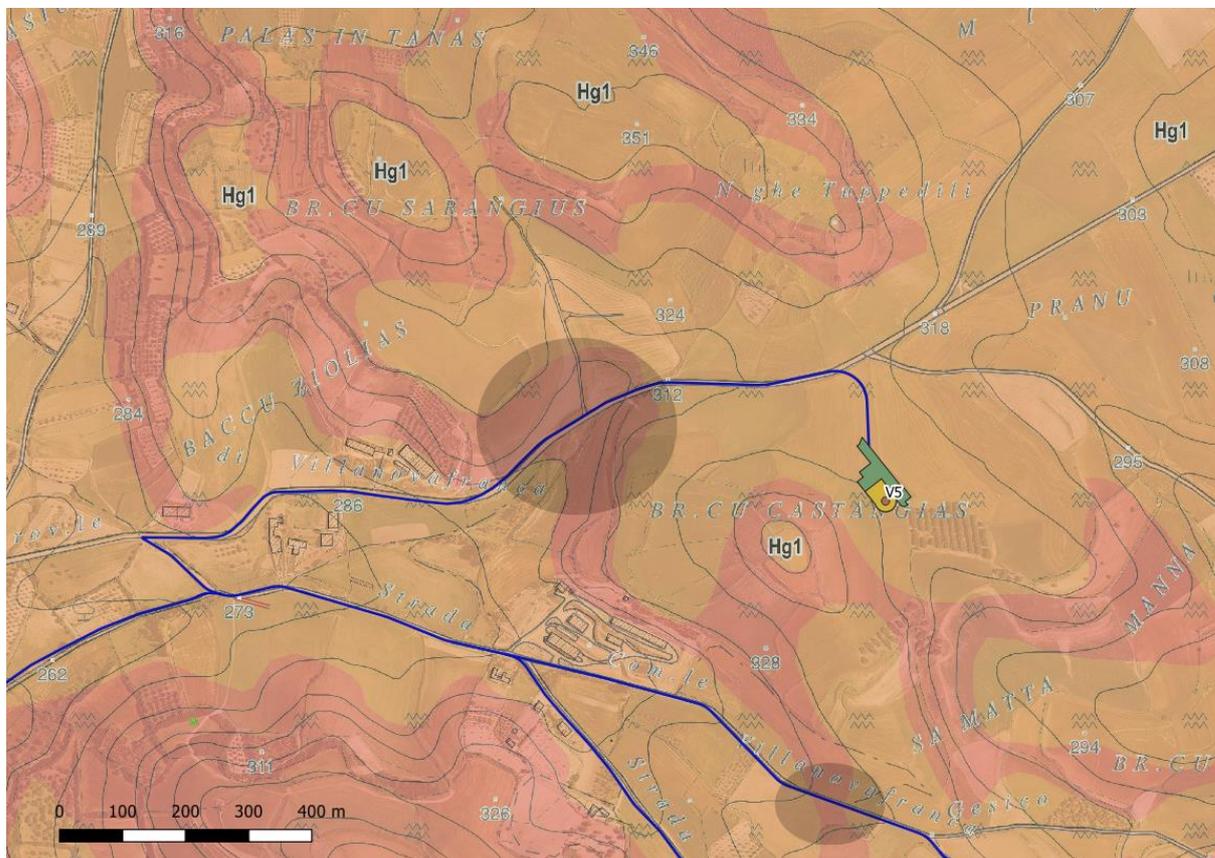


Figura 8.7 – Tratto di cavidotto MT (in blu) di circa 250 m in parallelismo con la SP 36 su aree Hg2



Figura 8.8 - Tratto della SP 36 su aree Hg2 interessato dal passaggio del cavidotto MT

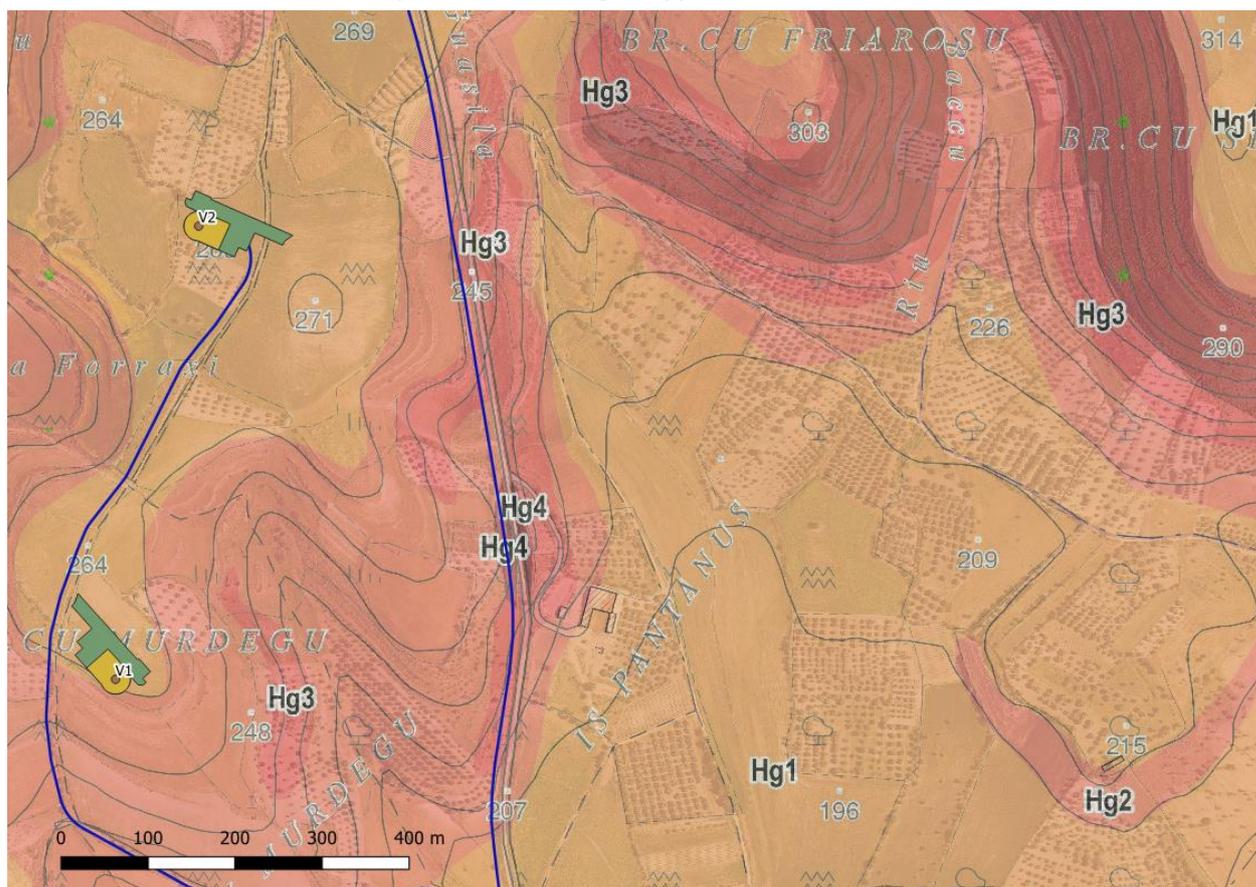


Figura 8.9 - Tratto di cavidotto MT (in blu) di circa 250 m in parallelismo con la SP 36 su aree Hg2

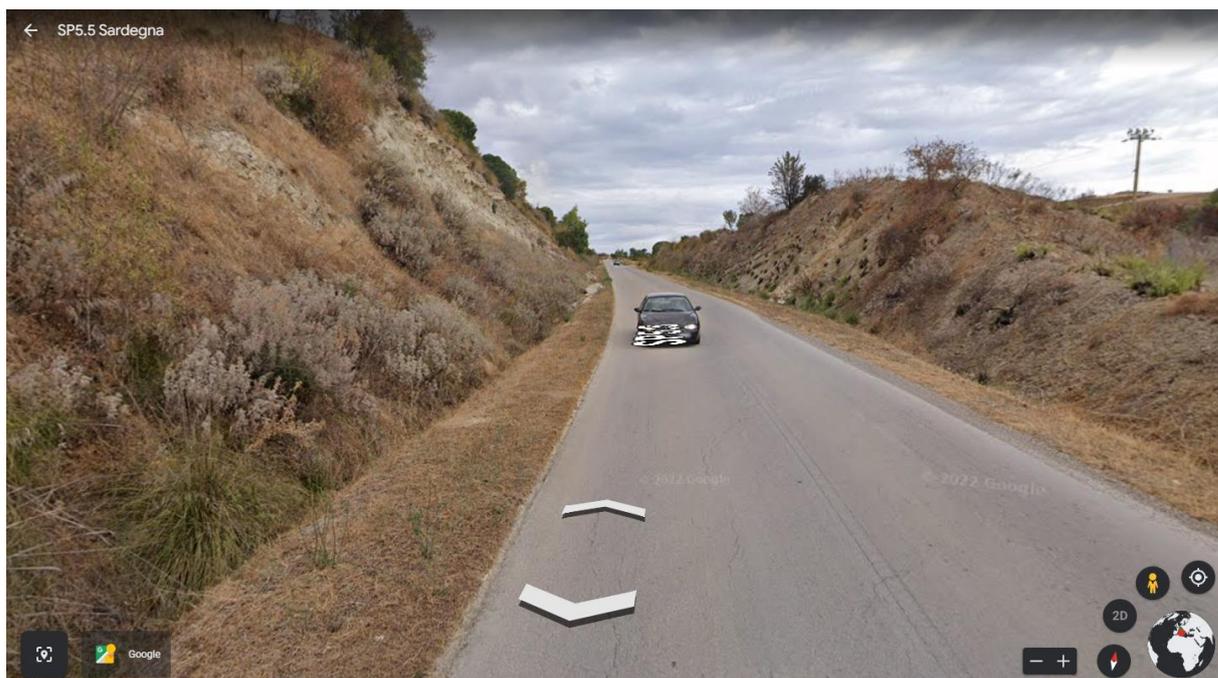


Figura 8.10 - Tratto della SP 5 su aree Hg3 e Hg4 interessato dal passaggio del cavidotto MT

9 VALUTAZIONE DEL PROGETTO A FINI PAI

9.1 PREMESSA

L'analisi dei rapporti del progetto con lo Studio di Compatibilità Geologico-Geotecnica redatto dal Comune di Villanovafranca ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.T.A. del PAI, approvato con Delibera del C.C. n° 17 del 17/07/2019, ha posto in evidenza che le principali opere previste in progetto, riferibili alle piazzole e fondazioni degli aerogeneratori, ricadono in aree cartografate a pericolosità da frana moderata, Hg1, ad eccezione della postazione eolica V7 che ricade in aree a pericolosità Hg2, media.

La viabilità di nuova realizzazione interessa aree cartografate con pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 880 m, nonché aree cartografate a pericolosità da frana Hg2, in corrispondenza di un breve tratto di collegamento tra le postazioni eoliche V6 e V7.

La viabilità in adeguamento a quella esistente interessa principalmente aree cartografate a pericolosità da frana Hg1, nonché aree cartografate a pericolosità da frana Hg2 nel tratto di collegamento tra l'area di trasbordo e la postazione eolica V1 e altre due brevi tratti di circa 240m.

Il cavidotto 30 kV, prevalentemente impostato su viabilità esistente, interessa aree classificate da pericolosità da frana di tipo Hg1-Moderata, Hg2 - Media e, solo localmente, Hg3 - Elevata e Hg4 molto elevata (breve tratto di circa 100 m in parallelismo alla SP5).

Con riferimento alle opere da realizzare in aree a pericolosità media (Hg2), elevata (Hg3) e molto elevata (Hg4) 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.

Riguardo al posizionamento dell'aerogeneratore V7, in area a pericolosità media da frana Hg2, si evidenzia che la scelta localizzativa è stata condizionata da numerosi fattori di carattere tecnico-ambientale, di seguito richiamati, che hanno limitato drasticamente le possibili alternative:

- fattori orografici, in relazione all'esigenza di contenere al minimo le modifiche morfologiche e privilegiare contesti a maggiore stabilità;
- limitare le interazioni con il reticolo idrografico superficiale;
- rispettare adeguate interdistanze con le altre postazioni eoliche per limitare le interferenze aerodinamiche;
- attestarsi ad una adeguata distanza dai più prossimi fabbricati abitativi.

Tutti i predetti requisiti si riconoscono nella postazione prescelta, ubicata in loc. *Sa Conca* ad un'altitudine di circa 255 m s.l.m.

In riferimento agli interventi previsti all'interno delle perimetrazioni a più elevata pericolosità (cavidotti in parallelismo alla SP5), si rappresenta che il tracciato previsto in progetto rappresenta quello più razionale in rapporto al posizionamento del punto di connessione alla rete elettrica, attestandosi peraltro in fregio ad una strada esistente di livello provinciale.

9.2 PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ GEOLGICA E GEOTECNICA

In riferimento alle condizioni di compatibilità delle opere con l'assetto geologico e idrogeologico di riferimento, 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 marnoso litificato con buone caratteristiche geotecniche, sormontato da una coltre plurimetrica eluvio-colluviale di colore bruno rimaneggiata dalle pratiche agricole nella porzione sommitale 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.

La giacitura suborizzontale delle bancate marnose, inoltre, non predispone a fenomeni di instabilità durante le operazioni di sbancamento, nemmeno se a sezione obbligata. Durante la stagione piovosa, a medio/lungo termine (settimane/mesi) potrebbero manifestarsi locali crolli di detrito

La configurazione planoaltimetria ed orografica del settore e la posizione dei singoli aerogeneratori sulle sommità piatte delle dorsali morfologiche ben modellate o su pendio a modesta pendenza, associate all'assenza di fattori potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia, favorisce inoltre diffuse condizioni di stabilità morfologica dei luoghi.

Non si prevede altresì che l'evoluzione morfodinamica naturale delle aree coinvolte possa in qualche modo compromettere la funzionalità delle opere per dissesti di tipo idraulico in quanto i siti di intervento ricadono in posizioni prive di pericolosità da inondazione/allagamento. Non si ritiene inoltre che gli interventi da realizzare, compresa la viabilità di servizio e gli scavi per i cavidotti, possano alterare le attuali dinamiche di deflusso superficiale, non trovandosi gli stessi in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico o in prossimità dei principali corsi d'acqua.

Alla luce delle suddette constatazioni non si ravvisano attualmente criticità che possano predisporre il sito di intervento a crolli o frane innescate dall'arretramento dei versanti, o da alterazioni del tracciato o del regime dei corsi d'acqua e/o sovraescavazioni in alveo, in ragione della posizione ininfluente degli interventi rispetto al reticolo idrografico.

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

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

- a] *[...] non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle in quanto la costruzione delle opere, in ragione delle modalità realizzative, non interferisce con il reticolo idrografico locale;*
- b] *[...] non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili, poiché gli scavi per l'alloggio dei cavidotti verranno immediatamente ripristinati e gli interventi sulla viabilità esistente saranno di modesta entità e non richiederanno apprezzabili modifiche morfologiche;*
- c] *non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;*
- d] *non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;*
- e] *limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;*
- f] *favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*
- g] *salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*
- h] *non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;*
- i] *adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*
- j] *non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;*
- k] *assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;*
- l] *garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di*

rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;

m] garantire coerenza con i piani di protezione civile.

In conclusione, per quanto sopra esposto, si ritiene che il progetto sia coerente con quanto previsto delle Norme di Attuazione del PAI, atteso che:

- può ricondursi alle tipologie di opere espressamente ammesse nelle aree a pericolosità geomorfologica individuate dal PAI;
- non è suscettibile di determinare un incremento della pericolosità da frana, peraltro al momento non ravvisabile in ragione dell'assenza di fattori predisponenti a fenomeni franosi.