

COMMITTENTE



GRV WIND SARDEGNA 6 S.R.L.
Via Durini, 9 Tel. +39.02.50043159
20122 Milano PEC: grwindsardegna6@legalmail.it



PROGETTISTI

Progettisti:
ing. Mariano Marseglia
ing. Giuseppe Federico Zingarelli

M&M ENGINEERING S.r.l.
Sede Operativa:
Via I Maggio, n.4 Tel./fax +39.0885.791912
Orta Nova (FG) Mail: ing.marianomarseglia@gmail.com

Consulente:
Geol. ROBERTO TOLA



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



PROVINCIA
SUD SARDEGNA



COMUNE SELEGAS



COMUNE GESICO



COMUNE MANDAS

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "PLANU SERRANTIS" COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 6,6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW SITO NEI COMUNI DI SELEGAS, GESICO E MANDAS (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI GUASILA, VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI (SU)

ELABORATO

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA

Tav./Doc.:

GEO-01

Codice elaborato:

EOL-GEO-01

Scala/Formato:

A4

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
0	Novembre/2022	Prima emissione	M&M	M&M	GRVALUE

COMUNE DI SELEGAS - COMUNE DI GESICO - COMUNE DI MANDAS
Provincia Sud Sardegna

RELAZIONE GEOLOGICA -SISMICA

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
DENOMINATO "PLANU SERRANTIS" COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 6,6 MW,
PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW SITO NEI COMUNI DI SELEGAS, GESICO
E MANDAS (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI GUASILA,
VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI (SU)**

IL GEOLOGO

Roberto Tola



INDICE

1. Premessa	3
2. Inquadramento dell'area di intervento	3
2.1 Vincolistica PAI	6
3. Breve sintesi delle previsioni progettuali	8
4. Normativa vigente	9
5. Assetto geologico di inquadramento	10
5.1. Caratteri geologici dei terreni affioranti e rilevamento geologico	14
6. Aspetti geomorfologici.....	17
7. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea	20
8. Caratterizzazione sismica	22
9. Definizione del modello geologico preliminare.....	32
9.1 Parametri geotecnici preliminari.....	35
10. Conclusioni.....	36

Allegati

STRALCIO FUORI SCALA CTR AEROGENERATORI

STRALCIO FUORI SCALA CTR CON TRACCIATO

STRALCIO FUORI SCALA IGM

STRALCIO FUORI SCALA IGM STORICO

STRALCIO FUORI SCALA ORTOFOTO CON AEROGENERATORI

STRALCIO FUORI SCALA ORTOFOTO CON TRACCIATO

STRALCIO FUORI SCALA CARTA GEOLOGICA CON AEROGENERATORI

STRALCIO FUORI SCALA CARTA GEOLOGICA CON AEROGENERATORI E TRACCIATO

STRALCIO FUORI SCALA CARTA GEOMORFOLOGICA CON AEROGENERATORI

1. Premessa

Su incarico della **GRV Wind Sardegna 5 s.r.l.**, il sottoscritto dr. geol. Roberto Tola, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna con il numero 468, ha redatto la presente Relazione Geologica che ha come oggetto "PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "PLANU SERRANTIS" COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 6,6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW SITO NEI COMUNI DI SELEGAS, GESICO E MANDAS (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI GUASILA, VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI (SU)".

La presente Relazione è parte integrante del Progetto definitivo.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6 MW per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nella Provincia del Sud Sardegna, nei territori comunali di Selegas, Gesico e Mandas in cui insistono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto interrato, mentre nei territori comunali di Guasila, Villanovafranca, Villamar, Furtei, Sanluri ricade la restante parte dell'elettrodotto e la Cabina Utente.

La relazione Geologica si propone di fornire la descrizione dei lineamenti geologici, idrologici, geomorfologici dell'area oggetto di intervento, di definire per essa il modello geologico ai sensi del Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni" NTC 2018, al paragrafo 6.2.1., nonché della Circolare esplicativa del Consiglio Sup. dei LL PP del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'Applicazione delle NTC 2018".

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, sismici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento, il quale costituirà un elemento di riferimento per la progettazione delle opere.

La redazione della presente relazione è stata preceduta da una campagna di rilievi sul campo, che ha permesso di individuare le principali caratteristiche di natura geologica, geomorfologica e idrologica.

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

Per la consultazione dei dettagli degli interventi previsti si rimanda alla relazione tecnica e alle relative tavole progettuali.

2. Inquadramento dell'area di intervento

La zona di intervento è ubicata nei comuni di Selegas, Gesico e Mandas, nello specifico gli aerogeneratori saranno ubicati in località *Planu Serrantis* nell'area a nord dell'abitato di Selegas e la sua frazione Seuni e a sud di quello di Gesico e Mandas, ad una distanza dai centri abitati rispettivamente di circa 2,6 km, 1,5 km, 1,4 km e 2,2 km.

L'area di progetto, intesa sia come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto, con annesse piazzole e relativi cavidotti di interconnessione, interessa i territori comunali di Selegas, Gesico e Mandas, nel dettaglio:

- gli aerogeneratori WTG 1, 2 e 4 con le opere di progetto ricadono nel territorio di Selegas e sono censiti al NCT ai fogli di mappa nn. 3, 4, 5 e 6;

- gli aerogeneratori WTG 3 e 9 con le opere di progetto ricadono nel territorio di Gesico e sono censiti ai fogli di mappa nn. 1, 2, 8, 9, 11, 12, 13, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 26;
- mentre i restanti aerogeneratori WTG 5, 6, 7 e 8 con le opere di progetto ricadono nel territorio di Mandas e sono censiti al NCT ai fogli di mappa nn. 36, 42, 43 e 46.

La restante parte del cavidotto fino al punto di consegna e alla Stazione Terna interessa i territori comunali di Guasila, Villanovafranca, Villamar, Furtei, Sanluri, nel dettaglio si ha:

- il tratto di cavidotto che ricade nel territorio di Guasila è censito al NCT ai fogli di mappa nn. 1 e 2;
- il tratto di cavidotto che ricade nel territorio di Villanovafranca è censito al NCT ai fogli di mappa nn. 24 e 28;
- il tratto di cavidotto che ricade nel territorio di Villamar è censito al NCT ai fogli di mappa nn. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 32 e 36;
- il tratto di cavidotto, la cabina utente e parte della Stazione Terna che ricadono nel territorio di Furtei sono censiti al NCT ai fogli di mappa nn. 1, 2, 3, 5, 6 e 7;
- il tratto di cavidotto e parte della Stazione Terna che ricadono nel territorio di Sanluri sono censiti al NCT ai fogli di mappa nn. 12 e 22.

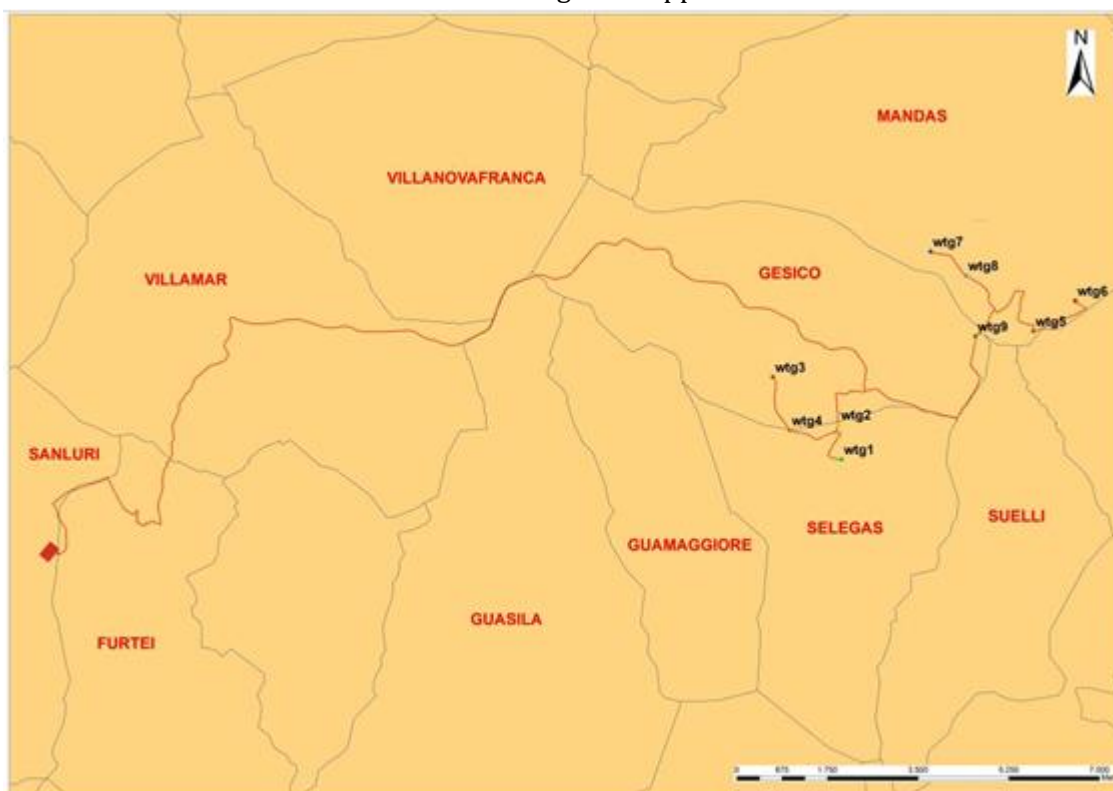


Figura1: Ubicazione degli interventi rispetto al territorio comunale

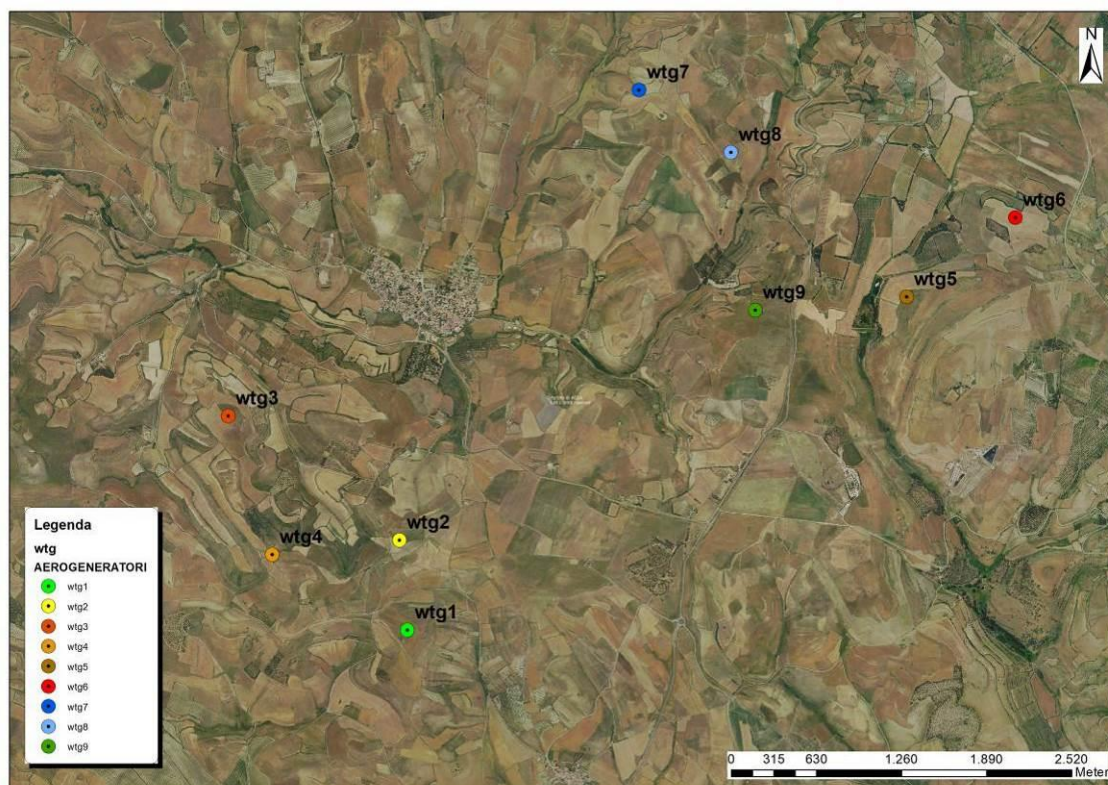


Figura 2: Ubicazione degli aerogeneratori su immagine da satellite 2019

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

- Carta d'Italia IGM in Scala 1:25.000 Foglio 547 Sez. I – Sanluri; Foglio 548 Sez. IV – Senorbì; 540 Sez. III Mandas .
- Carta Tecnica Regionale in Scala 1:10.000 Sezione: 539160 “Villamar”, 540130 “Villanovafranca”, 540140 “Gesico”, 548010 “Guasila” e 548020 “Selegas” utilizzate come base per gli elaborati cartografici geologici della presente relazione.
- Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50.000: Foglio 540 Mandas; Foglio 548 Senorbì e Foglio 547 Villacidro.

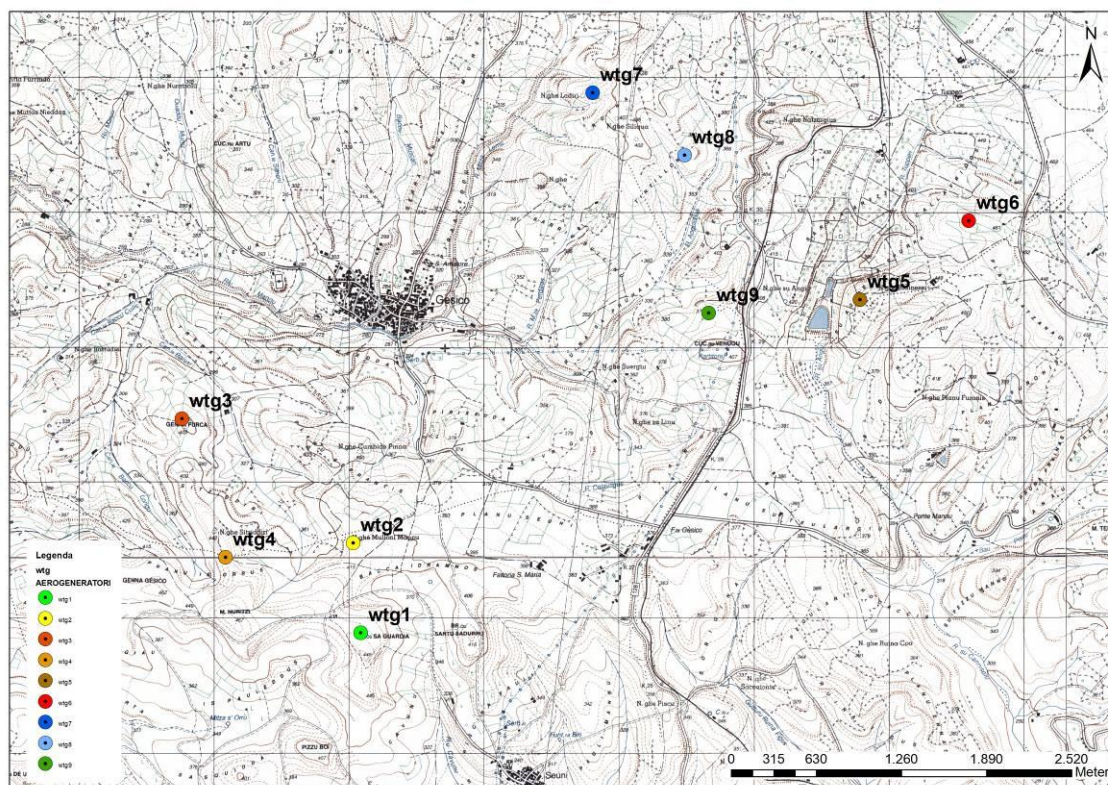


Figura 3: Carta d'Italia IGM in Scala 1:25.000 - Foglio 548 Sez. IV – Senorbi; 540 Sez. III Mandas.

2.1 Vincolistica PAI

Rispetto al PAI l'area in esame ricade nel Sub-Bacino n. 7 “Flumendosa Campidano Cixerri” ed è inquadrata come segue:

Il P.A.I. **non perimetra** l'area di intervento in area a pericolosità idraulica.

Il P.A.I. **non perimetra** il sito di intervento in area a pericolosità da frana.

Il *P.G.R.A. aggiornamento settembre 2020*, **perimetra** una parte dell'area di intervento in area a pericolosità idraulica molto elevata **Hi4**, nello specifico nel tratto interessato dal cavidotto che attraversa il Riu Sa Canna, nel Rio Gora di Bau Arena nel Comune di Villamar e nel Rio Fluminimannu nel Comune di Furtei.

Lo Studio esteso a tutto il territorio del Comune di Gesico in base all'art. 8 comma 2 e art. 37 delle NTA del PAI, **perimetra** una parte del tracciato del cavidotto in area a pericolosità idraulica molto elevata **Hi4**, nello specifico nei tratti in cui costeggia ed attraversa il Riu Mannu.

In base a questa perimetrazione il progetto è soggetto al rispetto dell'art. 27 delle NTA del PAI che nel caso specifico prevede la redazione di una Relazione asseverata a firma di un ingegnere e di un geologo.

Il *P.G.R.A.* **non perimetra** l'area di intervento in area a pericolosità da frana.

Lo Studio esteso a tutto il territorio del Comune di Gesico in base all'art. 8 comma 2 e art. 37 delle NTA del PAI, **perimetra** l'area interessata dall'aerogeneratore WTG3 in area a pericolosità da frana media **Hg2** e una parte del tracciato del cavidotto in area a pericolosità da frana elevata **Hg3** e media **Hg2**.

In base a questa perimetrazione il progetto è soggetto al rispetto dell'art. 31 delle NTA del PAI che nel caso specifico prevede la redazione di uno studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica a firma di un geologo e di un ingegnere.



Figura 4. Stralcio PGRA parte idraulica aggiornamento 2020

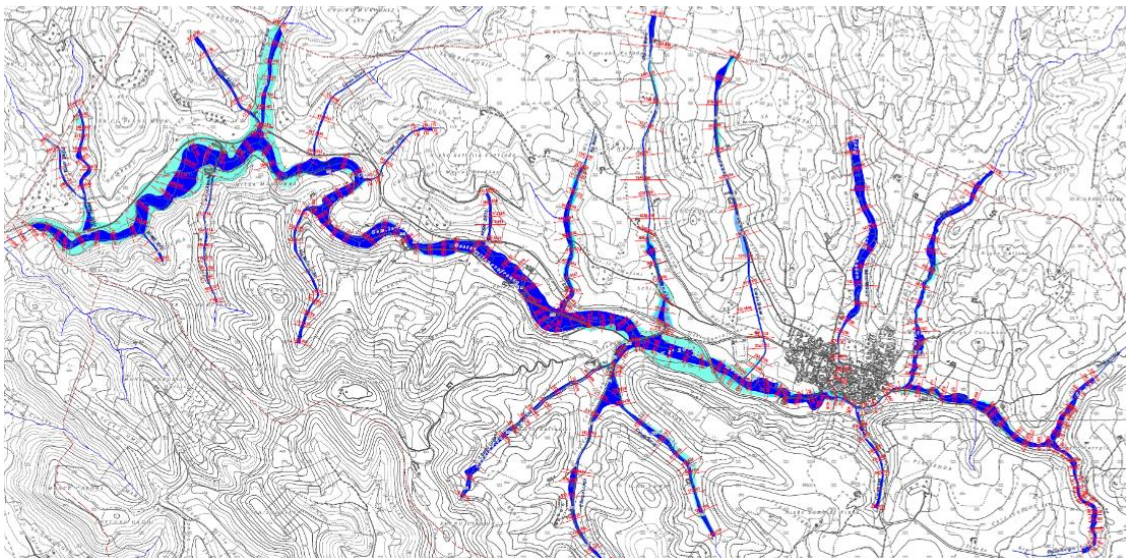


Figura 5. Stralcio Tavola 5 Aree di pericolosità idraulica coordinata con le aree del PAI e del PSFF, allegata allo Studio di Compatibilità Idraulica art. 8 comma 2 e art. 37 delle NTA del PAI – **Comune di GESICO**

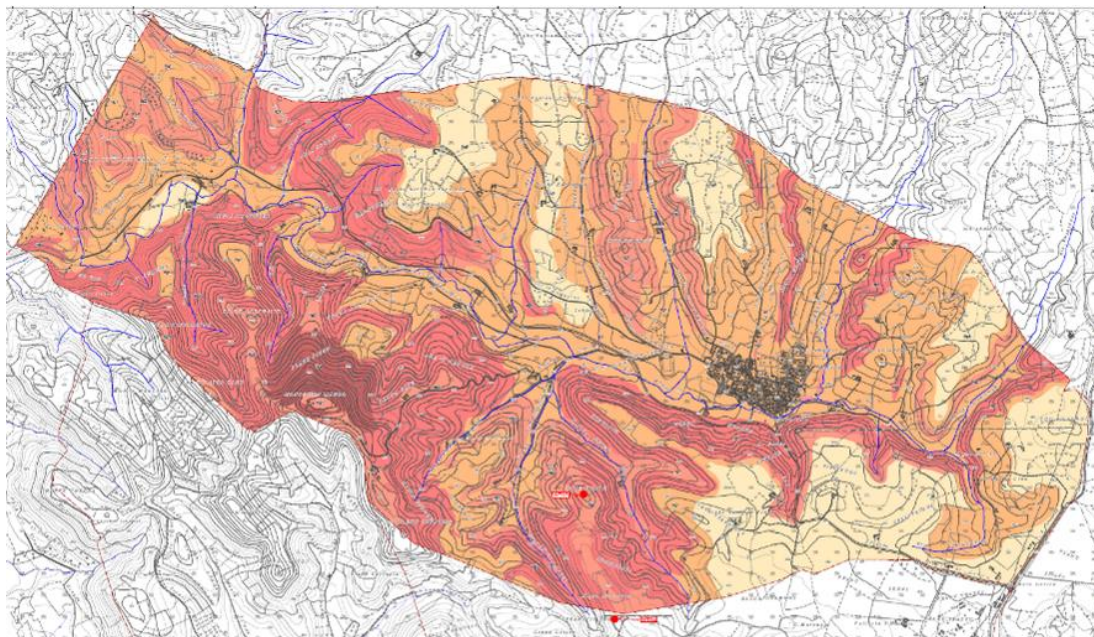


Figura 6. Stralcio Tavola 6 Aree di pericolosità da frana, allegata allo Studio di Compatibilità da frana art. 8 comma 2 e art. 37 delle NTA del PAI – **Comune di GESICO**

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

- [http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/Repertorio immagini di diverse annate](http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/Repertorio_immagini_di_diverse_annate), a partire dalle quali è stato possibile condurre, ove necessario, una analisi multitemporale delle informazioni ortofotografiche.
- Ortofoto a colori 2019 formato ecw, georiferite in Gauss Boaga.
- Sardegna 3D, Google Earth Pro.

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

3. Breve sintesi delle previsioni progettuali

L'impianto oggetto di studio si basa sul principio secondo il quale l'energia del vento viene captata dalle macchine eoliche che la trasformano in energia meccanica e quindi in energia elettrica per mezzo di un generatore: nel caso specifico il sistema di conversione viene denominato aerogeneratore.

La bassa densità energetica prodotta dal singolo aerogeneratore per unità di superficie comporta la necessità di progettare l'installazione di più aerogeneratori nella stessa area.

L'impianto sarà costituito dai seguenti sistemi:

- di produzione, trasformazione e trasmissione dell'energia elettrica;
- di misura, controllo e monitoraggio della centrale;
- di sicurezza e controllo.

L'impianto di produzione sarà costituito da 9 aerogeneratori, ognuno della potenza di 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva nominale di 59,4 MW. Gli aerogeneratori saranno ubicati in località Planu Serrantis nell'area a nord dell'abitato di Selegas e la sua frazione Seuni e a sud di quello di Gesico e Mandas, ad una distanza dai centri abitati rispettivamente di circa 2,6 km, 1,5 km, 1,4 km e 2,2 km, secondo una distribuzione che ha tenuto conto dei seguenti fattori:

- condizioni geomorfologiche del sito

- direzione principale del vento
- vincoli ambientali e paesaggistici
- distanze di sicurezza da infrastrutture e fabbricati
- pianificazione territoriale ed urbanistica in vigore

il tutto come meglio illustrato nello studio di impatto ambientale e relativi allegati.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessano una superficie di circa 500 ettari, anche se la quantità di suolo effettivamente occupato è significativamente inferiore pari a circa 20 ettari ed è limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, le opere di rete (cavidotti e cabina) e la viabilità di servizio all'impianto, come constatabile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

L'area di progetto, intesa sia come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto, con annesso piazzole e relativi cavidotti di interconnessione, interessa i territori comunali di Selegas, Gesico e Mandas.

Specifiche tecniche degli aerogeneratori

Gli aerogeneratori saranno ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala, con generatore di tipo asincrono. Il tipo di aerogeneratore da utilizzare verrà scelto in fase di progettazione esecutiva dell'impianto, nella progettazione è stato considerato il tipo SG170 da 6.6MW; dimensioni: diametro del rotore pari 170 m, altezza mozzo pari a 115 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m.

I contenuti del presente paragrafo sono estratti dall'elaborato di progetto "Relazione Tecnica Illustrativa" col fine di sintetizzare gli intenti e le finalità del progetto in essere ed inquadrare contestualmente le problematiche di natura geologica e geotecnica connesse alla realizzazione dell'intervento, oggetto dei successivi paragrafi.

4. Normativa vigente

- I principali riferimenti normativi presi in considerazione nel redigere il presente studio sono di seguito riportati:
 - - Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (di seguito PAI).
 - - Norme di Attuazione del P.A.I. (Aggiornate con Delibera G.R. n. 2/8 del 20/01/2022) Decreto del Presidente della Regione Sardegna n°14 del 07/12/2022.
 - - D.P.C.M. 29_09_1998 e relativi allegati.
 - - Statuto Speciale della Regione Sardegna.
 - - L.R. 7.1.1977 n° 1 "Norme sull'organizzazione amministrativa della Regione e sulle competenze della Giunta, della Presidenza e degli Assessori Regionali".
 - - Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018
 - Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
 - 2008. Decreto del Ministero delle infrastrutture 14 gennaio 2008 *Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*. (G.U. n. 29 del 04/02/2008 - Suppl. Ordinario n. 30).
 - 2006. *Ordinanza n. 3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 Aprile 2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*. (G.U. n. 108 del 11/05/2006).

- 2006. Decreto legislativo 3 Aprile 2006, n. 152 *Norme in materia ambientale* (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006)
- 2005. *Raccomandazioni per la redazione della "relazione geologica" ai sensi delle norme tecniche sulle costruzioni*. In: Collana di studi e ricerche a cura della fondazione "centro studi" del Consiglio Nazionale dei Geologi.
- 2004. Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 recante "*Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*" (G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004, n. 28 S.O.)
- 2003. *Ordinanza n. 3316 del Presidente del Consiglio dei Ministri 02 Ottobre 2003. Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*. (GU n. 236 del 10-10-2003)
- 2003. *Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 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*. (G.U. n. 72 del 08/05/2003 – Suppl. Ordinario n. 105).
- 2001. Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia* (G.U. n. 245 del 20/10/2001) e sue ss.mm.ii.
- 1952. Legge n. 991 del 25 Luglio 1952 recante *Provvedimenti in favore dei territori montani*.
- 2004. Deliberazione del 30/03/2004 (15/31) della Regione Autonoma della Sardegna *Disposizioni preliminari in attuazione dell'Ordinanza P.C.M. 3274 del 20.03.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*.
- Legge 18/05/1989 n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".

5. Assetto geologico di inquadramento

L'area oggetto di studio è ubicata nella Sardegna centro orientale, nella regione storica della Trexenta che confina ad ovest con quella del Campidano.

Le formazioni che affiorano nell'area sono costituite dal basamento metamorfico, dalle formazioni oligomioceniche e quaternarie.

Il paesaggio è caratterizzato da una morfologia nettamente montuosa nella parte orientale in corrispondenza degli affioramenti di rocce del basamento metamorfico, dove si trova infatti la quota massima, raggiunta a M. S. Vittoria (1209 m). Muovendosi da queste aree verso la parte centrale si passa rapidamente alle morfologie collinari e poi pianeggianti del settore occidentale ove affiorano successioni cenozoiche poco o nulla deformate, che caratterizzano questa area.

Il basamento metamorfico affiora ad est dell'area in esame non interessando direttamente gli interventi previsti in progetto.

In Sardegna è stata da tempo riconosciuta una strutturazione ercinica che ha fortemente influenzato l'assetto geologico attuale, anche per la ripetuta riattivazione di lineamenti tettonici ercinici durante il Mesozoico ed il Cenozoico

Il prodotto dell'orogenesi ercinica e tardo-ercinica, protrattasi dal Carbonifero Inferiore al Permiano, è riconoscibile in un basamento con una zonazione tettono-metamorfica tipica

delle catene collisionali, con direzione di trasporto generalmente da NNE verso SSW e in una diffusa granitizzazione.

Nella catena sono individuabili una Zona interna a N (Gallura, Asinara, Anglona), una Zona a falde nella Sardegna centrale e meridionale (Barbagia, Goceano, Ogliastra, Gerrei, Sarrabus, Arburese) ed una Zona esterna nella Sardegna sud-occidentale (Sulcis-Iglesiente). Il metamorfismo regionale, di tipo Barroviano, è progrado da SSW verso NNE. In tutta la Sardegna la fase collisionale è caratterizzata da pieghe isoclinali plurichilometriche, falde di ricoprimento, scistosità e sovrascorrimenti.

CARMIGNANI et alii (1982a; 1987; 1994b) distinguono le "Falde interne", caratterizzate da un grado metamorfico leggermente più alto e da una successione litostratigrafica paleontologicamente poco definita, che si estende dalla Barbagia fino al Goceano e alla Baronia ed il cui attuale fronte di sovrascorrimento affiora nel settore nord-orientale dell'area in esame, posto ad est dell'abitato di Mandas.

Durante il Terziario, l'aspetto geodinamico più significativo che interessò l'Isola è sicuramente la sua rotazione antioraria (solidale con la Corsica e fino a quel momento con il margine sud-europeo) che comportò l'apertura del Bacino balearico. L'interpretazione di questo fenomeno (datato da diversi Autori all'Aquitaniaco Langhiano) a scala della Provincia geodinamica mediterranea non è unanime.

Alcuni Autori individuano un'evoluzione tettonica sempre estensionale a partire dall'Oligocene superiore con impostazione di una fossa tettonica orientata circa N-S che attraversa l'Isola dal Golfo dell'Asinara a quello di Cagliari.

Altri ipotizzano che all'Oligocene Superiore - Aquitaniaco Inferiore il Blocco sardo-corso costituisca il retropaese della collisione tra Margine sud-europeo e Margine apulo e che originò l'Appennino settentrionale. I bacini aquitaniaci secondo questi Autori sarebbero perciò connessi con l'evoluzione collisionale appenninica, mentre i successivi bacini burdigaliani, con la rotazione antioraria del Blocco sardo-corso e relativa apertura del Bacino balearico. La formazione di questi bacini fu accompagnata da un vulcanismo oligomiocenico calcocalino, caratterizzato da grande estensione e notevoli spessori, che ne fanno un evento unico a scala del Mediterraneo occidentale durante il Terziario.

Al termine del Terziario (Pliocene Medio) la parte meridionale dell'Isola fu interessata da un ulteriore evento estensionale, probabilmente legato all'apertura del bacino del Tirreno meridionale, che originò la fossa tettonica del Campidano, ed il conseguente sollevamento delle aree limitrofe dell'Arburese, Sulcis ed Iglesias a W e del Sarrabus, Gerrei e Sarcidano a E. Questa fase fu accompagnata dalla venuta a giorno di basalti alcalini intraplacca che formarono espandimenti in gran parte dell'Isola. Quest'attività vulcanica anorogena proseguì anche per parte del Pleistocene.

Questa successione si trova in discordanza sulla successione mesozoica, e su quella paleozoica, dove affiorano depositi dell'intervallo compreso tra l'Eocene Inferiore ed il Pliocene, coperte a tratti dalle coltri quaternarie.

In Sardegna la sedimentazione marina s'interrompe nell'Eocene medio per riprendere alla fine dell'Oligocene e soprattutto all'inizio del Miocene con lo sviluppo, tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara, di diversi bacini in cui si sono depositati oltre 1000 m di sedimenti ("Fossa sarda" Auct.).

Tuttavia, dopo l'Eocene Inferiore al di fuori di queste depressioni, negli alti morfostutturali corrispondenti agli attuali Sulcis-Iglesiente, Arburese, Barbagia e Nuorese e probabilmente anche una parte della Nurra e della Gallura, le condizioni di continentalità non sono state mai interrotte. Nello specifico, nell'area in esame, alla sedimentazione delle formazioni giurassiche segue una nuova prolungata fase di continentalità interrotta dalla trasgressione dell'Eocene Inferiore. Quindi, dopo un altro periodo di cui non rimangono testimonianze, all'Oligocene superiore si ha la messa in posto di vulcaniti e sedimenti

continentali trasgressivi. Questi fanno da transizione a successioni prevalentemente marine in cui si distinguono 2 cicli sedimentari che vanno dall'Oligocene superiore al Burdigaliano medio e dal Burdigaliano superiore al Langhiano superiore. Sono contraddistinti da insiemi litologici differenti, nel I° ciclo abbonda la componente vulcanica, che è quasi del tutto assente nel II° ciclo. Nelle formazioni del I° ciclo la sedimentazione è stata fortemente condizionata dalla tettonica, quasi assente nel II° ciclo. L'area interessata dagli interventi è ubicata quasi esclusivamente sulle successioni vulcano sedimentarie terziarie.

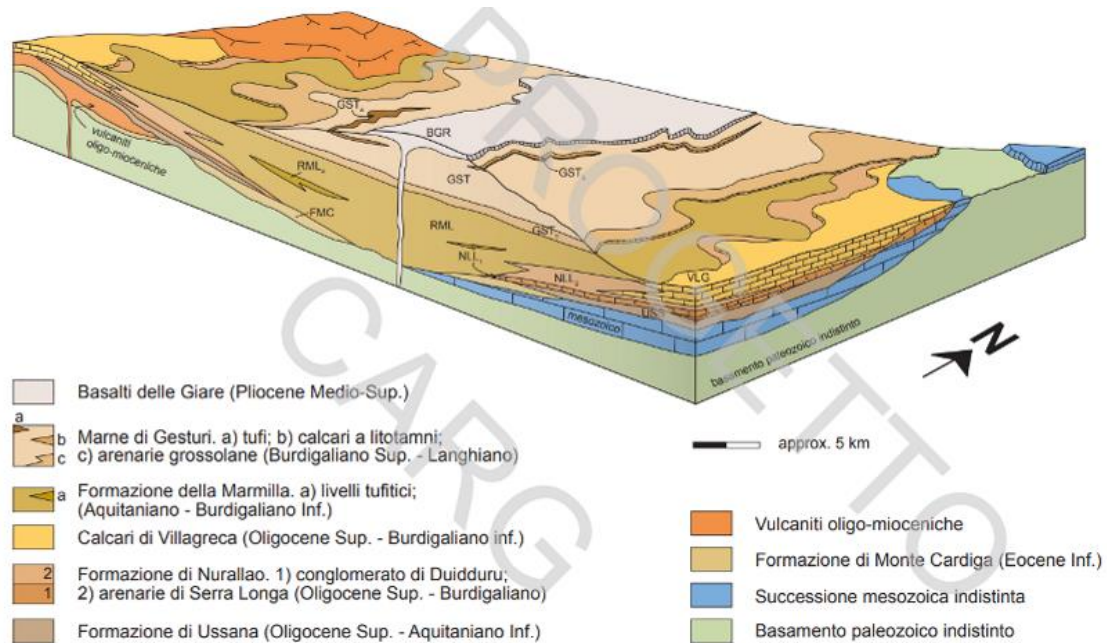


Fig. 26 - Rappresentazione tridimensionale schematica dei rapporti stratigrafici tra le formazioni mioceniche affioranti nel Foglio Mandas (per semplicità non è rappresentata la tettonica sin-sedimentaria).

Figura 7. Rappresentazione tridimensionale schematica dei rapporti stratigrafici tra le formazioni mioceniche affioranti nell'area vasta. (NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 foglio 540 MANDAS)

L'inquadratura geologica dell'area scaturisce dall'analisi della cartografia disponibile. L'area è inquadrabile nel Foglio 226 Mandas della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000; Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50.000: Foglio 540 - Mandas; Foglio 548 Senorbì - Foglio 547 Villacidro.

Inoltre l'area è inquadrata dalla Carta Geologica della Sardegna alla scala 1:200.000

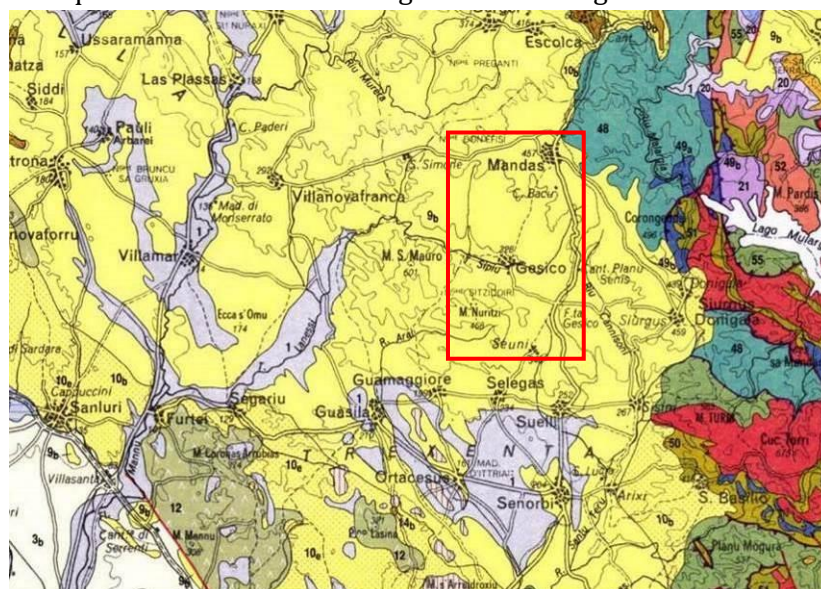


Figura 8. Stralcio della Carta Geologica della Sardegna 1:200.000

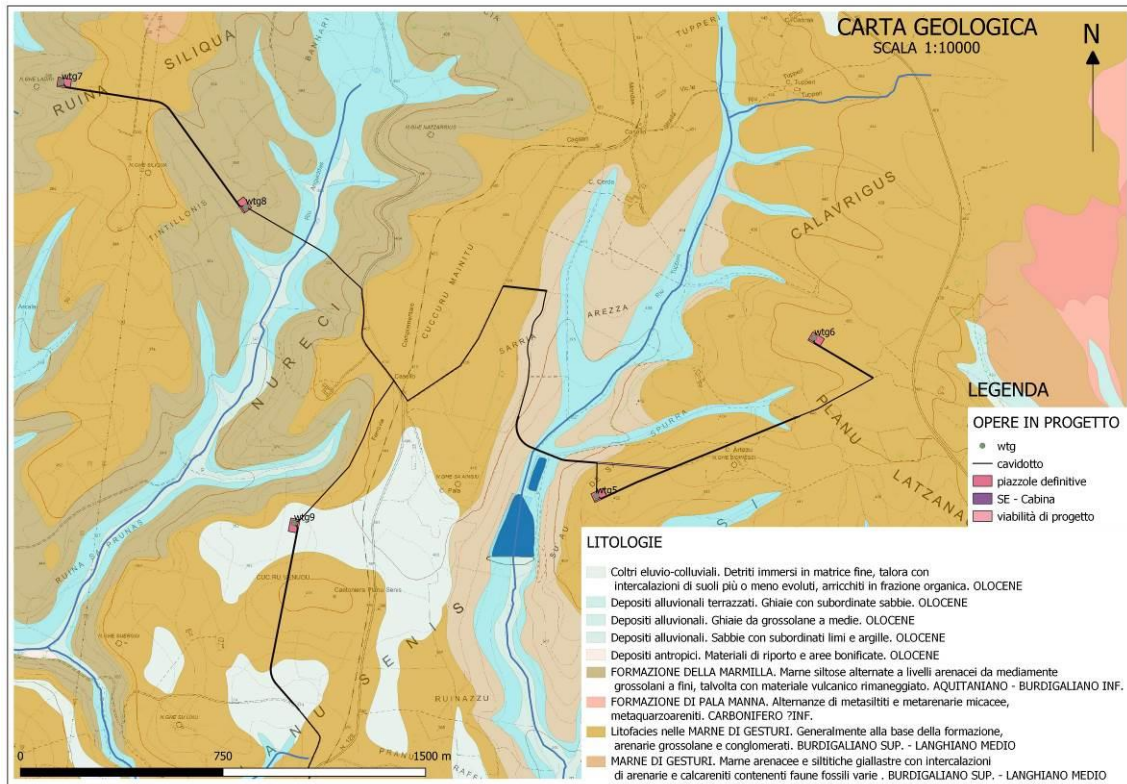


Figura 9. Stralcio Carta geologica settore NE, con aerogeneratori wtg5, wtg6, wtg7, wtg8, wtg9

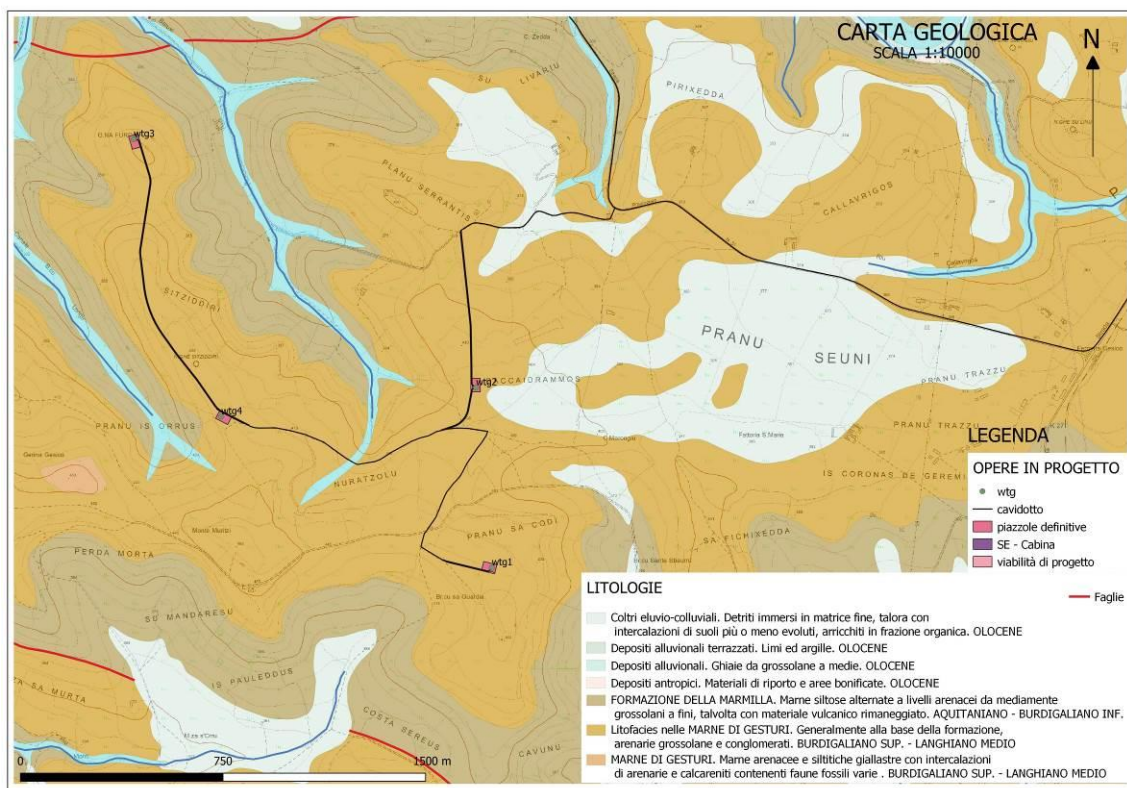


Figura 10. Stralcio Carta geologica settore SW, con aerogeneratori wtg1, wtg2, wtg3, wtg4

5.1. Caratteri geologici dei terreni affioranti e rilevamento geologico

Le litologie che caratterizzano la gran parte del territorio interessato dalle opere in progetto sono riferite alla "Successione vulcano-sedimentaria terziaria".

Questa successione si riferisce alla messa in posto nell'Oligocene superiore di vulcaniti e sedimenti continentali trasgressivi che fanno da transizione a successioni prevalentemente marine in cui si distinguono 2 cicli sedimentari che vanno dall'Oligocene superiore al Burdigaliano medio e dal Burdigaliano superiore al Langhiano superiore.

Nel I° ciclo abbonda la componente vulcanica, che è quasi del tutto assente nel II° ciclo.

Il substrato geologico del territorio su cui verranno posizionati gli aerogeneratori, è costituito da formazioni sedimentarie appartenenti al primo e secondo ciclo sedimentario mioceniche, corrispondenti ad un intervallo temporale compreso tra l'Aquitano e il Burdigaliano superiore.

La successione sedimentaria appartenente al primo ciclo sedimentario del Miocene è riferibile alla Formazione della Marmilla (**RML e RML_a**).

La formazione della Marmilla affiora estesamente nell'area in esame, ma nonostante l'elevata estensione areale, la qualità di affioramento è in genere scarsa in quanto spesso ricoperta da coltri di suoli intensamente coltivati. Gli affioramenti migliori si osservano in corrispondenza di trincee stradali, scavi, oppure in versanti acclivi e profonde incisioni vallive.

Si tratta di una facies di ambiente deposizionale distale di bassa energia. È costituita da un'alternanza, da decimetrica a metrica, spesso monotona, di siltiti e arenarie, spesso marne siltitiche, con stratificazione parallela e abbondante contenuto in foraminiferi e altri organismi planctonici. Talvolta si rinvenivano bancate inferiori al metro di arenarie medio-grossolane. Lungo la strada comunale Villamar-Gesico, recenti lavori di ampliamento e rettifica del tracciato hanno messo in evidenza alcune sezioni significative, dove è ben esposta un'alternanza monotona di livelli marnosi di spessore metrico e subordinati strati di arenaria da fine a molto fine, ben cementati, con stratificazione parallela sub-orizzontale. In occasione del rilevamento geologico sono stati osservati strati inclinati verso N-E, con alternanza ritmica di marne siltitico argillose in facies sia lapidea che incoerente. Lo strato lapideo si presenta fratturato sia in orizzontale che in verticale ad individuare blocchi di dimensioni da decimetriche a metriche, predisposti al crollo.



Figura 11. Alternanza di livelli arenacei e siltitici caratteristici della formazione della Marmilla, lungo la strada Villamar-Gesico

A questa formazione, spesso interessata da faglie sin-sedimentarie, si possono intercalare livelli di piroclastici ed arenarie tuftiche.

Nel settore di Gesico, sono frequenti banchi di arenaria grossolana a forte componente vulcanoclastica e scarsa cementazione carbonatica (tufti arenacee) associati a livelli di tufi cineritici contenenti localmente pomici alterate (**RML_a**). I tufi, in due o tre livelli discontinui lateralmente, spiccano nella successione marnoso-arenacea per il loro tipico colore bianco che li rende visibili in panorama anche da notevole distanza.

La loro presenza, assieme all'abbondante contenuto vulcanogenico che caratterizza tutta la successione, indica l'esistenza di vulcanismo attivo in aree emerse prossime al bacino sedimentario, responsabile di un rifornimento continuo di materiali.

Le giaciture sono sub-orizzontali o debolmente inclinate, con inclinazioni raramente superiori ai 10°. Queste sequenze, presentano spessori di diverse centinaia di metri; un sondaggio per ricerche idriche effettuato a N di Selegas indica uno spessore di circa 200 m. Caratteristici della formazione e di tutto il I ciclo (sedimentario) miocenico, sono gli effetti di una tettonica sin-sedimentaria, evidenziata non solo da numerose faglie, ma anche da strutture sedimentarie tipo "sismiti". Gli spessori osservabili in affioramento sono in genere poco superiori a 100 m; un sondaggio per ricerche idriche, realizzato nelle colline a N di Selegas, ha attraversato uno spessore di litologie mioceniche (arenarie e marne della formazione della Marmilla) di circa 200 m, rivelando la presenza del basamento paleozoico a 205 m di profondità.

Il tetto della formazione è rappresentato dai depositi del II° ciclo sedimentario miocenico (Marne di Gesturi, **GST**). Le Marne di Gesturi affiorano con notevole estensione nel settore interessato dagli interventi, rappresentando la formazione più estesa costituendo la parte sommitale della successione miocenica del settore. La successione è sovente ricoperta da spesse coltri di depositi colluviali, con formazione di notevoli spessori di suolo che ne impediscono una buona esposizione.

Il limite tra i due cicli è visibile in campagna in quanto evidenziato da deboli discordanze angolari e dalla presenza occasionale di sedimenti più grossolani, in genere conglomerati.

La successione delle Marne di Gesturi è costituita da una successione prevalentemente marnoso-arenacea (**GST**), al cui interno sono stati distinti: conglomerati basali e sabbie di ambiente transazionale (**GST_c**), banchi calcarenitici ad alghe (*Lithothamnium*) (**GST_b**) e, nella parte alta, livelli piroclastici e tufiti (**GST_a**).

Si tratta prevalentemente di una successione, potente alcune centinaia di metri, costituita da un'alternanza monotona di marne arenacee e siltitiche con subordinate intercalazioni di arenarie. Le marne di Gesturi poggiano in discordanza sulle sottostanti formazioni del I ciclo miocenico, sia sulla formazione della Marmilla che su quella di Nurallao, e talvolta direttamente sul basamento paleozoico. Nel settore di M. S. Mauro il passaggio fra I e II ciclo è marcato da una discordanza di circa 15-20°, associata alla comparsa di arenarie grossolane contenenti abbondanti resti conchigliari.



Figura 12. Vasto affioramento delle Marne di Gesturi a sud dell'abitato di Mandas nei pressi dell'aerogeneratore WTG7

Frane attive (**a1**) e antiche (**a1a**), sono state cartografate nel versante settentrionale di M. S. Mauro, ad E di Gesico, e nei versanti ad elevata acclività in cui i singoli fenomeni franosi non sono cartografabili singolarmente. Si tratta di caduta di blocchi di roccia, di dimensioni variabili da pochi decimetri, fino al metro cubo, che si innescano al contatto tra litotipi arenacei e marnosi delle marne di Gesturi, in genere a spese delle arenarie feldspatiche **GST_a**.

Tra i depositi quaternari sono presenti sedimenti alluvionali terrazzati, simili a quelli che caratterizzano i letti attuali (**b_a**). Essi sono dunque costituiti da tessiture grossolane, sabbie grossolane e ghiaie (**b_{na}**), e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli di silt (**b_{nb}**), in genere associati ad aree di esondazione. In zone prossime ai versanti i sedimenti all'interno degli alvei possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi.

Le coltri eluvio-colluviali (**b₂**), affiorano diffusamente come prodotto d'alterazione e rimaneggiamento delle sottostanti formazioni mioceniche. Queste ultime, infatti, sono spesso costituite da sedimenti sabbiosi o arenacei poco cementati talora alternati a livelli argillosi e marnosi, che costituiscono le condizioni ideali per un'accelerazione dei processi

di degradazione. Si tratta di depositi in cui sono presenti percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt) più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica. Generalmente sono mescolati con sedimenti più grossolani, di solito detriti da fini a medi, sempre subordinati. Nell'area rilevata sono stati osservati a sud di Gesico nelle località *Pranu Seuni*.

La Carta Geologica è allegata nella Tavola EOL-GEO-03.

6. Aspetti geomorfologici

La morfogenesi del settore d'interesse e dell'area vasta può essere attribuita al distacco definitivo dall'Europa e alla deriva nel Mediterraneo del massiccio sardo-corso, che portò allo smembramento della Sardegna nei suoi horst principali fra i quali si formò la vasta depressione meridiana (graben sardo) estesa dal Golfo dell'Asinara al Golfo di Cagliari. Questa conformazione, per la stabilità tettonica che si protrae dall'Oligocene sino ad oggi, è quella che imprime gli attuali lineamenti fisiografici della Sardegna. Le oscillazioni climatiche quaternarie e il susseguirsi delle variazioni eustatiche sono invece all'origine dei mutamenti morfologici.

L'evoluzione morfologica del rilievo è quindi il prodotto delle interazioni tra forze esogene e forze endogene. I fattori strutturali (forze endogene) che hanno influenzato l'evoluzione del rilievo nell'area investigata comprendono la tettonica in senso dinamico (orogenesi, attività disgiuntiva di faglie, movimenti differenziali, attività vulcanica - alla quale è dovuta la conformazione fisiografica attuale) e statico (giacitura, tettonizzazione, fratturazione) e la litologia, intesa come composizione mineropetrografica, coesione, alterabilità, resistenza, fragilità, delle rocce, cioè come caratteristiche fisiche e chimiche che condizionano la resistenza del materiale interessati da fenomeni di modellamento (forze esogene).

L'area in esame partendo da ovest si inserisce in un ambito di deposizione della Fossa del Campidano in cui si distinguono due grandi cicli morfogenetici il più antico riferibile al Pleistocene Superiore e il più recente all'Olocene. Dai versanti che delimitavano il Campidano, durante il Pleistocene superiore, si sono originate estese conoidi alluvionali coalescenti. La loro morfologia era caratterizzata da una più elevata acclività nei pressi del versante e da una progressiva diminuzione della stessa nella parte distale fino a generare conoidi dal profilo concavo. Sulla loro superficie le irregolarità topografiche dovute alla presenza di canali distributori sono stati in genere livellati da processi erosivi. Tutte queste conoidi sono state interessate da importanti processi di incisione che hanno condotto al loro terrazzamento. Le morfologie dei depositi di pianura legate alle dinamiche oloceniche sono state sovente cancellate dagli interventi antropici di bonifica, legati all'agricoltura che è la vocazione principale dell'area. (*Note Illustrative della Carta Geologica Fg.547 -Villacidro*).

Spostandoci verso est si trova la valle del Flumini Mannu, corso d'acqua di importanza regionale e il principale della Sardegna meridionale sebbene a regime torrentizio per la

permeabilità dei terreni attraversati dal bacino imbrifero, e la valle del suo affluente in sinistra idrografica Riu Lanessi.

Il riu Lanessi costituisce il primo affluente importante di sinistra del Flumini Mannu; l'asta ha una lunghezza di circa 20 km e scorre prevalentemente negli scisti e nel miocene della Trexenta. Il tracciato segue una linea tettonica orientata NE-SW e confluisce nel riu Flumini Mannu presso l'abitato di Furtei. Nel primo tratto di monte, di circa 4 km, l'alveo è relativamente stretto e poco inciso e ha andamento sub-rettilineo, in un fondovalle privo di insediamenti e di attraversamenti. Nei successivi 8 km, a valle della località Mitza Maciorra, l'asta assume un andamento sinuoso, in un ampio fondovalle alluvionale, all'interno del quale si individuano numerose forme d'erosione fluviale; lungo il tratto vi sono tre attraversamenti stradali e alcuni insediamenti che possono essere interessati da fenomeni di piena. (*Monografica Bacino Flumini Mannu*). Una lunga parte dell'elettrodotto in progetto percorre quasi parallelo l'andamento del Riu Lanessi impostatosi su una linea strutturale ad andamento nord/ovest - sud/est che ha guidato l'incisione del corso d'acqua nei terreni oligo-miocenici delle Marne di Gesturi sopra e delle Marne della Formazione delle Marmilla sotto. Il contesto geomorfologico assume un aspetto contraddistinto dalla diffusa presenza di rilievi collinari debolmente acclivi ad ossatura miocenica dalle forme dolci e arrotondate alternate ad ampie zone di piana alluvionale occupate dalle coltri terrigene alluvionali e colluviali oloceniche pedogenizzate in superficie.

Spostandoci ancora verso est in corrispondenza degli aerogeneratori in progetto, le quote dei rilievi aumentano impostandosi su morfologie tipiche i cui toponimi prendono il nome di Pranu e Planu ad indicare colline allungate in cui la combinazione tra le alternanze di litologie marnoso arenacee e i fattori strutturali con le giaciture degli strati delle rocce, crea particolari morfologie tabulari e a *cuestas*. Le quote infatti vanno dai 300 m slm fino a 455 m slm in corrispondenza dell'aerogeneratore wtg6 in prossimità dell'alto morfologico denominato Pranu Latzanau.

Queste forme sono da ricondurre all'erosione differenziale a cui sono soggette le rocce marnoso arenacee mioceniche, le quali mostrano una diversa risposta ai processi erosivi: le rocce arenacee come quelle della Formazione delle Marne di Gesturi, sono più resistenti e più dure e pertanto più difficilmente erodibili, rimangono in rilievo e danno origine a forme dalla sommità tabulare detti tavolati o *mesas* (se la giacitura è sub orizzontale) o *cuestas* (se la giacitura è anche debolmente inclinata, la cui sommità si riduce progressivamente per crolli che si verificano lungo i margini fino a diventare dei torrioni isolati. (*figura 13*)

Le litologie marnoso siltitiche, molto tenere e poco resistenti vengono facilmente spianate e modellate dando luogo a morfologie molto più arrotondate e allungate.

Il risultato di questa erosione differenziale tra strati a diversa resistenza è visibile in quanto è spesso marcato da una fascia di blocchi rocciosi accumulatosi per effetto di

fenomeni di crollo e rotolamento a causa del rapido arretramento per erosione al piede della sottostante formazione rocciosa marnosa più tenera.

Nella maggior parte dei casi questi crolli sono limitati alla porzione di terreno posto immediatamente sotto la cornice rocciosa grazie alle modeste pendenze dei rilievi collinari, ma l'assenza di vegetazione e l'erodibilità dei litotipi presenti rendono questi blocchi suscettibili di mobilitazione, ed è quindi possibile trovarli anche a quote inferiori.

Un altro processo morfologico che interessa le colline mioceniche è il dilavamento ad opera delle acque meteoriche e di flussi idrici, per via dell'elevata facilità di modellazione del substrato marnoso ma anche per la scarsa copertura vegetale del suolo, delle repentine variazioni climatiche che alternano periodi siccitosi lunghi a piogge brevi ma intense e anche alle lavorazioni agrarie che si spingono fino ad intercettare il substrato marnoso. Questi processi si esplicano in maniera diffusa e non ancora evoluti in fenomeni di ruscellamento concentrato.

I lineamenti geomorfologici ed i principali processi morfoclimatici in atto nell'area di studio sono riportati nella carta geologica e geomorfologica, nella quale vengono distinte le forme generali del rilievo e i principali processi geomorfologici in atto, elaborata a seguito del rilievo di superficie e ad un'accurata indagine fotointerpretativa.

La Carta Geomorfologica è allegata nella Tavola EOL-GEO-04.



Figura 13. Paesaggio a *mesas* (Pranu Idda e Cuccuru Casteddu) visibili ad est di Villamar dalla SP42



Figura 14. Paesaggio della *mesas* in località Genna Furca dove è prevista la realizzazione dell'aerogeneratore **wtg3**



Figura 15. Paesaggio con forme arrotondate, a sud dell'abitato di Mandas, in prossimità dell'aerogeneratore **wtg7**, impostato sulle marne siltose alternate a livelli arenacei

7. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea

Come già accennato, il paesaggio interessato dagli interventi in progetto presenta una morfologia collinare nella parte nord orientale, sub pianeggiante e blandamente degradante verso SW arrivando a Sanluri. Il bacino idrografico è quello del Flumini Mannu che nasce nel Tacco di Laconi le cui sorgenti dislocate alimentano i vari torrenti montani. In prossimità della stretta in località Is Barrocos il corso d'acqua principale viene sbarrato da una diga in calcestruzzo per poi drenare le acque dell'alta Marmilla, ricevendo in destra idrografica i torrenti provenienti dalla Giara di Gesturi e in sinistra i corsi d'acqua del M.

Corrogas e della Giara di Serri. Sempre in sinistra ma nel settore più meridionale sono presenti il Rio Mannu e il Rio Lanessi che nell'area trattata è l'affluente di maggiore rilevanza. A sud dell'abitato di Furtei il Flumini Mannu sbocca nella piana del Campidano, per poi sfociare infine alla confluenza con il Rio Cixerri nello stagno di Cagliari. Esso si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano.

Il Rio Lanessi nasce a Cuccuru Fenugu ad est dell'abitato di Gesico e con direzione prima E-W e poi NE-SW scorre in un alveo inciso e ricco di meandri e confluisce nel Flumini Mannu allo sbocco in pianura.

Da un punto di vista idrogeologico è possibile suddividere i terreni in base alle caratteristiche geolitologiche, con riferimento alla capacità di assorbimento.

Il basamento marnoso siltoso-argilloso risulta pressoché impermeabile a grande scala a meno di particolari condizioni di elevata fratturazione o variazioni stratigrafiche con presenza di intercalazioni arenacee-sabbiose e/o di bancate carbonatiche, entro le quali potrebbe instaurarsi una certa circolazione idrica profonda. Derivando dal medesimo substrato le coperture superficiali di natura colluviale, sono contraddistinte da porosità e permeabilità di fatto poco favorevoli a consentire un'infiltrazione efficace degna di nota.

Di seguito si riportano le classi di permeabilità per le litologie riscontrate nell'area in esame:

Permeabilità Medio - Alta

Vi rientrano i depositi alluvionali attuali e recenti, spesso sciolti e incoerenti, in particolare per le frazioni sabbioso-ghiaiose caratterizzate da una permeabilità medio-alta per porosità, che decresce nelle facies limoso-argillose. Anche i depositi detritici e di versante, costituiti da blocchi e clasti arenacei posti sotto le cornici rocciose arenacee fanno parte di questa classe di permeabilità.

Permeabilità Medio - Bassa

A questa classe appartiene il Complesso sabbioso conglomeratico (Formazione di Nurallao - Membro delle arenarie di Serra Longa): sono sabbie da fini a molto fini debolmente cementate e conglomerati in matrice arenacea con cementazione da debole a elevata. La permeabilità, media per porosità interstiziale, nelle facies conglomeratiche può ridursi fino a scarsa per l'aumento del grado di cementazione.

Appartengono a questa classe i depositi olocenici terrazzati e quelli alluvionale pleistocenici, la cui permeabilità varia da media a bassa in funzione del tenore di argilla e del grado di ferrettizzazione e cementazione. In questa classe rientrano anche le coltri eluvio-colluviali che derivando dal rimaneggiamento di terreni marnosi presentano complessivamente permeabilità bassa per porosità, localmente media laddove prevale la componente sabbiosa proveniente dall'erosione dei livelli arenacei.

Permeabilità da Molto Bassa a Bassa

A questa classe appartengono le successioni marnoso-siltose della formazione della Marmilla 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 causa della ridotta potenza e della mancanza di apporti idrici dagli affioranti delle formazioni marnose in cui sono immerse, non costituiscono un acquifero molto produttivo.

Inoltre il basamento cristallino ercinico rappresenta un substrato impermeabile delle successioni idrogeologiche dell'area, anch'esso presenta una permeabilità assente per porosità, che localmente può risultare apprezzabile per fratturazione, consentendo

l'infiltrazione delle acque meteoriche e alimentando la circolazione idrica sotterranea profonda, generalmente di modesta entità.

La modellazione geologica relativa all'area d'intervento non mostra evidenze in merito alla presenza di acquiferi superficiali, pertanto la circolazione idrica principale è identificabile con il reticolo idrografico e l'eventuale presenza di acqua nel sottosuolo è da riferire all'infiltrazione delle acque meteoriche nei primi metri.

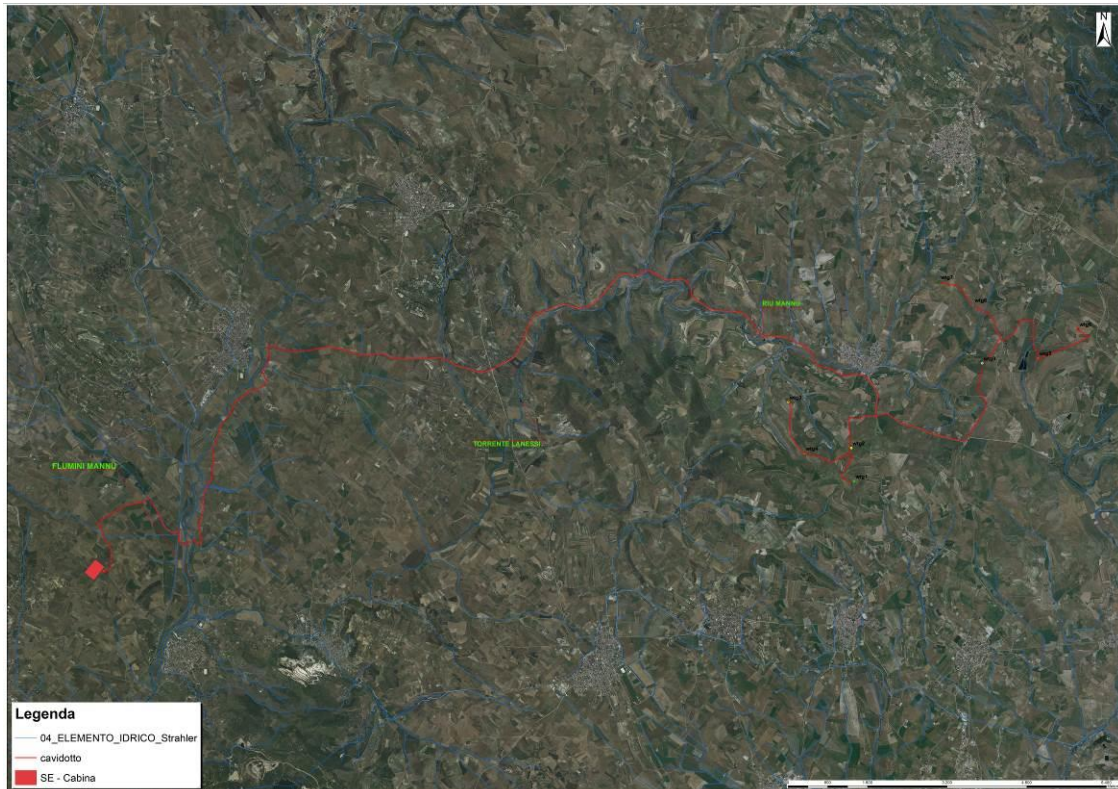


Figura 16. Elementi idrici

8. Caratterizzazione sismica

Per ciò che riguarda i parametri e i coefficienti sismici, in base alle norme tecniche per le costruzioni, contenute nel D.M. 17/01/18, si devono definire i parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione. La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Lo "stato limite" è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

I coefficienti sismici vengono determinati in base alla posizione geografica del sito (latitudine e longitudine) e sono funzione di parametri caratteristici definiti dalla normativa.

Le N.T.C. 2018 fissano i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e aggiornano le norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone.

L'art. 2 dell'Ordinanza OPCM 3274 del 2003 prevede che siano le Regioni, sulla base dei Criteri generali indicati dallo Stato ad individuare, formare ed aggiornare l'elenco delle zone sismiche.

Le Zone Sismiche sono fissate in numero di quattro, in funzione di quattro valori significati delle accelerazioni sismiche di progetto.

In particolare la classificazione sismica del territorio nazionale è articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

Tutta la Sardegna appartiene alla Zona Sismica 4.

L'assegnazione a tutto il territorio regionale della Sardegna a questa zona è stata in seguito confermata nell'Ordinanza del 2006 (OPCM 3519).

Parametro	Riferimento D.M. 17/01/18	Osservazioni / Considerazioni
V_N Vita nominale	Tabella 2.4.I	La vita nominale (V_N) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.
Classe d'uso	Punto 2.4.2	Suddivisione delle costruzioni in conseguenza all'interruzione di operatività o di un eventuale collasso.
C_U Coefficiente d'uso	Tabella 2.4.II per la Classe III	Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso.
V_R Periodo di riferimento per l'azione sismica	Punto 2.4.3	Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$
Categoria del sottosuolo	Tabella 3.2.II	Da definire in relazione al valore di propagazione delle onde di taglio V_s .
Categoria topografica	Tabella 3.2.III	È funzione delle caratteristiche della superficie topografica

Sismicità storica

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali. La sismicità storica dell'area interessata è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia), ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area di Cagliari, così come l'intera Regione Sardegna, presenta una sismicità storica molto bassa.

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 segnalati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli.

Il terremoto del 04.06.1616 determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

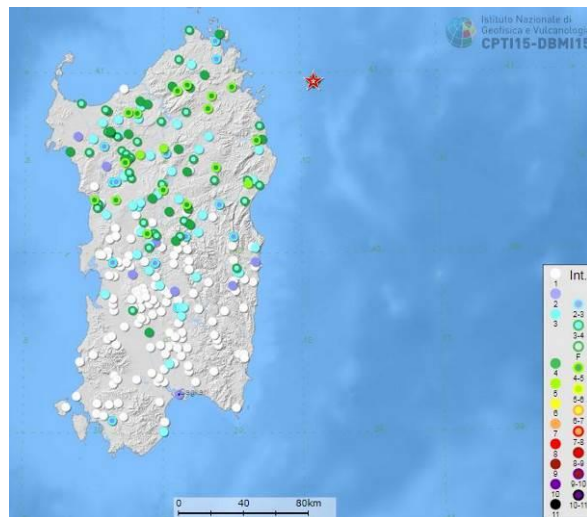
Degno di nota è anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa Nord Orientale al largo di Posada ed un sisma di analoga magnitudo il 9 novembre 2010, nella costa NW dell'Isola.

Altri episodi, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati in Sardegna nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 e ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità.

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

Alla luce di questo quadro, non si escludono che eventi sismici di eccezionale intensità, localizzati nel Tirreno, possano indurre vibrazioni i cui effetti sulla struttura possano determinarne danni.

Il catalogo CPTI15 riporta solo due eventi di magnitudo $\leq 5M_w$ (1897-2000), entrambi in mare, il primo localizzato nel Tirreno meridionale e il secondo nel Tirreno centrale, che hanno prodotto in terraferma effetti di modesta intensità. In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15, dimostra che la zona di SELEGAS, GESICO E MANDAS dove sono ubicati gli aerogeneratori e GUASILA, VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI dove sono ubicate le opere di connessione è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

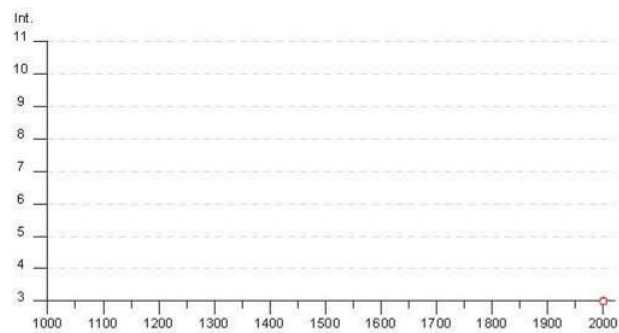


23/11/22, 09:32

CPTI15-DBMI15 v4 - Mandas

Mandas

PlaceID IT_68751
 Coordinates (lat, lon) 39.654, 9.129
 Municipality (ISTAT 2015) Mandas
 Province Cagliari
 Region Sardegna
 No. of reported earthquakes 2



Effects										Reported earthquakes		
Int.	Year	Mo	Da	Mo	Mi	Se	Epicentral area	RMDP	Io	Mw		
NF	1897	05	15	13	42	3	Tirreno meridionale	85	5	4.52		
3	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77		

Closest localities (within 10km) with reported macroseismic observations

Place name	EQs	Distance (km)
Gesico	1	5
Escolca	1	5
Serri	1	5
Gergei	1	6
Isili	1	10

Figura 17. Mappa dei terremoti storici in Sardegna e riferiti in particolare all'area di Gesico, Selegas e Mandas (Fonte: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

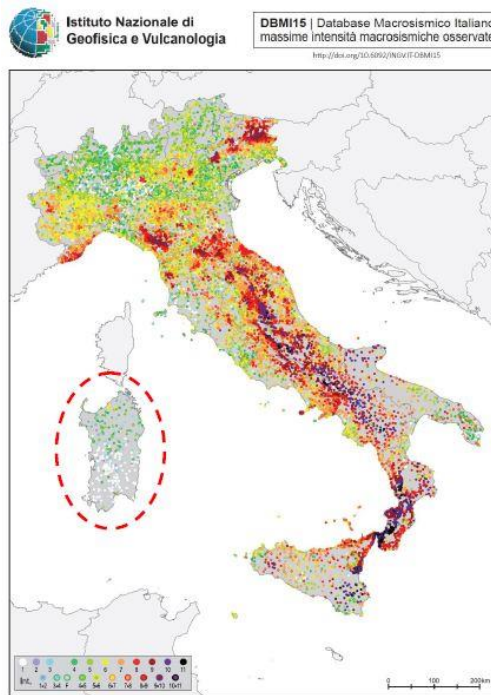


Figura 18. Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel DBMI15 (fonte: INGV).

Pericolosità sismica di base

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_r) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PVr) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r).

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

Per la definizione della categoria di sottosuolo in riferimento alle condizioni topografiche, nell'ambito dell'approccio semplificato alla definizione delle V_s , si può fare riferimento alla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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.

Nel caso in esame sono state effettuate n° 2 indagini sismiche ubicate sulle stesse litologie caratterizzate da formazioni marnoso-arenacea, al cui interno sono stati distinti: conglomerati basali e sabbie.

Per la categoria di sottosuolo, in entrambi i casi viene selezionata la categoria **B**.

Per la determinazione della categoria di sottosuolo vengono utilizzate le velocità di propagazione delle onde sismiche desunte dalle indagini svolte nel mese di novembre 2022 dal dott. Geol. Mario Nonne e le cui risultanze sono riportate nella relazione sulle indagini da questi redatta (“RELAZIONE PROVE GEOFISICHE”, alla quale si rimanda per i dettagli), allegata al presente elaborato come EOL-GEO-02.

Nel caso di specie, i valori di VS e il valore di VS/eq (espressione [3.2.1], NTC 2018) sono stati ottenuti mediante l'esecuzione di n° 2 stendimenti sismici con tecnica **MASW** (Multichannels Analysis Surface Waves).

MASW 1

L'elaborato “RELAZIONE PROVE GEOFISICHE” con riferimento alla MASW n. 1, realizzata a bordo di uno stradello interpoderale con direzione NW - SE, in prossimità dell'aerogeneratore **wtg1**, sui depositi di copertura delle formazioni marnose, riporta che *“L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 9 sismostrati con il raggiungimento del sub-strato sismico alla profondità di 4,4 metri dal p.c.”*

Strati	Profondità (m)	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	1,9	1,9	344
B	4,4	2,5	426
C	7,3	2,9	838
D	10,7	3,4	974
E	14,6	3,9	904
F	19	4,4	824
G	23,8	4,8	882
H	29,2	5,4	962
I	-	-	1066

Nel calcolo della “Velocità equivalente” Vseq si è tenuto conto dei due sismostrati rilevati con velocità inferiore agli 800 m/sec sino alla profondità di 4,4 metri dal p.c..

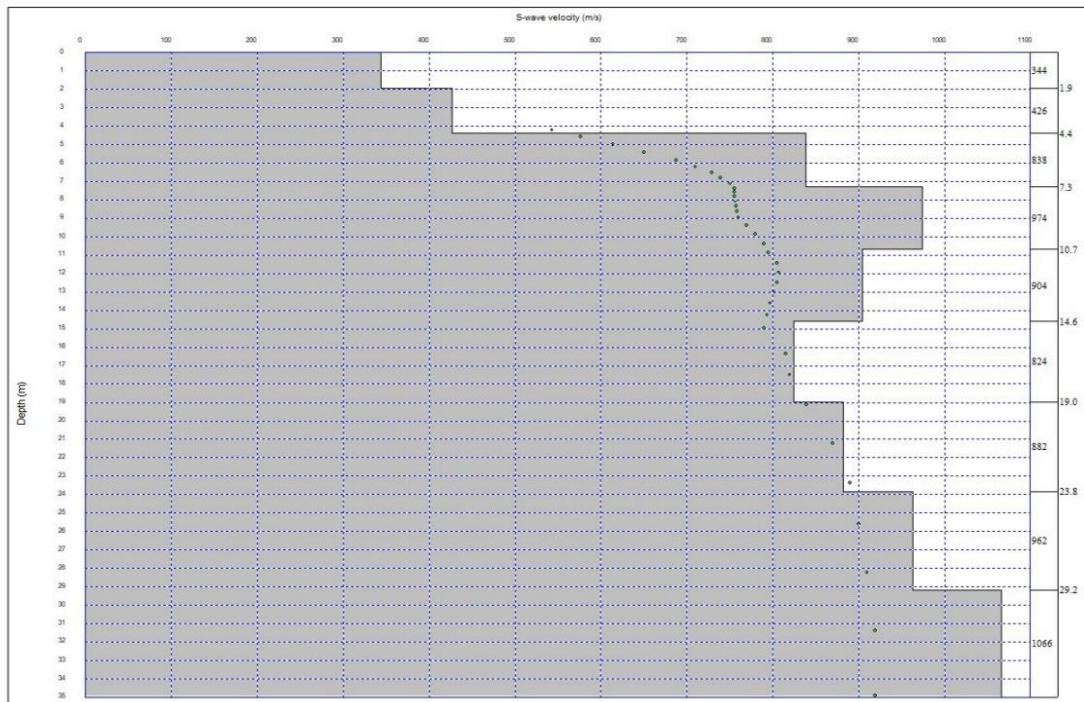


Figura 19. modello stratigrafico delle Vs

Considerando la stratigrafia ottenuta dall'elaborazione dello spettro di dispersione, la V_{seq} (NTC 2018), risultano pari a **386,24 m/s**. Tali caratteristiche classificano il terreno di fondazione (NTC 2018) alla **categoria B**.



Figura 20. Ubicazione MASW 1

MASW 2

L'elaborato "RELAZIONE PROVE GEOFISICHE" con riferimento alla MASW n. 2, realizzata a bordo di uno stradello interpoderale con direzione WNW - ESE, in prossimità

dell'aerogeneratore **wtg6**, sui depositi di copertura delle formazioni marnose, riporta che "L'analisi del profilo sismico per il calcolo delle Vs equivalenti è stata effettuata utilizzando un modello semplificato composto da 9 sismostrati con il raggiungimento del substrato sismico alla profondità di 8,6 metri dal p.c.."

Strati	Profondità (m)	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	1,6	1,6	273
B	3,5	1,9	367
C	5,8	2,3	535
D	8,6	2,8	702
E	11,7	3,1	973
F	15,2	3,5	1027
G	19,1	3,9	880
H	23,3	4,2	838
I	-	-	1050

Nel calcolo della "Velocità equivalente" V_{seq} si è tenuto conto dei quattro sismostrati rilevati con velocità inferiore agli 800 m/sec sino alla profondità di 8,6 metri dal p.c..

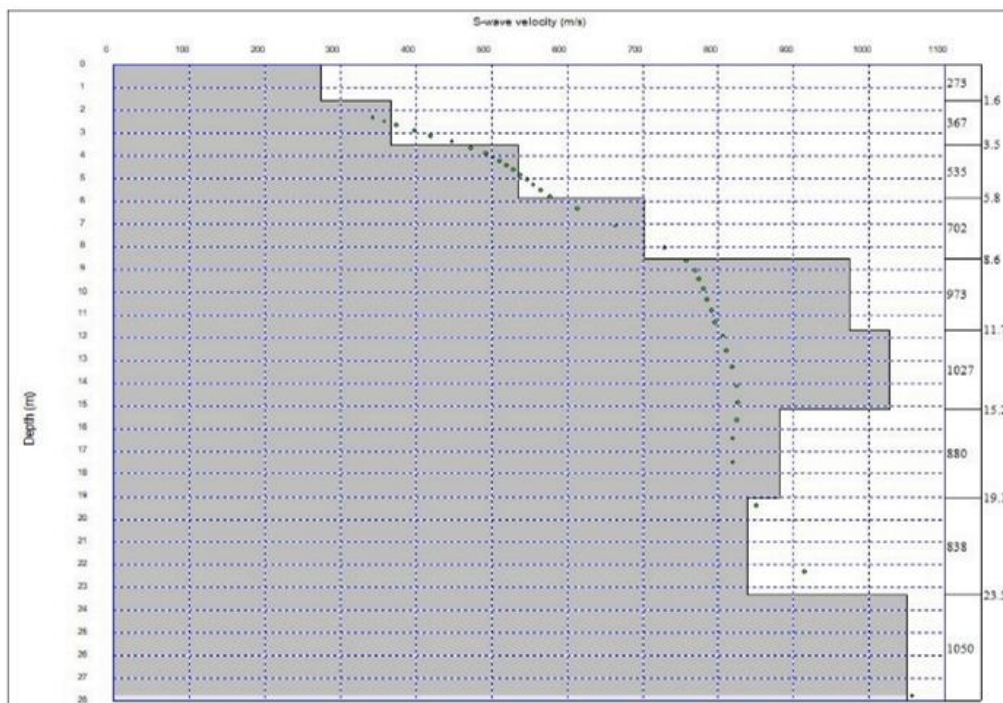


Figura 21. modello stratigrafico delle Vs

Considerando la stratigrafia ottenuta dall'elaborazione dello spettro di dispersione, la V_{seq} (NTC 2018), risultano pari a **445,01 m/s**. Tali caratteristiche classificano il terreno di fondazione (NTC 2018) alla **categoria B**.

Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da utilizzare in funzione delle scelte progettuali.

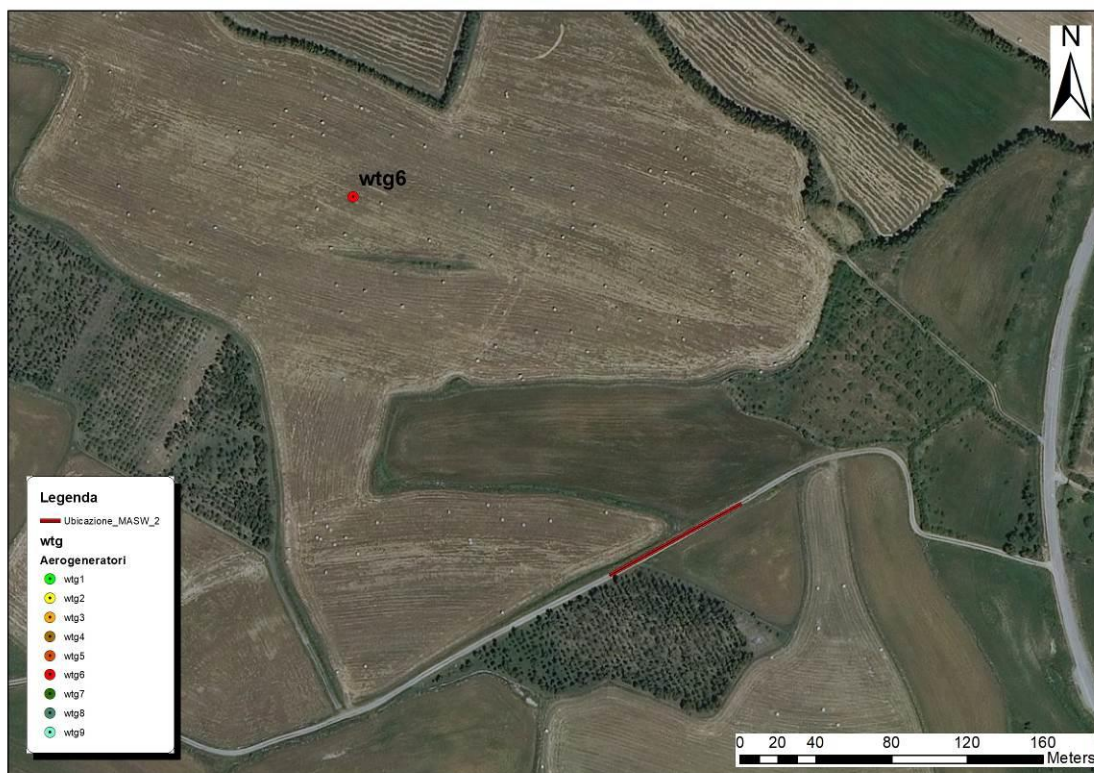


Figura 22. Ubicazione MASW 2

Per le categorie topografiche, vista la conformazione orografica del sito ed in riferimento alla tabella 3.2.III delle N.T.C. 2018 viene utilizzata la categoria **T2**.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \cdot CU$$

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Relativamente all'opera in Progetto si riassumono i relativi parametri:

Vn: 50 anni

Classe d'uso: II

Cu: 1,00

Vr: 50

Categoria del sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Le NTC 2018 stabiliscono il principio per cui le azioni sismiche sulle costruzioni si individuano in relazione alla pericolosità del sito definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** su roccia (suolo tipo A) e del corrispondente spettro di risposta elastico.

L'azione sismica, per il sito di edificazione e per la tipologia di costruzione definita (vita nominale, coefficiente d'uso), deve essere valutata relativamente allo Stato Limite da considerare.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono i seguenti:

Stati limite	PVR Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
(SLE)	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
(SLU)	SLC	5%

Fissata la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR per ciascun Stato Limite considerato, va determinato il periodo di ritorno (Tr) dell'evento sismico da considerare.

A seconda dei diversi stati limite si ottengono i seguenti tempi di ritorno Tr

Stati limite	Tempi di ritorno TR (anni)	
SLE	SLO	30
	SLD	35
SLU	SLV	332
	SLC	682

In corrispondenza dei diversi stati limite si riportano di seguito i valori dei parametri A_g , F_0 e T^*C nel sito in esame

	$a_g(g)$	F_0 (adim)	T^*C (sec)
SLO	0.0019	2.610	0.273
SLD	0.020	2.628	0.028
SLV	0.045	2.885	0.332
SLC	0.055	2.930	0.356

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.263	0.2	0.005	0.003
S.L.D.	0.282	0.2	0.006	0.003
S.L.V.	0.639	0.2	0.013	0.007
S.L.C.	0.776	0.2	0.016	0.008

9. Definizione del modello geologico preliminare

Al fine di fornire un indirizzo progettuale tale da individuare ed affrontare eventuali problematiche di natura geologica connessa alla realizzazione delle opere in progetto, è stata svolta una campagna di rilievi di superficie in situ e in un intorno significativo dell'area di intervento, le cui risultanze sono riportate nei paragrafi precedenti.

I dati litostratigrafici risultanti dalla campagna di rilievi condotta hanno consentito di definire il modello geologico preliminare del sito di intervento oggetto della presente progettazione. Questo scaturisce dunque dall'elaborazione dei dati a disposizione, esaminati in relazione alle opere in oggetto e da tutti gli inquadramenti precedentemente esposti.

Le litologie che caratterizzano la gran parte del territorio interessato dalle opere in progetto sono riferite alla "Successione vulcano-sedimentaria terziaria".

Su queste litologie sono ubicati gli aerogeneratori, le strade di servizio e gran parte del cavidotto.

La Successione sedimentaria appartenente al I° ciclo sedimentario è riferibile alla Formazione della Marmilla.

Questa è rappresentata da un'alternanza, da decimetrica a metrica, spesso monotona, di siltiti e arenarie e/o marne siltitiche, con stratificazione parallela. Talvolta si rinvengono bancate inferiori al metro di arenarie medio-grossolane.

Lungo la strada comunale Villamar-Gesico, dove è previsto il passaggio del cavidotto, sono osservabili alcune sezioni significative, dove è ben esposta un'alternanza monotona di livelli marnosi di spessore metrico e subordinati strati di arenaria da fine a molto fine, ben cementati, con stratificazione parallela sub-orizzontale.

Questa formazione affiora estesamente nell'area in esame, ma nonostante l'elevata estensione areale, la qualità di affioramento è in genere scarsa in quanto spesso ricoperta da coltri di suoli intensamente coltivati. Gli affioramenti migliori si osservano in corrispondenza di trincee stradali, scavi, oppure in versanti acclivi e profonde incisioni vallive.

La formazione è spesso interessata da faglie sin-sedimentarie, che si possono intercalare con livelli di piroclastici ed arenarie tufitiche.

Nel settore di Gesico, sono frequenti banchi di arenaria grossolana a forte componente vulcanoclastica e scarsa cementazione carbonatica (tufiti arenacee) associati a livelli di tufi cineritici contenenti localmente pomice alterate. I tufi, in due o tre livelli discontinui lateralmente, spiccano nella successione marnoso-arenacea per il loro tipico colore bianco che li rende visibili in panorama anche da notevole distanza.

Le giaciture sono sub-orizzontali o debolmente inclinate con spessori di diverse centinaia di metri a cui segue, in discordanza il basamento metamorfico.

Il tetto della formazione sedimentaria è rappresentato dai depositi del II° ciclo sedimentario miocenico rappresentate dalle Marne di Gesturi che affiorano con notevole estensione nel settore interessato dagli interventi, rappresentando la formazione più estesa costituendo la parte sommitale della successione miocenica del settore. Questa formazione è costituita prevalentemente da una successione marnoso-arenacea, al cui interno sono stati distinti: conglomerati basali e sabbie di ambiente transizionale, banchi calcarenitici e, nella parte alta, livelli piroclastici e tufiti.

La successione è sovente ricoperta da spesse coltri di depositi colluviali, con formazione di notevoli spessori di suolo che ne impediscono una buona esposizione.

Si tratta prevalentemente di una successione, potente alcune centinaia di metri, costituita da un'alternanza monotona di marne arenacee e siltitiche con subordinate intercalazioni di arenarie. Le marne di Gesturi poggiano in discordanza sulle sottostanti formazioni del I ciclo miocenico, sia sulla formazione della Marmilla che su quella di Nurallao, e talvolta direttamente sul basamento paleozoico.

Nell'area sono presenti frane attive e antiche, nel versante settentrionale di M. S. Mauro, ad E di Gesico, e nei versanti ad elevata acclività in cui i singoli fenomeni franosi non sono cartografabili puntualmente. Si tratta di caduta di blocchi di roccia, di dimensioni variabili da pochi decimetri, fino al metro cubo, che si innescano al contatto tra litotipi arenacei e marnosi delle marne di Gesturi.

Tra i depositi quaternari sono presenti sedimenti alluvionali terrazzati, simili a quelli che caratterizzano i letti attuali. Sono costituiti da tessiture grossolane, sabbie grossolane e ghiaie, e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli di silt, in genere associati ad aree di esondazione. In zone prossime ai versanti i sedimenti all'interno degli alvei possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi.

Le coltri eluvio-colluviali, affiorano diffusamente come prodotto d'alterazione e rimaneggiamento delle sottostanti formazioni mioceniche. Queste ultime, infatti, sono spesso costituite da sedimenti sabbiosi o arenacei poco cementati talora alternati a livelli argillosi e marnosi, che costituiscono le condizioni ideali per un'accelerazione dei processi di degradazione. Si tratta di depositi in cui sono presenti percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt) più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica. Generalmente sono mescolati con sedimenti più grossolani, di solito detriti da fini a medi, sempre subordinati. Nell'area rilevata sono stati osservati a sud di Gesico nelle località *Pranu Seuni*.

Nell'area dove sono stati ubicati gli aerogeneratori in progetto, le quote dei rilievi sono impostati su morfologie tipiche con colline allungate in cui la combinazione tra le alternanze di litologie marnoso arenacee e i fattori strutturali con le giaciture degli strati delle rocce, crea particolari morfologie tabulari e a cuestas. Le quote infatti vanno dai 300

m slm fino a 455 m slm in corrispondenza dell'aerogeneratore wtg6 in prossimità dell'alto morfologico denominato Pranu Latzanau.

Queste forme sono da ricondurre all'erosione differenziale a cui sono soggette le rocce marnose arenacee mioceniche, le quali mostrano una diversa risposta ai processi erosivi: le rocce arenacee come quelle della Formazione delle Marne di Gesturi, sono più resistenti e più dure e pertanto più difficilmente erodibili, rimangono in rilievo e danno origine a forme dalla sommità tabulare detti tavolati o *mesas* (se la giacitura è sub orizzontale) o *cuestas* (se la giacitura è anche debolmente inclinata), la cui sommità si riduce progressivamente per crolli che si verificano lungo i margini fino a diventare dei torrioni isolati.

Le litologie marnose siltitiche, molto tenere e poco resistenti vengono facilmente spianate e modellate dando luogo a morfologie molto più arrotondate e allungate.

Il risultato di questa erosione differenziale tra strati a diversa resistenza è visibile in quanto è spesso marcato da una fascia di blocchi rocciosi accumulatosi per effetto di fenomeni di crollo e rotolamento a causa del rapido arretramento per erosione al piede della sottostante formazione rocciosa marnosa più tenera.

Nella maggior parte dei casi questi crolli sono limitati alla porzione di terreno posto immediatamente sotto la cornice rocciosa grazie alle modeste pendenze dei rilievi collinari, ma l'assenza di vegetazione e l'erodibilità dei litotipi presenti rendono questi blocchi suscettibili di mobilitazione, ed è quindi possibile trovarli anche a quote inferiori.

Da un punto di vista idrogeologico è possibile suddividere i terreni in base alle caratteristiche geolitologiche, con riferimento alla capacità di assorbimento.

Il basamento marnoso siltoso-argilloso risulta pressoché impermeabile a grande scala a meno di particolari condizioni di elevata fratturazione o variazioni stratigrafiche con presenza di intercalazioni arenacee-sabbiose e/o di bancate carbonatiche, entro le quali potrebbe instaurarsi una certa circolazione idrica profonda. Derivando dal medesimo substrato le coperture superficiali di natura colluviale, sono contraddistinte da porosità e permeabilità di fatto poco favorevoli a consentire un'infiltrazione efficace degna di nota.

I depositi olocenici terrazzati e quelli alluvionale pleistocenici, sono caratterizzati da una permeabilità che varia da media a bassa in funzione del tenore di argilla e del grado di ferrettizzazione e cementazione.

I depositi alluvionali attuali e recenti, spesso sciolti e incoerenti, in particolare per le frazioni sabbioso-ghiaiose sono caratterizzate da una permeabilità medio-alta per porosità, che decresce nelle facies limoso-argillose. Anche i depositi detritici e di versante, costituiti da blocchi e clasti arenacei posti sotto le cornici rocciose arenacee fanno parte di questa classe di permeabilità.

Non disponendo di indagini geognostiche dirette, quali pozzetti geognostici o sondaggi, utilizzando le correlazioni riportate nella *Relazione Sismica* allegata, si può ipotizzare la seguente successione stratigrafica:

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MIOCENICA				
STRATO	PROFONDITA' MEDIA (m dal p.c.)		LITOLOGIA	SPESSORE (m)
1	1.5/2.00		MATERIALE DI COPERTURA	1.5/2.00
3	4.00/8.00		MARNE IN FACIES DI ALTERAZIONE	2.50/7.00
3	20.00/22.00		MARNE	13.00/15.00

Le prove geofisiche hanno evidenziato per la MASW1 nei primi 4,4 metri e per la MASW2 nei primi 8,6 metri delle velocità basse associabili a litologie della copertura o formazioni alterate marnose. Al di sotto di questo livello si ha un incremento graduale, con l'aumentare della profondità, delle Vs associabile alle formazioni marnoso e marnoso arenacee, con grado di alterazione e/o fratturazione che diminuisce con l'aumentare della profondità.

Tali ricostruzioni stratigrafiche dovranno essere verificate con l'esecuzione di apposite indagini geognostiche dirette, quali sondaggi e/o pozzetti geognostici.

Per la definizione del modello geologico definitivo si rimanda ad un approfondimento del quadro conoscitivo a livello locale di ogni singola torre, tale approfondimento dovrà investigare i livelli stratigrafici interessati dalle fondazioni delle opere in progetto e del suo intorno significativo.

9.1 Parametri geotecnici preliminari

Per una prima caratterizzazione geotecnica preliminare, vengono illustrati i parametri geotecnici relativi alle formazioni sedimentarie e di copertura, affioranti nei pressi dell'area in cui verranno realizzate le torri degli aerogeneratori.

Per la determinazione dei parametri geotecnici, in assenza di indagini specifiche dirette, verranno forniti i parametri riportati dalle correlazioni contenute nella Relazione Sismica allegata.

In via preliminare si può utilizzare le velocità sismica Vs e Vp correlata per estrapolare dei valori geotecnici correlati. Le correlazioni utilizzate sono state attinte da "Stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata" di Roccaforte-Cucinotta - Dario Flaccovio editore.

Nella seguente tabella si riportano i parametri geotecnici ricavati dalle correlazioni, evidenziando che tali correlazioni geotecniche ricavate dalle Vs costituiscono un riferimento di massima in assenza di indagini specifiche di tipo diretto.

		MASW 1											
1° SISMOSTRATO	INTERPRETAZIONE SISMICA	P	H	Vp	Vs	p	v	G	E	Ev	Nspt	UCS	Fi
		[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[kN/m ³]		[MPa]	[MPa]	[MPa]	Jafari	Mpa	[°]
1° SISMOSTRATO	Materiale della copertura	1,9	1,9	520	344	18,5	0,28	223	571	428	28	0,7	44,8
2° SISMOSTRATO	Marne alterate	4,4	2,5	950	426	19,5	0,37	362	994	1316	37	2,0	49,8
3° SISMOSTRATO	Marne	20	15,6	2100	880	23,4	0,39	1849	5154	8066	Rifiuto	14,0	70,8

		MASW 2											
1° SISMOSTRATO	INTERPRETAZIONE SISMICA	P	H	Vp	Vs	p	v	G	E	Ev	Nspt	UCS	Fi
		[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[kN/m ³]		[MPa]	[MPa]	[MPa]	Jafari	Mpa	[°]
1° SISMOSTRATO	Materiale della copertura	1,6	1,6	560	273	17,5	0,34	133	357	362	22	0,6	39,8
2° SISMOSTRATO	Marne alterate	3,5	1,9	630	367	18,6	0,24	258	643	417	31	0,7	46,2
3° SISMOSTRATO	Marne alterate	8,6	5,1	1300	560	20,9	0,39	669	1854	2713	50	4,4	56,9
4° SISMOSTRATO	Marne	22	13,4	2100	880	23,4	0,39	1849	5154	8066	Rifiuto	14,0	70,8

Per la determinazione dei parametri geotecnici puntuali nell'area di sedime delle fondazioni di ogni singola torre degli aerogeneratori, si rimanda ad un maggiore approfondimento in fase di progettazione definitiva una volta acquisiti maggiori elementi conoscitivi basati su una idonea campagna di indagini geognostiche e geotecniche.

10. Conclusioni

La presente Relazione è parte integrante del progetto denominato "PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "PLANU SERRANTIS" COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 6,6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW SITO NEI COMUNI DI SELEGAS, GESICO E MANDAS (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI GUASILA, VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI (SU).

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6 MW per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nella Provincia del Sud Sardegna, nei territori comunali di Selegas, Gesico e Mandas in cui insistono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto interrato, mentre nei territori comunali di Guasila, Villanovafranca, Villamar, Furtei, Sanluri ricade la restante parte dell'elettrodotto e la Cabina Utente.

La presente Relazione Geologica fornisce la descrizione dei lineamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell'area oggetto di intervento.

La redazione del presente elaborato è stata preceduta da accurati rilievi sul campo che ha consentito di definire il modello geologico del sito di intervento oggetto della presente progettazione, grazie anche alla realizzazione di indagini sismiche con metodologia MASW.

L'area in esame ed il suo intorno ben si prestano alla definizione della litostratigrafia locale, vista la presenza di affioramenti, di diverse sezioni stradali e fronti di scavo, più o meno estesi, che per la loro continuità spaziale e la loro vicinanza all'area indagata hanno consentito la caratterizzazione dei litotipi rilevati, rendendo possibile localmente l'osservazione diretta di sequenze litostratigrafiche ben esposte.

Le litologie che caratterizzano la gran parte del territorio interessato dalle opere in progetto sono riferite alla "Successione vulcano-sedimentaria terziaria".

Su queste litologie sono ubicati gli aerogeneratori, le strade di servizio e gran parte del cavidotto.

La Successione sedimentaria appartenente al I° ciclo sedimentario è riferibile alla Formazione della Marmilla che è rappresentata da un'alternanza, da decimetrica a metrica, spesso monotona, di siltiti e arenarie, spesso marne siltitiche, ben cementate e con stratificazione parallela sub orizzontale. Talvolta si rinvencono bancate inferiori al metro di arenarie medio-grossolane.

Questa formazione affiora estesamente nell'area in esame, ma nonostante l'elevata estensione areale, la qualità di affioramento è in genere scarsa in quanto spesso ricoperta da coltri di suoli intensamente coltivati. Gli affioramenti migliori si osservano in corrispondenza di trincee stradali, scavi, oppure in versanti acclivi e profonde incisioni vallive.

Nel settore di Gesico, sono frequenti banchi di arenaria grossolana a forte componente vulcanoclastica e scarsa cementazione carbonatica (tufiti arenacee) associati a livelli di tufi cineritici contenenti localmente pomici alterate.

Il tetto della formazione sedimentaria è rappresentato dai depositi del II° ciclo sedimentario miocenico rappresentate dalle Marne di Gesturi che affiorano con notevole estensione nel settore interessato dagli interventi, rappresentando la formazione più estesa costituendo la parte sommitale della successione miocenica del settore. Questa formazione è costituita prevalentemente da una successione marnoso-arenacea, al cui interno sono stati distinti: conglomerati basali e sabbie di ambiente transizionale, banchi calcarenitici e, nella parte alta, livelli piroclastici e tufiti.

La successione è sovente ricoperta da spesse coltri di depositi colluviali, con formazione di notevoli spessori di suolo che ne impediscono una buona esposizione.

Si tratta prevalentemente di una successione, potente alcune centinaia di metri, costituita da un'alternanza monotona di marne arenacee e siltitiche con subordinate intercalazioni di arenarie.

Tra i depositi quaternari sono presenti sedimenti alluvionali terrazzati, simili a quelli che caratterizzano i letti attuali. Sono costituiti da tessiture grossolane, sabbie grossolane e ghiaie, e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli di silt, in genere associati ad aree di esondazione. In zone prossime ai versanti i sedimenti all'interno degli alvei possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi.

Le coltri eluvio-colluviali, affiorano diffusamente come prodotto d'alterazione e rimaneggiamento delle sottostanti formazioni mioceniche.

La modellazione geologica relativa all'area d'intervento non mostra evidenze in merito alla presenza di acquiferi superficiali, pertanto la circolazione idrica principale è identificabile con il reticolo idrografico e l'eventuale presenza di acqua nel sottosuolo è da riferire all'infiltrazione delle acque meteoriche nei primi metri.

Da un punto di vista idrogeologico è possibile suddividere i terreni in base alle caratteristiche geolitologiche, con riferimento alla capacità di assorbimento.

Il basamento marnoso siltoso-argilloso risulta pressoché impermeabile a grande scala a meno di particolari condizioni di elevata fratturazione o variazioni stratigrafiche con presenza di intercalazioni arenacee-sabbiose entro le quali potrebbe instaurarsi una certa circolazione idrica profonda. Le coperture superficiali di natura colluviale, sono contraddistinte da porosità e permeabilità di fatto poco favorevoli a consentire un'infiltrazione efficace.

L'area è caratterizzata da morfologie collinari a volte allungate in cui la combinazione tra le alternanze marnoso arenacee, più dure e resistenti, e quelle marnoso siltitiche, molto tenere e poco resistenti, danno origine a forme dalla sommità tabulare detti tavolati o *mesas* (se la giacitura è sub orizzontale) o *cuestas* (se la giacitura è anche debolmente inclinata), la cui sommità si riduce progressivamente per crolli che si verificano lungo i margini fino a diventare dei torrioni isolati.

Tale conformazione, dal punto di vista strettamente geomorfologico, nell'area dove sono stati ubicati la gran parte degli aerogeneratori in progetto, non crea particolari criticità, in virtù dell'assenza di fattori predisponenti al dissesto gravitativo, quali pendenze elevate, ad eccezione dell'aerogeneratore WTG3 e una parte del cavidotto ubicato nel Comune di Gesico, che il PAI perimetra a pericolosità da frana media Hg2 (aerogeneratore WTG3) e pericolosità elevata Hg3 (parte del cavidotto).

In base a questa perimetrazione il progetto è soggetto al rispetto dell'art. 31 delle NTA del PAI che nel caso specifico prevede la redazione di uno studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica a firma di un geologo e di un ingegnere.

Per una prima caratterizzazione geotecnica preliminare, sono stati utilizzati i parametri geotecnici relativi alle formazioni sedimentarie e di copertura affioranti nei pressi dell'area in cui verranno realizzate le torri degli aerogeneratori.

Per la determinazione dei parametri geotecnici, in assenza di indagini specifiche dirette, vengono forniti i parametri riportati dalle correlazioni contenute nella *Relazione Sismica* allegata e riportati nel paragrafo 10.1, evidenziando che tali correlazioni geotecniche ricavate dalle *Vs* costituiscono un riferimento di massima in assenza di indagini specifiche di tipo diretto.

Sono state effettuate n° 2 indagini sismiche con tecnica MASW ubicate sui depositi di copertura delle formazioni marnose. Per la categoria di sottosuolo, in entrambi i casi viene individuata la categoria **B**.

In conclusione, sulla base dei rilievi e degli studi condotti nell'area di interesse progettuale e nel suo intorno significativo, considerate le caratteristiche delle opere in progetto e i necessari accorgimenti progettuali, è possibile concludere attestando la fattibilità geologica dell'intervento.

Siniscola, novembre 2022

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Roberto Tola



APPENDICE

STRALCIO FUORI SCALA CTR AEROGENERATORI

STRALCIO FUORI SCALA CTR CON TRACCIATO

STRALCIO FUORI SCALA IGM

STRALCIO FUORI SCALA IGM STORICO

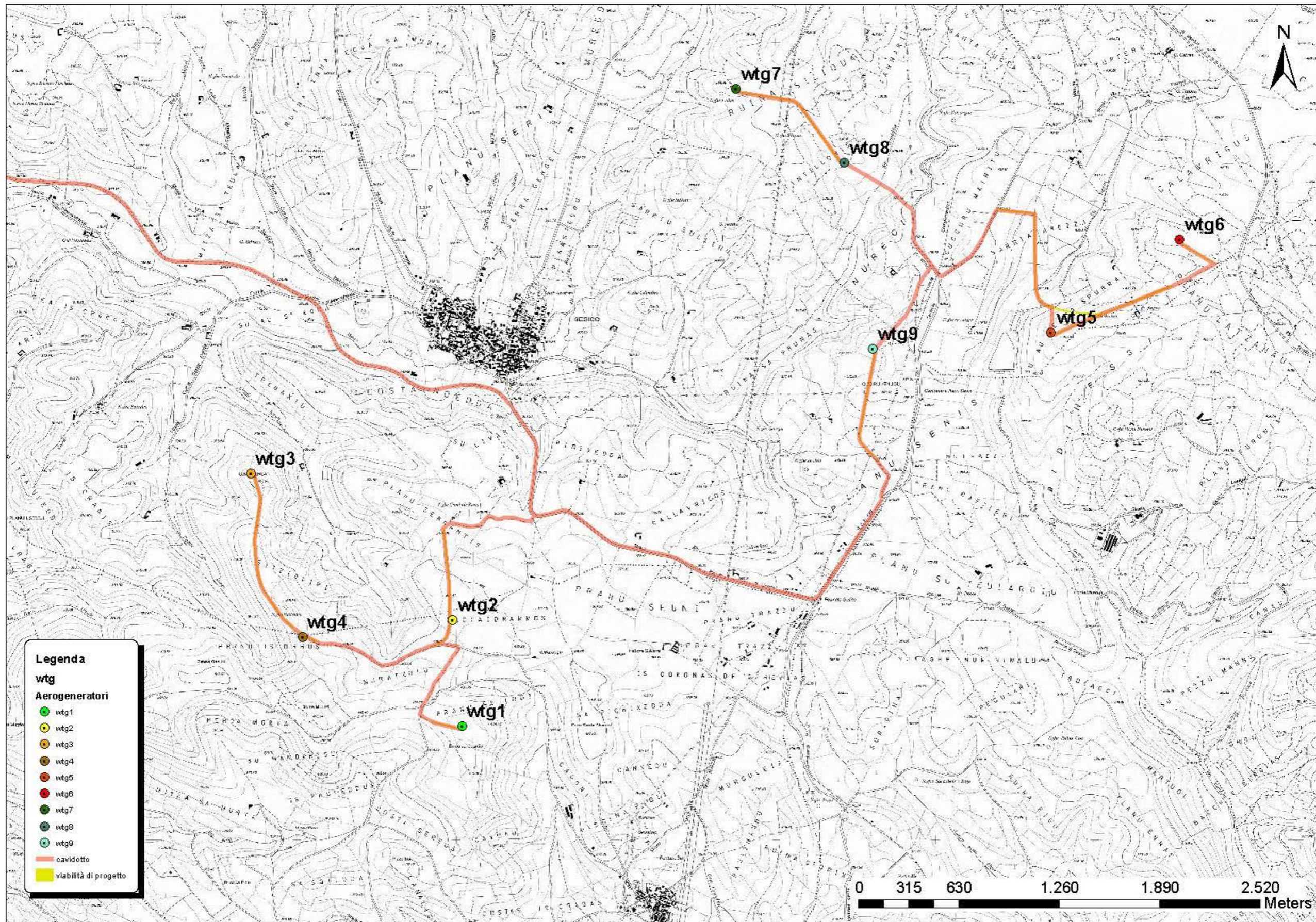
STRALCIO FUORI SCALA ORTOFOTO CON AEROGENERATORI

STRALCIO FUORI SCALA ORTOFOTO CON TRACCIATO

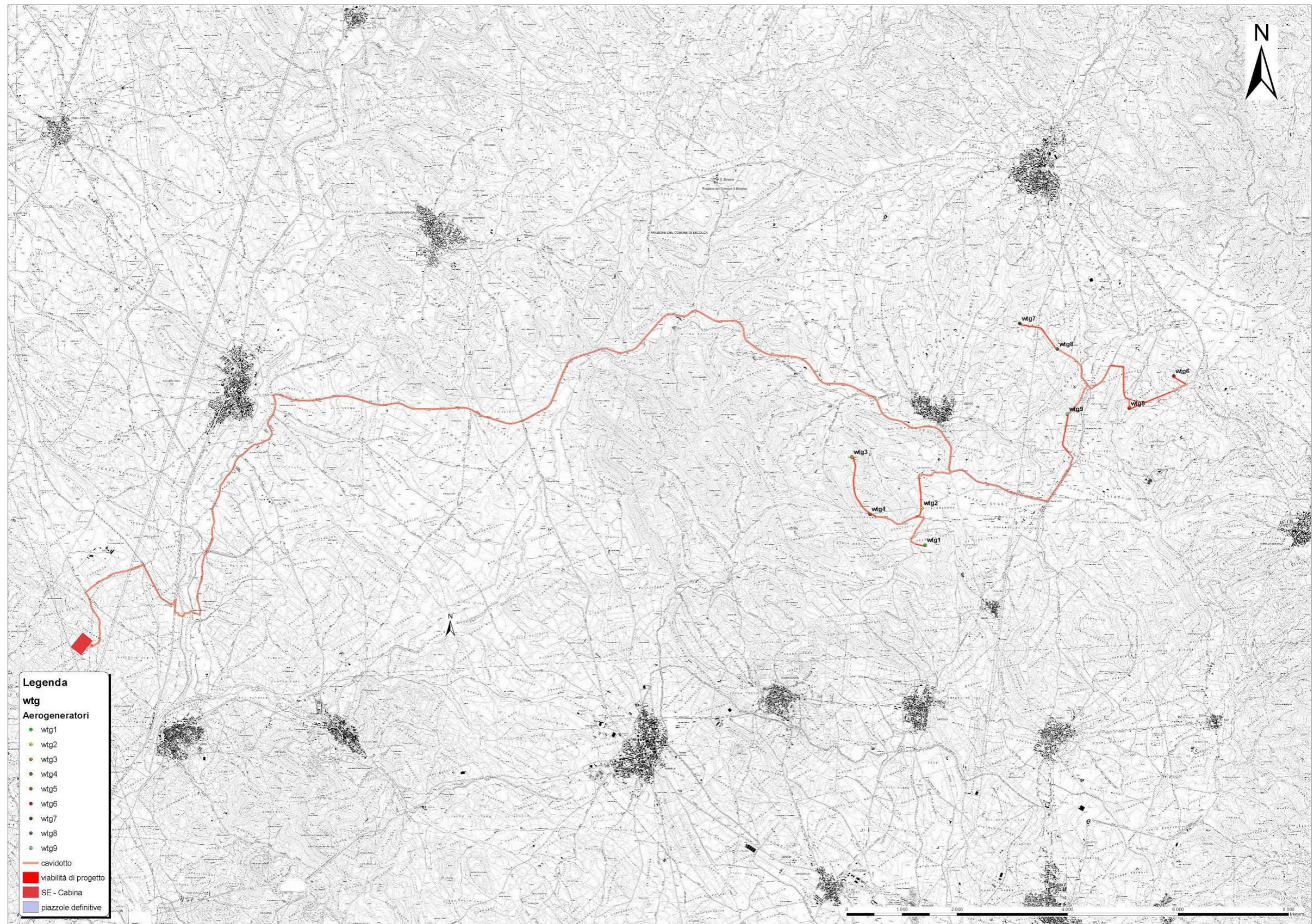
STRALCIO FUORI SCALA CARTA GEOLOGICA CON AEROGENERATORI

STRALCIO FUORI SCALA CARTA GEOLOGICA CON AEROGENERATORI E
TRACCIATO

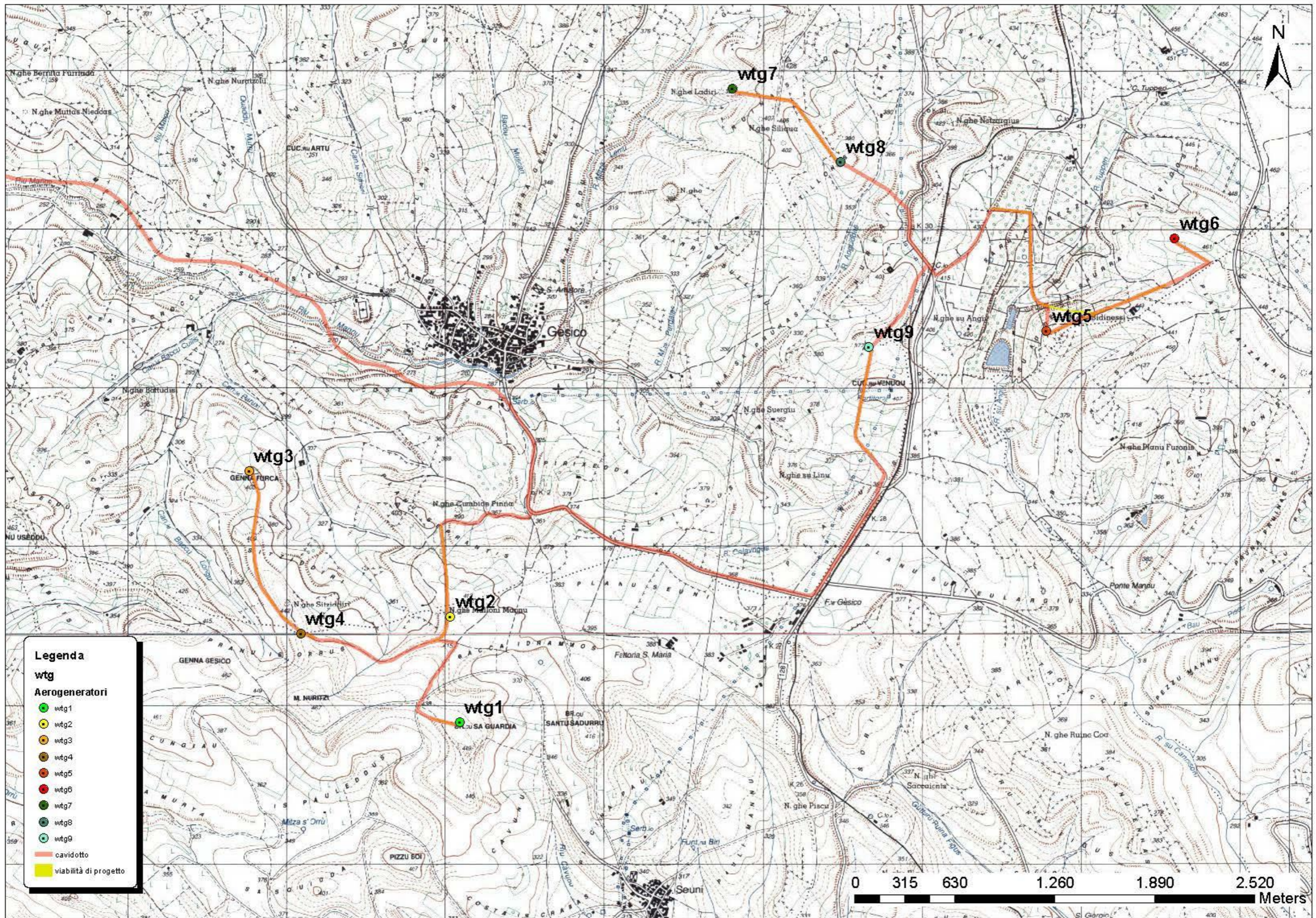
STRALCIO FUORI SCALA CARTA GEOMORFOLOGICA CON AEROGENERATORI



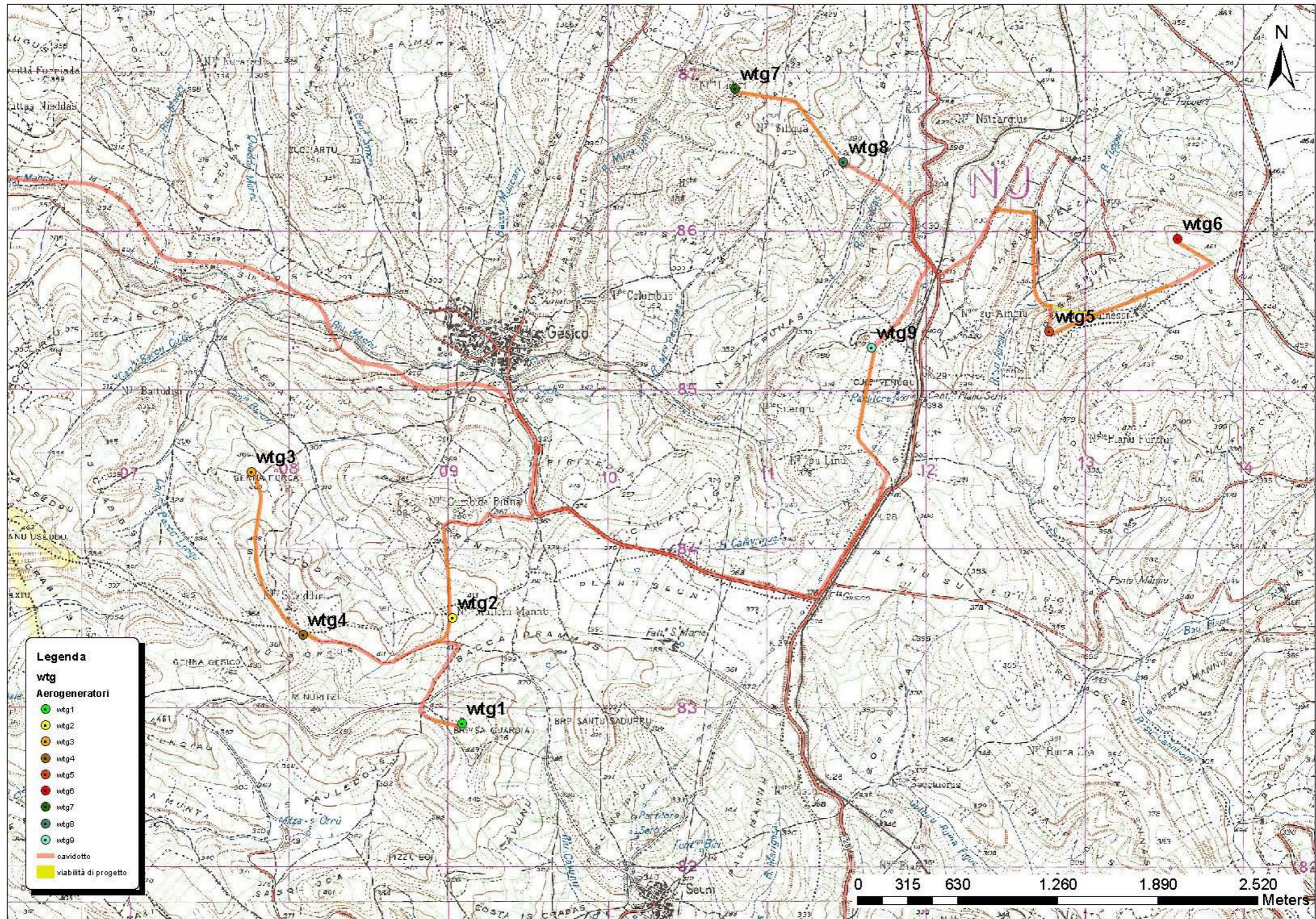
STRALCIO CTR CON UBICAZIONE AEROGENERATORI



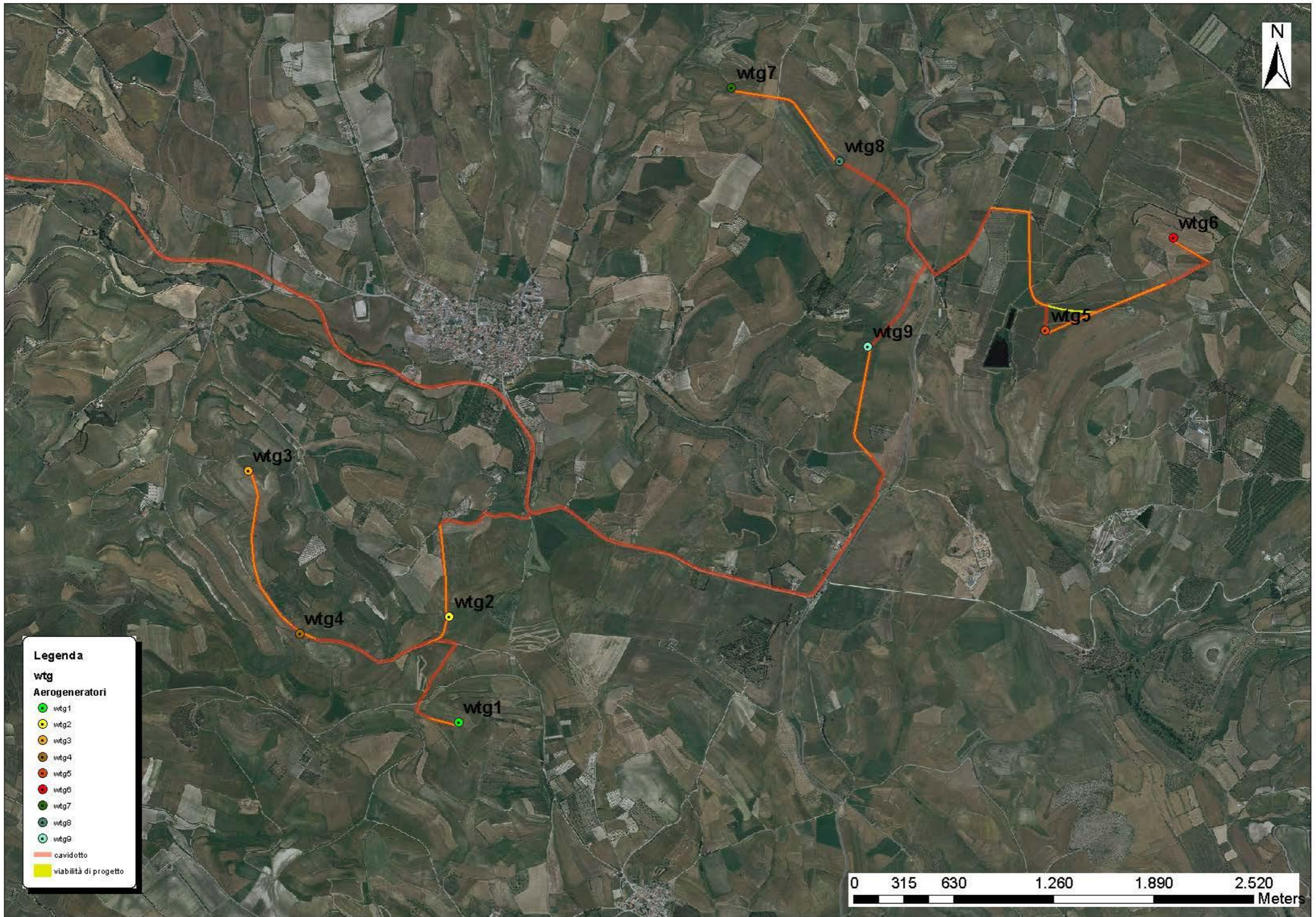
STRALCIO CTR CON UBICAZIONE DEL TRACCIATO CAVIDOTTO



STRALCIO IGM CON UBICAZIONE AEROGENERATORI



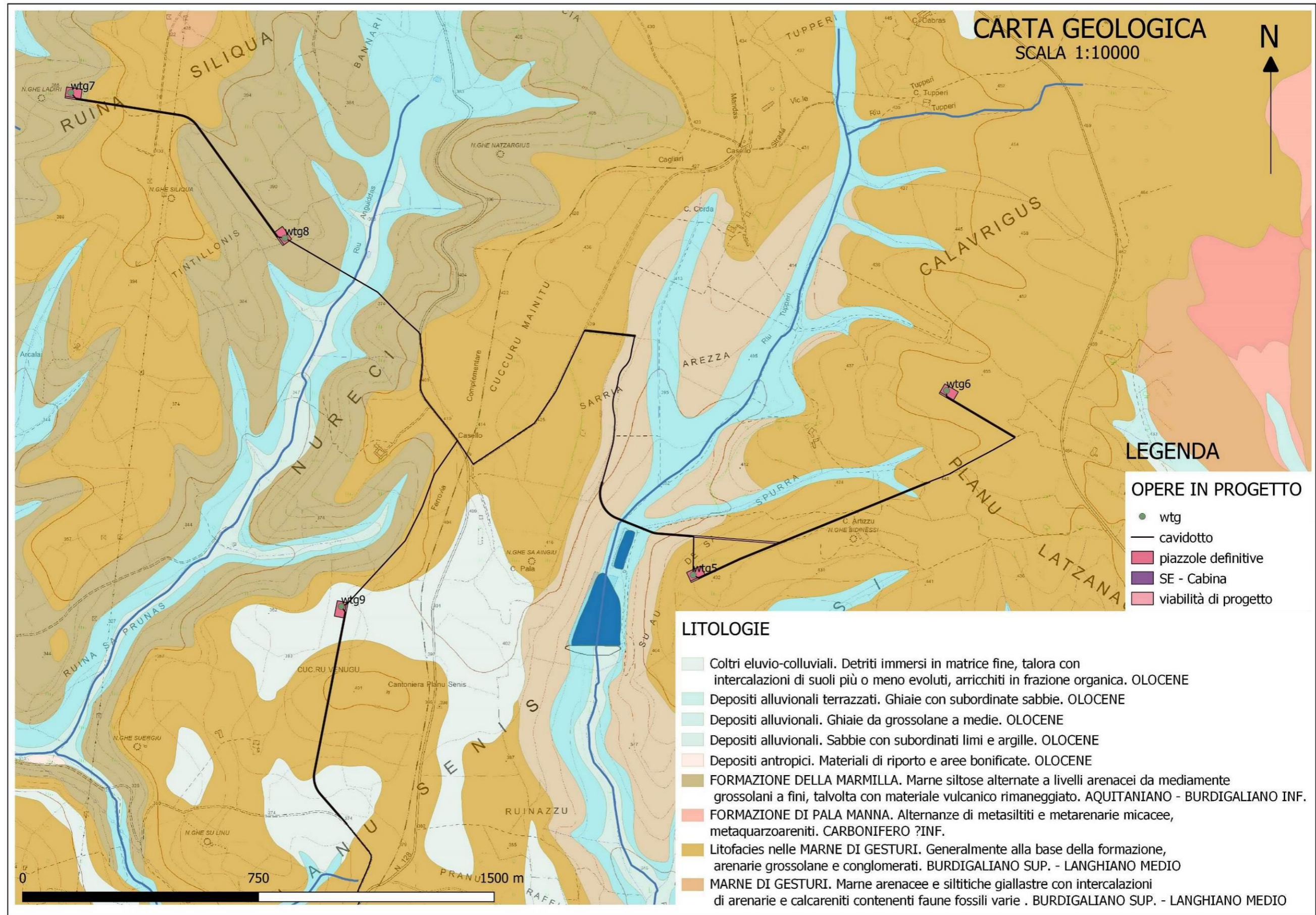
STRALCIO IGM STORICO CON UBICAZIONE AEROGENERATORI



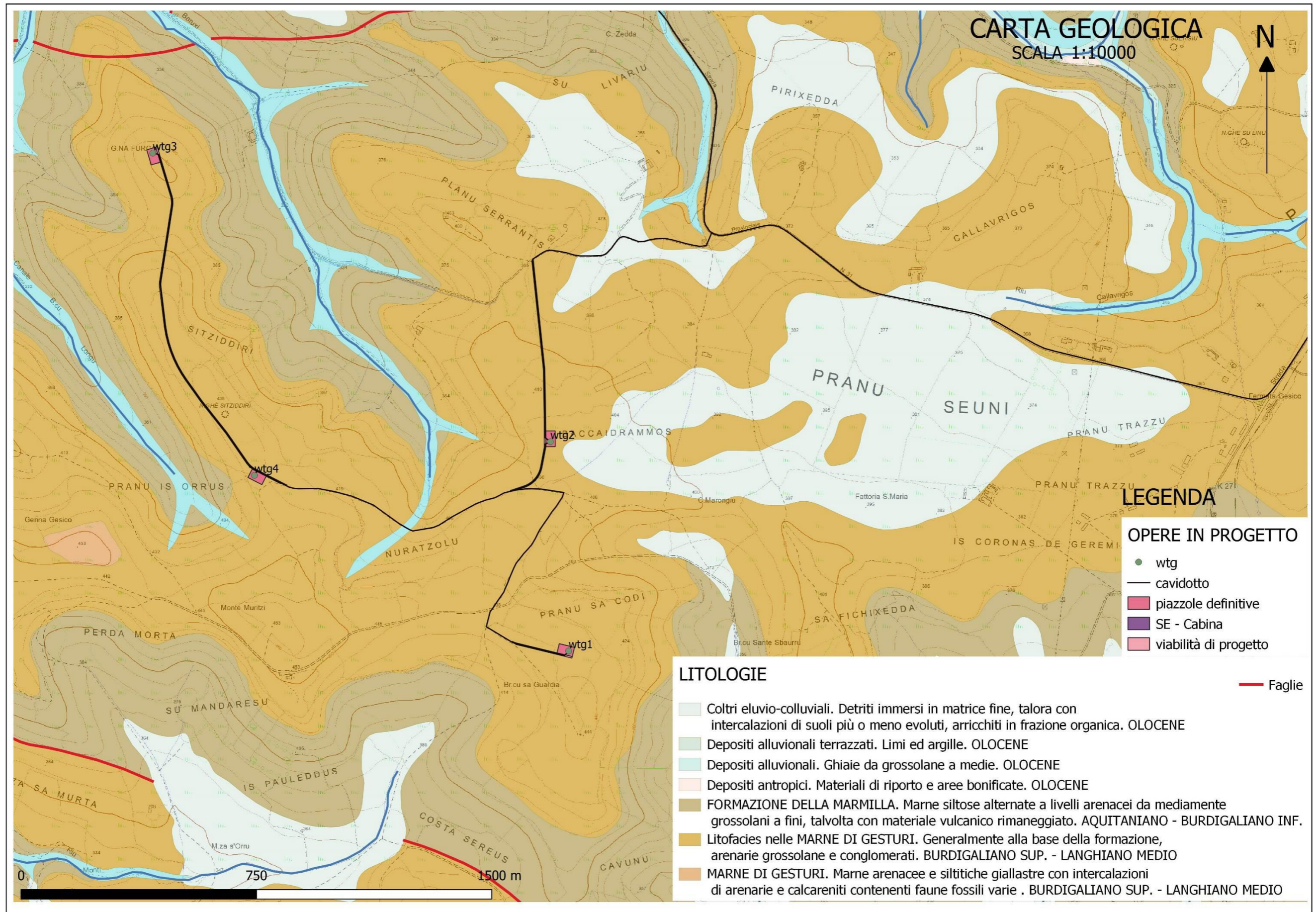
STRALCIO ORTOFOTO CON UBICAZIONE AEROGENERATORI



STRALCIO ORTOFOTO CON UBICAZIONE DEL TRACCIATO CAVIDOTTO

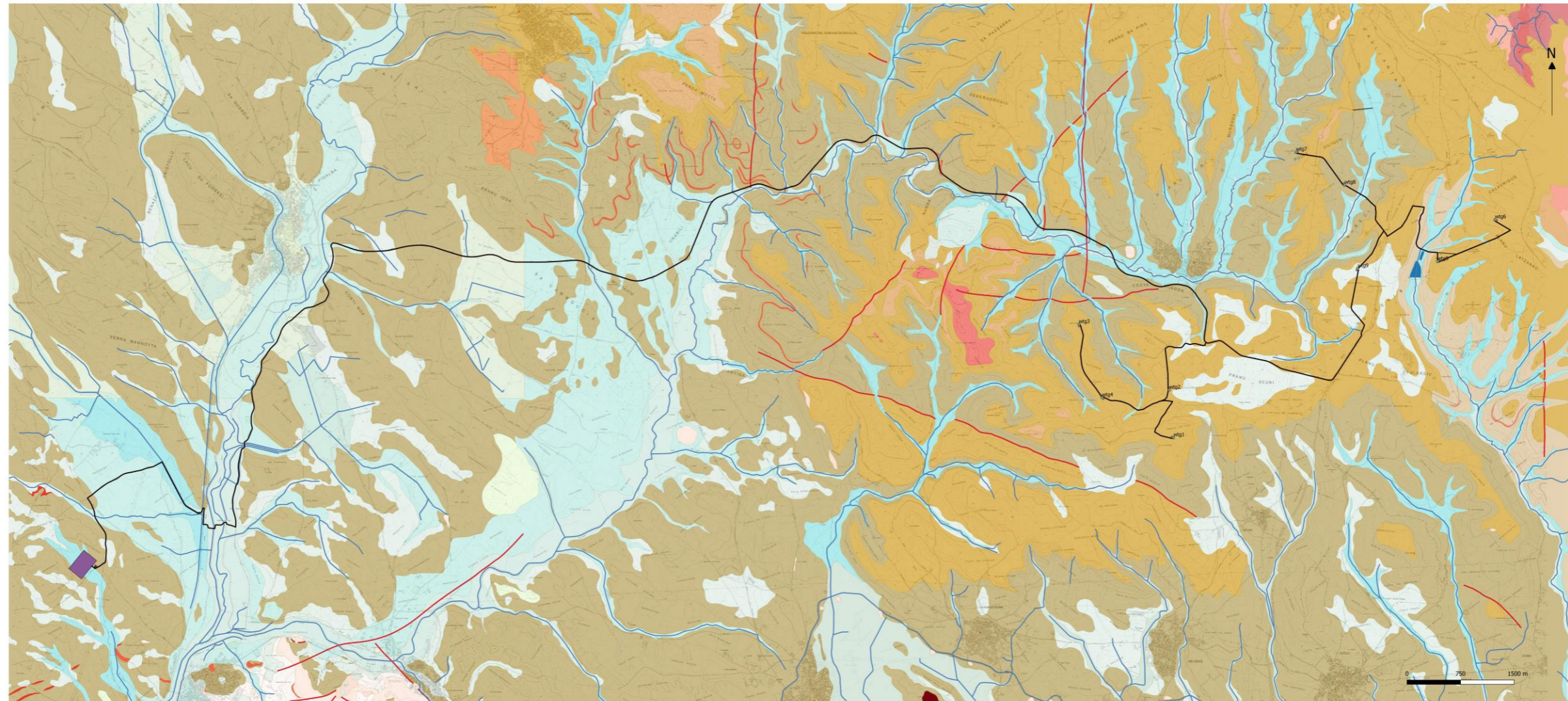


STRALCIO CARTA GEOLOGICA SETTORE NE



STRALCIO CARTA GEOLOGICA SETTORE SW

CARTA GEOLOGICA
SCALA 1:20000



LEGENDA

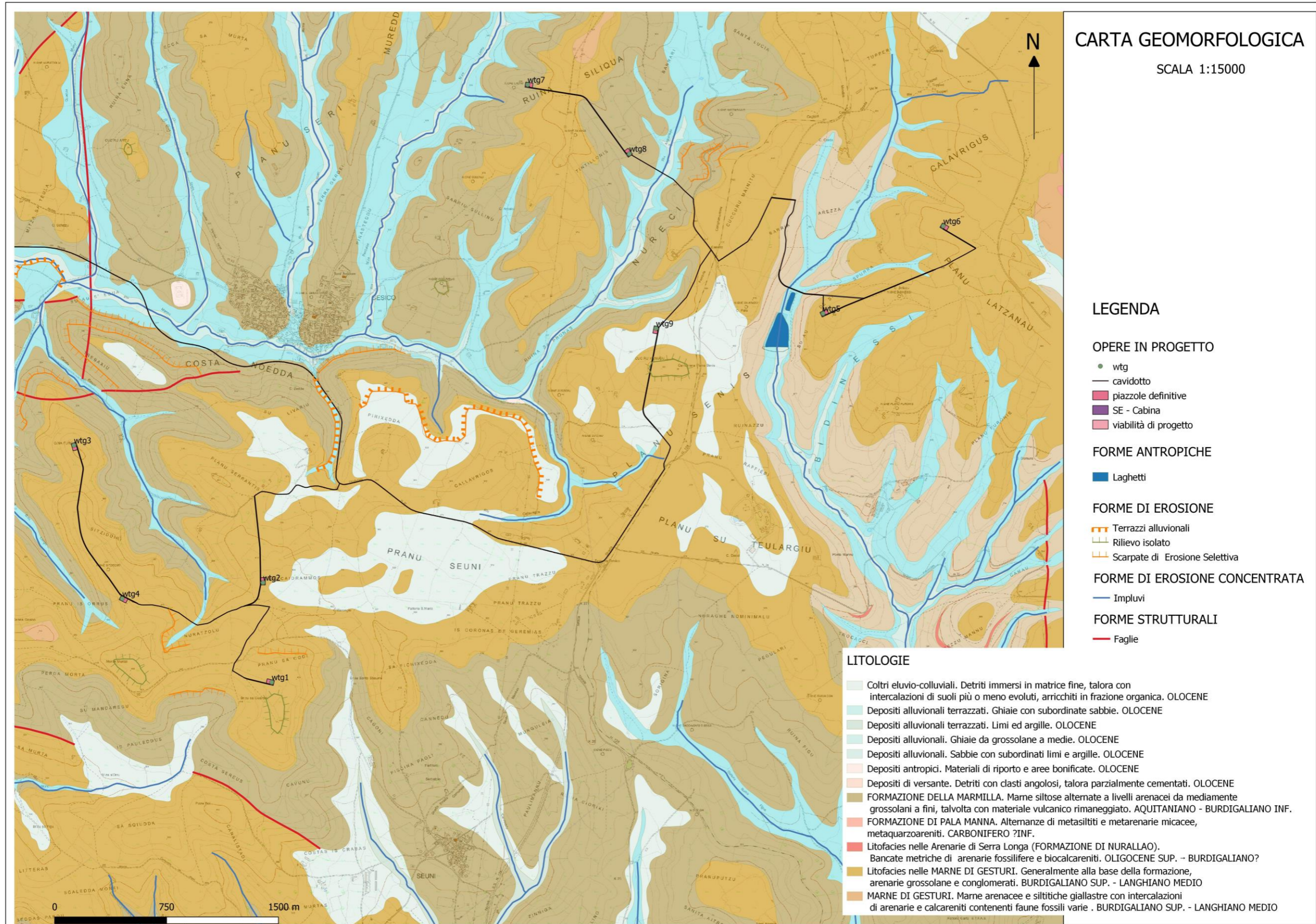
LITOLOGIE

- ANDESITI AMFIBOLICI DI MONTE MANNU. Andesiti massivi, porfirici per fenocristalli di Am e Pl, di colore da grigio scuro a verdastro per alterazione; in domi, duchi ed espandimenti lavici, con facies periferiche autobrecciate. Localmente intensa altera
- CALCARI DI VILLAGRICA. Calcari bioclastici e bioclastici (bioclerme a coralli -Portes- e briozoi, e biostromi ad alghe -Lithothamnium- e molluschi -Ostrea edulis lamellosa-). AQUITANIANO INF.
- Cotri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. Limi ed argille. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE
- Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE
- Depositi alluvionali. OLOCENE
- Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
- Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE
- Depositi antropici. Discariche per inert. OLOCENE
- FICCO-PIZZO Panagressi Preambrianico?
- Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- Depositi di frana. Corpi di frana antichi. OLOCENE
- Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE
- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
- Depositi paludosi. Argille molto plastiche ricche in materia organica con intercalate sabbie. OLOCENE
- Depositi paludosi. Limi ed argille limose talvolta isotasse, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE
- Filoni intermedio-basici a composizione andesitica o basaltica, a volte porfirici, con fenocristalli di Am, generalmente molto alterati, in massa di fondo da affrica a microcristallina. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
- FORMAZIONE DELLA MARMELLA. Marni siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
- FORMAZIONE DI PALLA MANNA. Alternanze di metasiliti e metarenarie micacee, metakarcarbonati. CARBONIFERO INF.
- Litofacies nel Subintema di Portosuso (SISTEMA DI PORTOVESME). Detriti di versante e breccie con subordinati depositi eolici e alluvionali. PLEISTOCENE SUP.
- Litofacies nel Subintema di Portosuso (SISTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
- Litofacies nella FORMAZIONE DELLA MARMELLA. Depositi finemente clastici, fortemente arrossati, inglobanti frammenti di metamorfite paleozoiche e di vulcaniti; facies peperitiche bollose scorie. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
- Litofacies nella FORMAZIONE DELLA MARMELLA. Intercalazioni di tuffi biancastri e livelli arenacei con forte componente vulcanoclastica. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
- Litofacies nelle Arenarie di Serra Longa (FORMAZIONE DI NURALLAO). Banquette metriche di arenarie fossilifere e biocalcareni. OLGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?
- Litofacies nelle LAVI E PIROCLASTITI DI BRUNCI SU SENSU. Andesiti basaltiche e basalti massivi grigio-nerastri con tessitura da fluidale a isotropa, struttura porfirica per fenocristalli di Pl, Pr, Ol, in massa fondamentale plagioclastico-piroxenica; in
- Litofacies nelle LAVI E PIROCLASTITI DI BRUNCI SU SENSU. Depositi piroclastici saldati, a litici di andesiti vulcanici con vario grado di alterazione e pomice argillitiche verdastre (1 mm - 5 cm) (loc. P.ta Funtaronea), (19,7 ± 4,1 Ma). BURDIGALIANO INF
- Litofacies nelle MARNE DI GESTURE. Generalmente alla base della formazione, arenarie grossolane e conglomerati. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- Litofacies nelle MARNE DI GESTURE. Livelli di arenarie bioclastiche e calcareniti a litotamni. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- Litofacies nelle MARNE DI GESTURE. Tuffi pomiceo intercalati ed arenarie felspatiche a tetto della formazione di Gesturi. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- MARNE DI GESTURE. Marni arenacee e siltose giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune fossili varie. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- SCISTI A GRAPTOLITI ALCT. Metapeliti carbonose e metasiliti con livelli di diaspri neri (lido). SILLIRIANO - DEVONIANO MEDIO
- UNITÀ INTRUSIVA DI BARRALI. Monzograniti grigi, rosati per alterazione, prevalentemente equigranulari, a grana media, tessitura isotropa. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO

OPERE IN PROGETTO

- vito
- candidato
- piazzole definitive
- SE - Cabina
- viabilità di progetto

STRALCIO CARTA GEOLOGICA CON UBICAZIONE DEL TRACCIATO CAVIDOTTO



STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA CON UBICAZIONE AEROGENERATORI