



PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 99,2 MW DENOMINATO "ORRIA" DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI NULVI (SS) E SEDINI (SS) CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ELETTRICHE

RELAZIONE GEOLOGICA

Rev. 0.0

Data: Settembre 2023

WIND002-RC12



Committente:

Repsol Orria S.r.l.
Via Michele Mercati 39
00197 Roma (RM)
C. F. e P. IVA: 17089321008
PEC: repsolorria@pec.it

Incaricato:

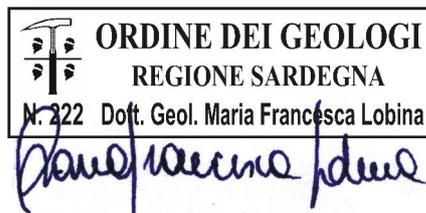
Queequeg Renewables, ltd
2nd Floor, the Works,
14 Turnham Green Terrace Mews,
W41QU London (UK)
Company number: 11780524
email: mail@quren.co.uk

Progettazione e SIA:

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



www.iatprogetti.it



PROGETTAZIONE:

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

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Dott. Fabio Mancosu

Ing. Gianluca Melis

Dott. Fabrizio Murru

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Ing. Marco Utzeri

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

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

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Francesco Mascia

Aspetti archeologici: Dott. Luca Doro, Dott. Gabriele Carenti e Dott.ssa Rosana Pla Orquìn

SOMMARIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | ASPETTI INTRODUTTIVI | 4 |
| 1.1 | Premessa..... | 4 |
| 1.2 | Normativa di riferimento e relative prescrizioni | 4 |
| 1.3 | Inquadramento topografico e territoriale..... | 5 |
| 1.4 | Descrizione sommaria del progetto | 10 |
| 2 | MODELLO GEOLOGICO | 12 |
| 2.1 | Contesto geologico e strutturale dell'area vasta | 12 |
| 2.2 | Assetto litostratigrafico locale | 17 |
| 2.3 | Assetto geomorfologico..... | 22 |
| 2.4 | Assetto idrografico ed interferenze con le opere in progetto..... | 26 |
| 2.5 | Assetto idrogeologico | 29 |
| 2.5.1 | Pozzi..... | 31 |
| 2.5.2 | Sorgenti..... | 31 |
| 2.6 | Caratterizzazione pedologica e uso del suolo | 31 |
| 2.7 | Modello stratigrafico di riferimento..... | 32 |
| 3 | PERICOLOSITÀ GEOLOGICA..... | 35 |
| 3.1 | Pericolosità idraulica | 35 |
| 3.2 | Pericolosità da frana | 35 |
| 3.3 | Pericolosità sismica | 38 |
| 3.4 | Pericolosità idrogeologica | 38 |
| 3.5 | Subsidenza | 39 |
| 4 | CONCLUSIONI..... | 40 |
| 5 | SCHEDE SITO | 41 |

1 ASPETTI INTRODUTTIVI

1.1 Premessa

La società Repsol Orria S.r.l., d'ora in avanti la Proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella Provincia di Sassari, in agro dei comuni di Nulvi e Sedini.

L'impianto, denominato parco eolico "Orria", sarà costituito da n. 16 turbine di grande taglia di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MW, posizionate su torri di sostegno in acciaio dell'altezza pari a 135 m e aventi diametro del rotore pari a 172 m, nonché l'approntamento delle opere accessorie indispensabili per un ottimale funzionamento e gestione della centrale (viabilità e piazzole di servizio, distribuzione elettrica di impianto e cavidotto di interconnessione delle opere per la successiva immissione dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale).

In tale ambito, lo scrivente geologo *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽¹⁾ ha proceduto, su mandato della società di ingegneria I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. incaricata della progettazione, alla stesura del presente elaborato, quale corredo obbligatorio degli elaborati ai fini del conseguimento del titolo autorizzativo.

Gli argomenti sviluppati in questa sede hanno come base informativa i rilievi diretti nel settore di intervento coadiuvati da dati in possesso della scrivente acquisiti in occasione di indagini geognostiche condotte nelle immediate vicinanze per varie iniziative edilizie, nonché da altre informazioni ricavate dalla letteratura geologica internazionale e dalla cartografia geotematica estratta dal geoportale regionale.

Sebbene alcune delle informazioni riportate in questa sede siano state acquisite nel corso di lavori di differente natura, prevalentemente lavori di supporto all'edilizia, l'insieme dei dati acquisiti ha permesso di sviluppare un modello geologico consono alla fase progettuale in essere.

Con le analisi al momento attuate si ritiene di aver compiutamente analizzato i preliminari aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'opera in progetto, nonché di aver valutato, con il necessario dettaglio, le condizioni di pericolosità geologico-idraulica in atto e/o potenziali od altre criticità in grado di condizionare la fattibilità dell'intervento nel suo complesso.

Ciò al fine di poter predisporre il programma di indagini più consono ad approfondire e meglio specificare gli aspetti stratigrafici, geotecnici e sismici dei luoghi di intervento, necessari a supportare la successiva fase di progettazione esecutiva in relazione alla natura dell'intervento.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

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

- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;

(1) Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

- D.M. 17.01.2018 «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003 «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell'11.03.2005;
- Norme di Attuazione del P.A.I. (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del febbraio 2018).

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

L'areale che ospiterà il parco eolico in oggetto ricade nella regione geografica dell'*Anglona* in agro dei comuni di Nulvi e Sedini (Provincia di Sassari), abbracciando da nord verso sud le località identificate con i toponimi di *Berradineddu, Giuannelias, S'Aspru, Su Sassu, M.te Giannas, Ruspina, S. Acuta, Bentureddu, N.ghe Sas Seddas, Naddu, Poju Nieddu e Sa Marchesa*.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio 442 "CASTELSARDO" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 442-III "SEDINI" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 442100 "SEDINI" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sezione 442130 "MONTE ERI" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sezione 442140 "SU SASSU" della C.T.R. [scala 1:10.000]

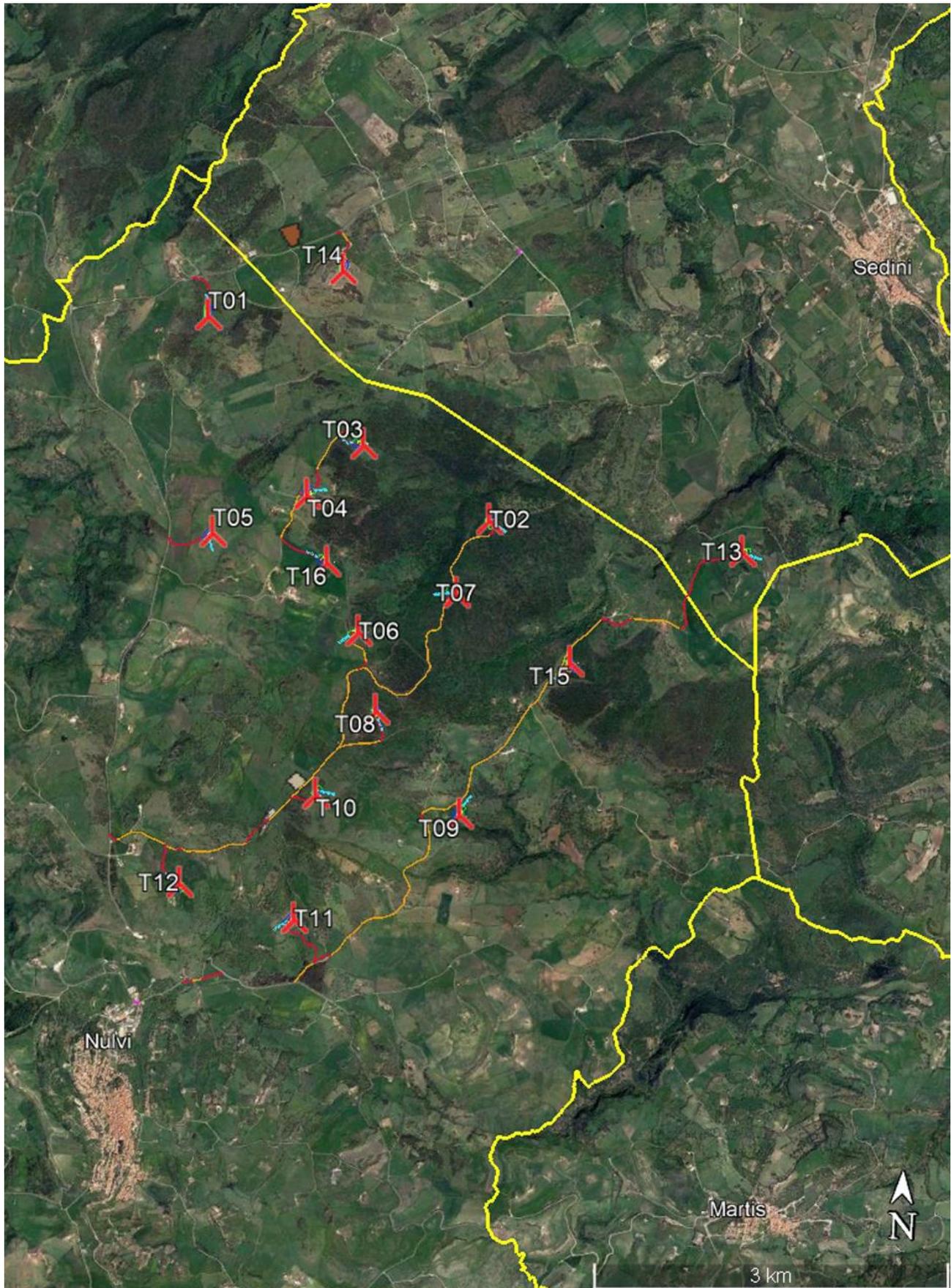


Figura 1.1 – Ubicazione degli interventi in programma su immagine satellitare estratta da Google Earth, 2022 con evidenza dei limiti amministrativi comunali (in giallo).

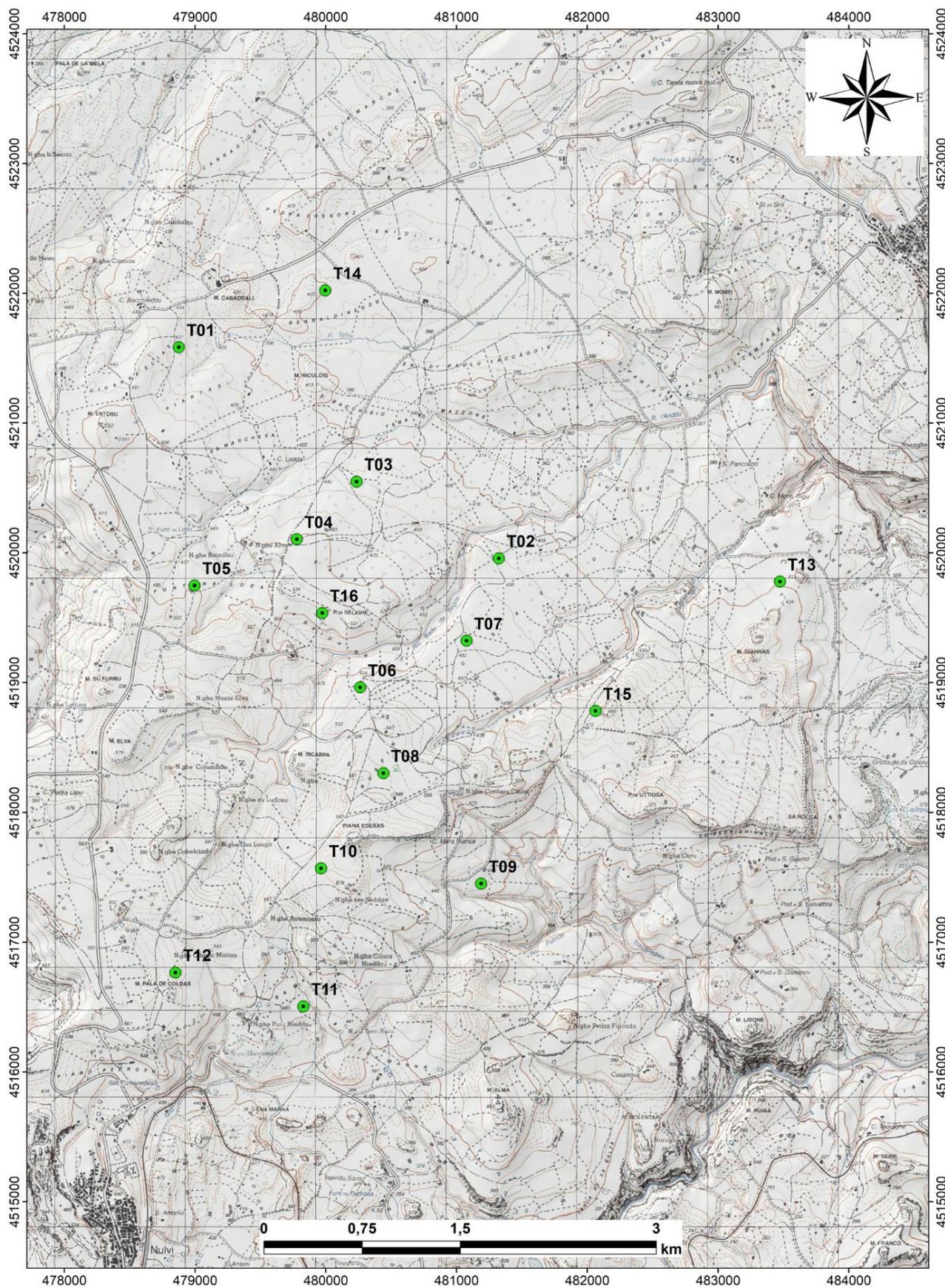


Figura 1.2 – Ubicazione degli aerogeneratori in programma su stralcio cartografia I.G.M.I. 25.000, fuori scala

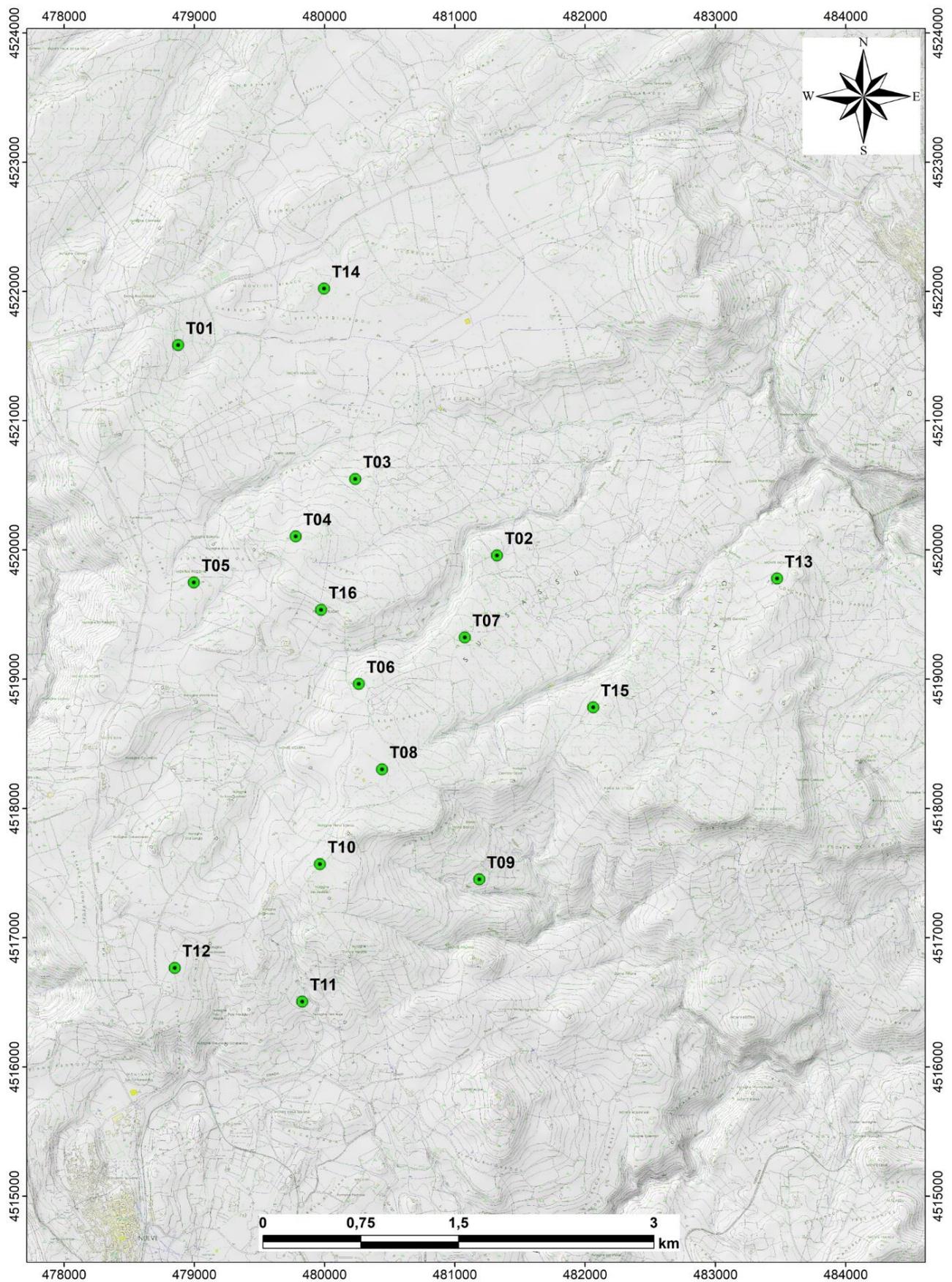


Figura 1.3 – Ubicazione degli aerogeneratori in programma su stralcio cartografia C.T.R. 10.000, fuori scala.

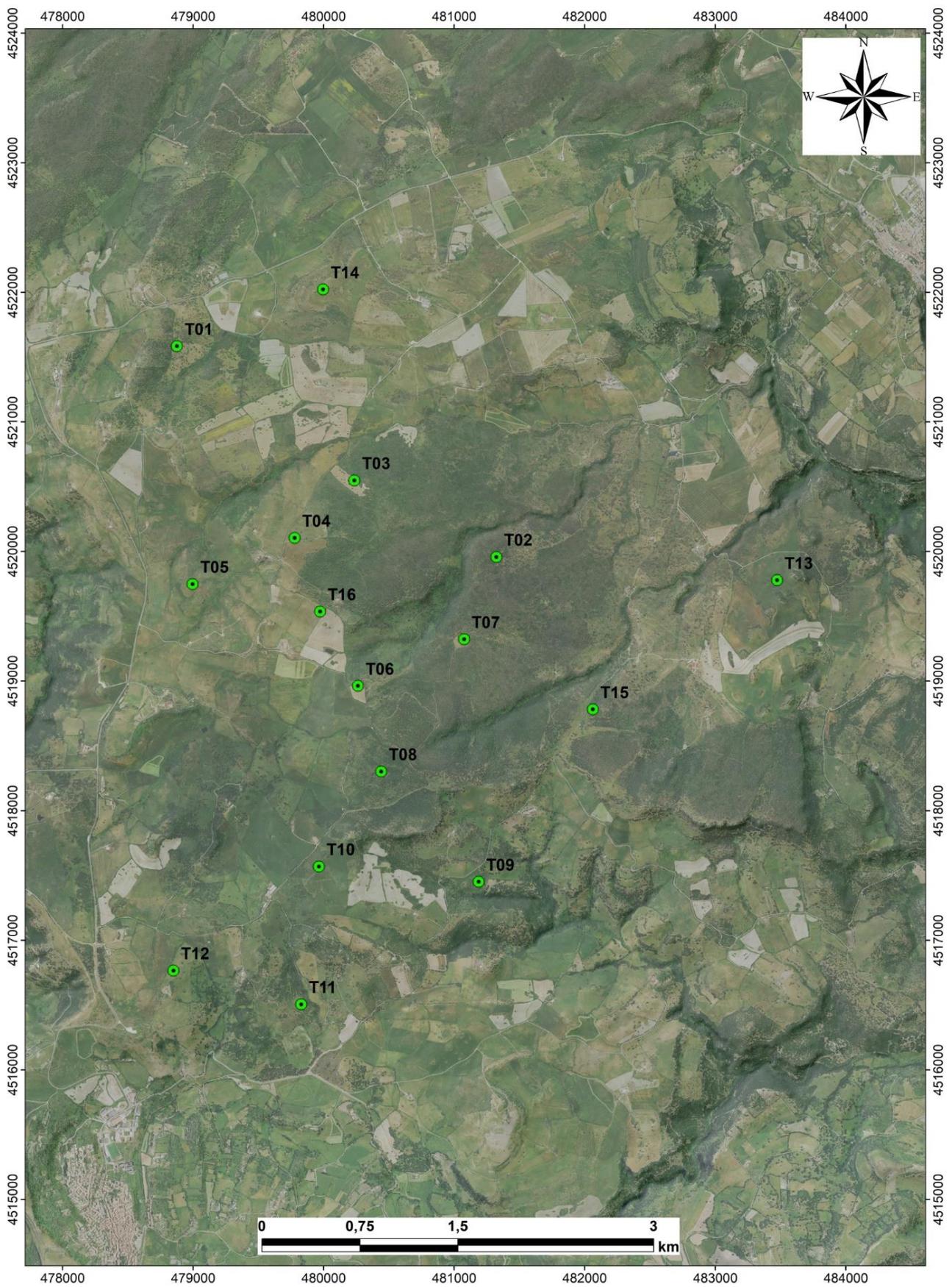


Figura 1.4 – Ubicazione degli aerogeneratori in programma su stralcio ortofotogrammetrico, fuori scala.

1.4 Descrizione sommaria del progetto

Il parco eolico in progetto sarà composto di n. 16 aerogeneratori, ciascuno costituito da 3 pale, con diametro massimo delle turbine di 172 m, altezza del mozzo di 135 m e altezza complessiva di circa 221 m.

Stante il fatto che la viabilità locale è interamente e agevolmente camionabile anche per il trasporto di generatori di grande taglia (multimegawatt) e delle relative parti complementari (conci di torre e pale), si prevede sin d'ora l'adeguamento temporaneo di alcune tratte.

Gli aerogeneratori saranno installati in piazzole accessibili a partire dalla nuova viabilità di accesso, con piste in terra battuta di larghezza di circa 5 m. Le piste saranno realizzate in misto stabilizzato e compattato con uno strato di fondazione in pietrisco costipato.

Gli aerogeneratori in progetto possono essere, ai fini della trattazione, raggruppati in n. 4 comparti (Figura 1.5):

- Settentrionale T01+T14;
- Centrale T02+T03+T04+T05+T07+T16;
- Meridionale T06+T08+T09+T10+T11+T12;
- Orientale T13 e T15.

L'impianto verrà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 150/36 kV da inserire in entra-esce alle linee RTN a 150 kV "Sennori - Tergu" e "Ploaghe Stazione - Tergu".

Le opere funzionali alla connessione dell'impianto alla RTN riguarderanno anche i comuni di Osilo e di Ploaghe nel quale, in località *Serra de Attarzu*, è prevista la realizzazione di un'ulteriore cabina colletttrice in prossimità dell'area in cui si ipotizza sorgerà la succitata Stazione RTN.

Il cavidotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale eolica alla stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.

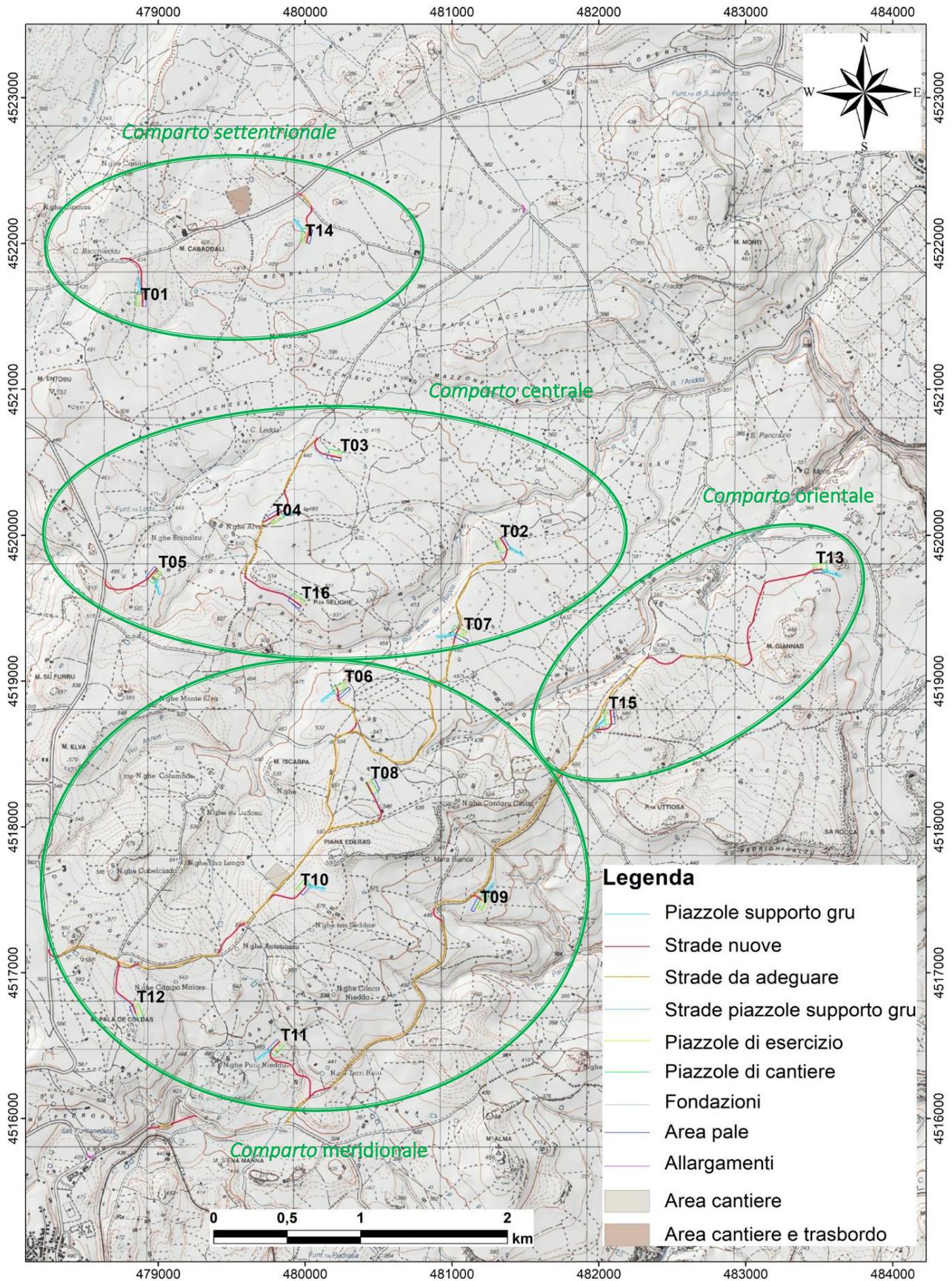


Figura 1.5 – Distribuzione degli aerogeneratori in programma.

2 MODELLO GEOLOGICO

2.1 Contesto geologico e strutturale dell'area vasta

L'area in studio ricade nella Sardegna nord-occidentale e precisamente nella regione dell'*Anglona*, una regione collinare posta ad est dell'altopiano che ospita la città di Sassari: si tratta di un'area contraddistinta da caratteristiche geologiche abbastanza omogenee sia in riferimento agli aspetti lito-stratigrafici che a quelli tettonici (per un quadro sintetico vedi CARMIGNANI, et al., 2001). Le litologie che costituiscono l'ossatura dei rilievi al contorno sono rappresentate da depositi sedimentari e vulcanici di età oligo-miocenica ed alla stessa età sono riferibili i principali lineamenti tettonici che attraversano l'area di studio.

Sebbene alcune delle strutture attive nel Cenozoico siano legate alla riattivazione di lineazioni ereditate dall'orogenesi ercinica, sia le macrostrutture, che le deformazioni a scala mesoscopica che interessano la geologia del Nord Sardegna sono da ascrivere alla tettonica cenozoica che, nel suo complesso, è il risultato della continua evoluzione tettonica che ha caratterizzato il Mediterraneo centro-occidentale negli ultimi 30 Ma. Tale evoluzione – che comprende un insieme di processi di subduzione, rifting, boudinage litosferico, apertura di bacini di retroarco e formazione di un arco vulcanico e di catene orogeniche – può essere schematizzata, con riferimento alla Sardegna, come segue (Figura 2.1).

Durante l'Oligocene-Aquitano, l'attuale Sardegna costituisce insieme alla Corsica il margine meridionale del continente europeo, parte del retropaese dell'orogene appenninico, sotto la quale viene subdotta crosta oceanica della placca Mesogea (Beccaluva et al., 1987); nell'Oligocene nel margine sud-europeo va instaurandosi un regime distensivo con lo sviluppo di un bacino di retroarco rappresentato in Sardegna da una zona di rift con andamento N-S, dato dalla sovrapposizione di strutture a diversa orientazione.

Nel Burdigaliano, il perdurare di questo regime distensivo e l'arretramento verso SE dello slab in subduzione producono il distacco del blocco sardo-corso dal continente europeo e la rotazione antioraria di $35\div 45^\circ$ che ha portato all'attuale posizione relativa tra Europa occidentale, bacino balearico-provenzale e blocco sardo-corso e la formazione dei bacini orientati N 060 nel nord Sardegna. Durante queste prime due fasi si sviluppa l'intenso vulcanismo a carattere subalcalino che caratterizza la geologia ed il paesaggio del settore centro-occidentale della Sardegna.

Dal Tortoniano superiore comincia la strutturazione in risposta all'apertura del Tirreno meridionale che porta all'impostazione del margine orientale dell'Isola e che prosegue fino al Pleistocene. In questo contesto ha luogo l'intensa attività vulcanica plio-pleistocenica i cui prodotti si osservano in numerose aree dell'Isola.

Nel complesso, lo sviluppo di una struttura tipo *rift* si è manifestata attraverso il ribassamento di una vasta area che comprende tutta la Sardegna centro-occidentale. Nel settentrione le principali strutture sono rappresentate da un sistema di faglie trascorrenti sinistre con direzione da SW-NE a WSW-ENE e destre con direzione intorno a E-W. Lungo tali strutture, associate alla collisione appenninica (Carmignani et al., 1995), si

sviluppano dinamiche transpressive e transtensive che interessano sia il basamento ercinico che le coperture, le prime sono rappresentate da "*strutture a fiore*" ("*flower structure*") con il basamento che si accavalla sulle coperture mesozoiche, come nel Monte Albo (Carmignani et al., 1992), le seconde sono rappresentate da bacini sedimentari transtensivi nei quali si depositano conglomerati sintettonici e depositi lacustri oligo-aquitani.

L'apertura burdigaliana del Bacino Balearico, che segna il passaggio dalla tettonica compressiva a quella distensiva, si riflette in Sardegna con l'apertura di un sistema di fosse tettoniche burdigaliane ad andamento NNW. Tali fosse suturano la tettonica trascorrente di cui sopra (Funedda, et al., 2000) e nel complesso descrivono una depressione confinata nella parte occidentale dell'isola. In passato i bacini di trascorrenza e le fosse burdigaliane venivano interpretate come la conseguenza di un unico episodio di rifting iniziato nell'Oligocene (Cherchi & Montadert, 1982). In realtà la tettonica burdigaliana è ben distinguibile da quella oligo-aquitana poiché si manifesta con faglie normali ad andamento NNW, che in genere bordano bacini miocenici a sedimentazione carbonatica marina che sono strutturati come semi-graben.

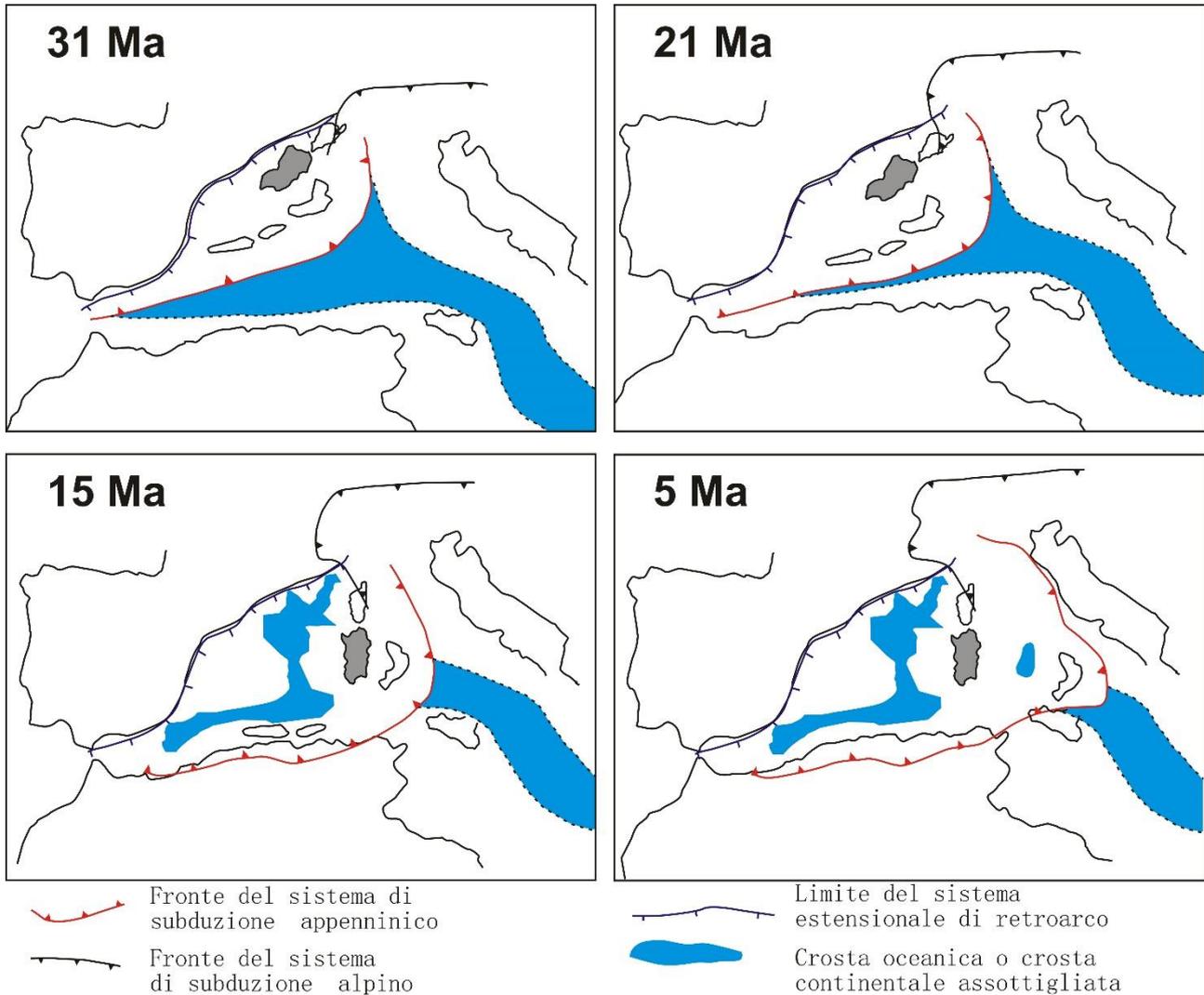


Figura 2.1 – Schema in quattro slide della dinamica del mediterraneo occidentale dall'oligocene a oggi (modificato da Carminati et al. 1998; 2012, Mundula et al. 2015).

Faglie di trasferimento, orientate circa EW, separano semi-graben ad andamento NNW con direzione di tilting opposta.

Tra il Langhiano e l'Attuale si assiste al progredire della tettonica distensiva con fenomeni di riequilibrio isostatico che, nel *Logudoro* e nell'*Anglona*, si esplicano in un generale sollevamento dell'area, particolarmente attivo nel Pliocene (Marini & Murru, 1983), e con la riattivazione di tutte le direttrici strutturali più antiche.

Durante il Pliocene si sviluppa anche una nuova famiglia di faglie a direzione N-S responsabile, fra l'altro, della strutturazione ad andamento meridiano dei contorni dell'Isola. Sebbene poco frequenti le faglie plioceniche e/o le faglie più antiche riattivate nel Pliocene sono quelle che hanno condizionato la giacitura attuale di gran parte dei terreni miocenici.

A scala più piccola, l'area d'interesse si situa immediatamente a est del Bacino burdigaliano di Porto Torres (Funedda, et al. 2000): un semi-graben, ad andamento NNW (Figura 2.3). La geologia del bacino si caratterizza per una successione costituita da una potente successione vulcanica, rappresentata da lave andesitiche messe in posto tra l'Oligocene superiore (Chattiano) ed il Burdigaliano e da una successione

Le forme nei sedimenti miocenici sono condizionate in gran parte dalla giacitura quasi sempre sub-orizzontale della stratificazione, solo in alcune zone soggette a tilting si sviluppano versanti strutturali (dipslop) e cuestas.

Nonostante il settore di interesse ricada al di fuori della zona assiale del bacino burdigaliano di Porto Torres, le dinamiche che ne hanno condizionato la strutturazione sono essenzialmente le stesse come anche i processi che ne hanno condizionato il riempimento attraverso processi di sedimentazione in ambiente marino-lacustre e messa in posto di depositi vulcanici. Nel complesso si tratta di un piccolo semigraben inclinato verso ovest, delimitato da faglie dirette ad andamento meridiano.

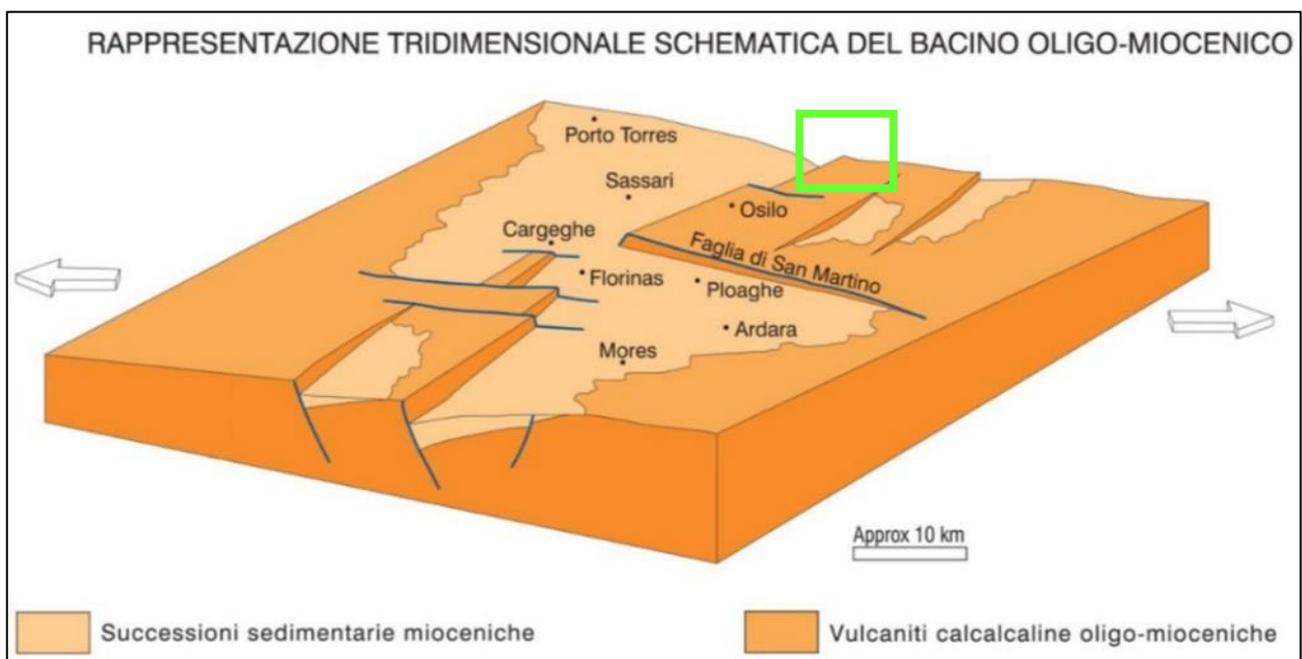


Figura 2.3 – Schema dei bacini di Porto Torres e del Logudoro allegato alla carta geologica 1:50.000, con evidenza dell'area di studio (riquadro verde).

In questo contesto tettonico-strutturale, il substrato dell'area in studio vede una successione vulcanica di età oligo-burdigaliana che può essere suddivisa in un complesso lavico, principalmente a composizione andesitica, formato da un sistema di domi lavici e di depositi di collasso gravitativo [NLI, NTA, OSL, OZS] e in uno ignimbrico [HRM, LGU, LBG]. Localmente i depositi vulcanici sono coperti da formazioni sedimentarie di età burdigaliana prevalentemente di ambiente lacustre [LRM] e di ambiente marino [RES] facenti parte della successione sedimentaria oligo-miocenica del Logudoro e del Sassarese.

Alla base dei versanti dei rilievi miocenici si rinvencono sovente detriti di versante [a] e di frana [a1, a1a] e colluvi [b2] riferibili perlopiù all'Olocene, originatisi a spese delle litologie oligo-mioceniche.

Lungo le aree vallive dei principali corsi d'acqua affiorano le successioni alluvionali terrazzate [bn] di età più antica e le alluvioni recenti e attuali [b].

I depositi antropici [hi] sono limitati alle aree urbanizzate, ai rilevati stradali, agli argini fluviali e alle discariche per inerti.

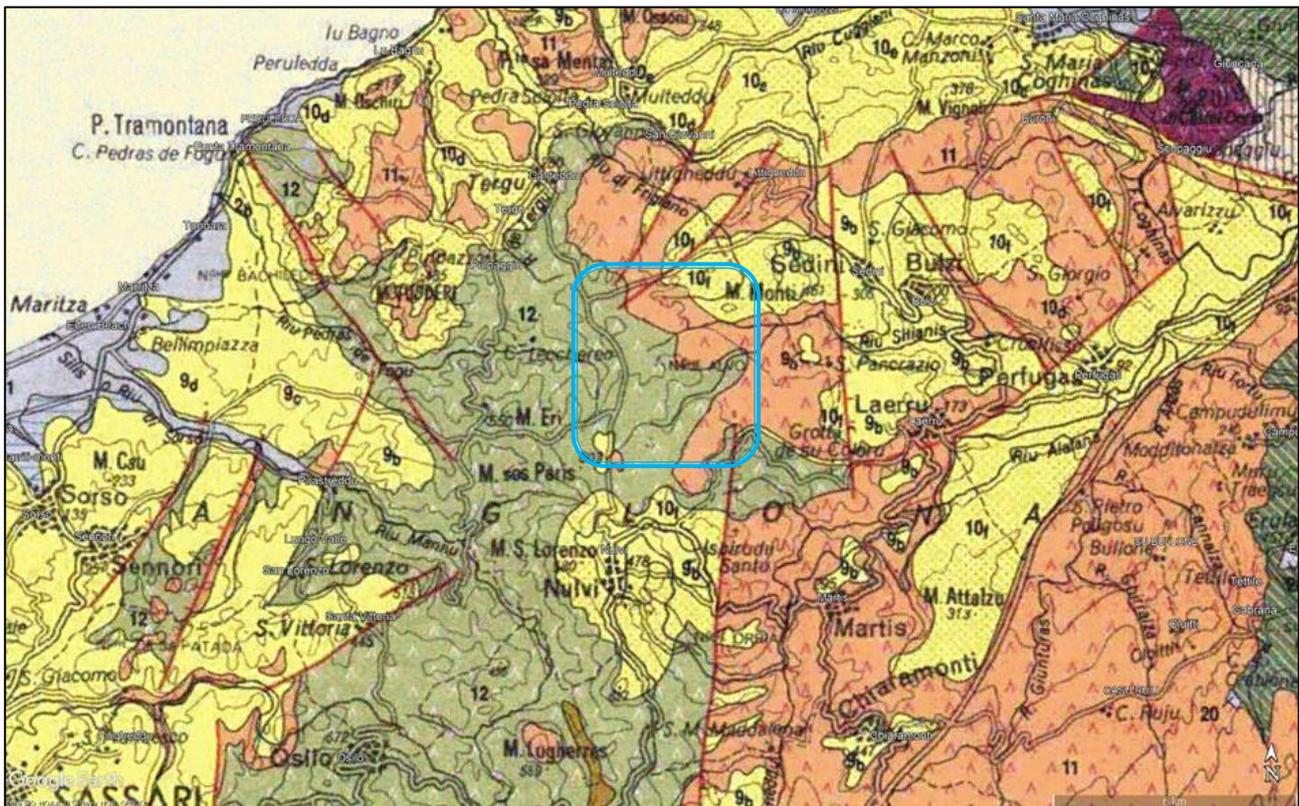
2.2 Assetto litostratigrafico locale

L'areale che ospiterà il parco eolico in parola si caratterizza per una morfologia collinare e per l'esteso affioramento di una successione vulcanica sia ignimbratica che lavica coperta in modo discontinuo da depositi epiclastici di ambiente lacustre [LRM] e depositi calcarenitici e conglomeratici afferenti alla Formazione di Mores [RES].

Le suddette formazioni, che presentano generalmente giacitura suborizzontale o a basso angolo, sono dislocate da un sistema di faglie dirette a direzione meridiana.

I bassi topografici tra le colline sono interessati dall'affioramento di depositi olocenici prevalentemente di origine fluviale.

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia dell'ambito di intervento e di un suo congruo intorno, che comprende il parco eolico ed il cavidotto. Con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica edita dell'APAT (si veda l'allegato fuori fascicolo), integrata da ulteriori informazioni provenienti dai rilievi in situ sono state distinte le seguenti unità litostratigrafiche a partire dalle più recenti:



- | | |
|---------------|--|
| 1 | <i>Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali (Olocene).</i> |
| 9b,c,d | <i>Marne, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitorali-epibatiali, con foraminiferi planctonici e molluschi pelagici (Burdigaliano superiore – Serravalliano medio).</i> |
| 10e,f | <i>Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee di ambiente continentale e sublitorale (Oligocene superiore - Burdigaliano).</i> |
| 11 | <i>Rioliti, rioladiti e daciti in facies ignimbratica (Oligocene superiore – Burdigaliano).</i> |
| 12 | <i>Andesiti e daciti in cupole e colate laviche (Oligocene superiore – Burdigaliano).</i> |
| 22 | <i>Complesso vulcanico tardo ercinico (Carbonifero superiore – Trias inferiore).</i> |

Figura 2.4 – Area di progetto su inquadramento geologico di contesto estratto dalla "Carta Geologica della Sardegna" in scala 1:200.000, fuori scala curata da: Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna, modificata.

| | | |
|-------------|--|----------------------------|
| b2 | Coltri eluvio-colluviali | [Olocene] |
| a | Detrito di versante | [Olocene] |
| a1 | Depositi di frana | [Olocene] |
| b | Alluvioni ghiaiose con subordinate sabbie e limi | [Olocene] |
| bn | Alluvioni terrazzate a prevalenti ghiaie | [Olocene] |
| PVM2 | Sintema di Portovesme | [Pleistocene superiore] |
| RES | Formazione di Mores | [Burdigaliano Superiore] |
| LRM | Formazione del Rio Minore | [Burdigaliano] |
| HRM | Unità di Chiaramonti | [Burdigaliano] |
| LGU | Piroclastiti di Logulentu | [Burdigaliano] |
| NLI | Unità di Santa Giulia | [Burdigaliano] |
| NTA | Unità di Nuraghe Giuntas | [Burdigaliano] |
| OSL | Unità di Osilo | [Burdigaliano] |
| LBG | Unità di Lu Bagnu | [Aquitaniiano] |
| OZS | Unità di Lu Bagnu | [Oligocene - Aquitaniiano] |
| ERI | Unità di Monte Eri | [Oligocene - Aquitaniiano] |
| ELS | [Formazione di Castelsardo] | [Oligocene - Aquitaniiano] |

b2 – Coltri eluvio-colluviali

Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, che hanno subito trasporto per gravità nullo o limitato.

Si rinvencono perlopiù in corrispondenza di paleo-depressioni e nel fondovalle attuale e sono rappresentati da terre a granulometria prevalentemente limo-argillosa o argillosa con moderata frazione sabbiosa, come prodotto di alterazione dei terreni vulcanici in situ e/o accumulo di questi ultimi in ambiente continentale/acquitrinoso.

Possono essere costituiti da frazioni più grossolane (sabbie con sporadici clasti o blocchi) derivanti dal rimaneggiamento dei termini sedimentari e vulcanici miocenici.

Lo spessore varia da decimetrico a metrico.

Poiché rappresentano la copertura delle litologie vulcaniche sede delle opere di fondazione di una parte significativa delle opere in progetto, per cui lo spessore dovrà essere valutato puntualmente.

a – Detriti di versante

Sono costituiti da materiali clastici spigolosi eterometrici, sciolti o parzialmente cementati, di dimensioni da centimetriche a decimetriche in relazione alla litologia di provenienza.

Si rinvencono in corrispondenza delle zone di raccordo tra gli alti morfologici e il fondovalle di origine fluviale. Spesso questi depositi si trovano intercalati con depositi colluviali a causa della complessa relazione tra fenomeni erosivi e di sedimentazione.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area di studio.

a1 – Depositi di frana

Sono rappresentati da accumuli caotici di blocchi derivanti da frane di crollo, ribaltamento e scivolamento.

Si distinguono frane attive [a1] con suoli intercalati, o antiche [a1a] senza indizi di evoluzione.

b – Alluvioni attuali e recenti

Sono rappresentate da alluvioni ghiaiose e sabbioso-limose, in genere con un'importante componente argillosa infra-matrice, legata all'evoluzione recente del reticolo idrografico a carattere stagionale che drena le acque dei rilievi basso-collinari impostati sulle litologie vulcaniche oligo-mioceniche.

Gli spessori variano in genere da decimetrici a metrici e interessano gli attuali fondivalle formati prevalentemente lungo l'asse di depositi alluvionali terrazzati a maggiore estensione areale.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.

bn – Alluvioni terrazzate

Questi depositi alluvionali mostrano caratteristiche generali analoghe a quelle descritte in precedenza poiché le modalità di sedimentazione risultano identiche e occupano le stesse aree vallive sebbene occupino tendenzialmente aree più vaste.

Si ritrovano lateralmente rispetto alle zone assiali dei corsi fluviali attuali o dei tratti di alveo regimati ma in genere non sono interessati dalle dinamiche morfogenetiche a meno di eventi idrometeorici eccezionali. Lo spessore di questi sedimenti è, nella maggior parte dei casi, difficilmente valutabile, ma lungo scarpate di erosione fluviale associate alle dinamiche attuali, sono di ordine metrico.

Come per i depositi alluvionali attuali possono essere presenti locali eteropie verticali e laterali conseguenti alle variazioni del regime idrico dei corsi d'acqua che hanno dato origine a lenti di limi e argille o a sacche conglomeratiche.

PVM2 – Subsistema di Portoscuso

Si tratta di depositi continentali afferenti al Pleistocene superiore riconducibili nell'area in esame a depositi alluvionali conglomeratici [PVM2a] che in alcuni casi formano terrazzi alluvionali sospesi sui fondi vallivi attuali e con spessori in genere di qualche metro di altezza, e a depositi di frana [PVM2d].

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.

RES – Formazione di Mores

È la formazione miocenica che affiora con maggiori estensioni ed una notevole varietà di facies in relazione ai diversi contesti deposizionali che accompagnano l'evoluzione del bacino di sedimentazione. Delle litofacies distinte in carta, quella più diffusa [RESa] è costituita da biocalcareni e calcari bioclastici a banchi di ostree ed altri bivalvi, ed echinidi, spesso con evidenti clinostratificazioni, più raramente si vedono strutture tipo dune sottomarine. La litofacies RESb è prevalentemente costituita da conglomerati, presenta un contenuto principalmente silicoclastico con cemento carbonatico da abbondante a scarso; i clasti, in genere ben arrotondati, presentano dimensioni variabili da millimetriche a centimetriche talvolta decimetriche, e sono principalmente costituiti da quarzo e localmente da vulcaniti terziarie.

Gli spessori sono generalmente dell'ordine delle decine di metri.

Non si prevede alcuna interferenza con le opere di fondazione delle opere in progetto.

LRM – Formazione del Rio Minore

Depositi epiclastici costituiti da cineriti stratificate bianco-verdastre con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati e calcari parzialmente silicizzati di ambiente lacustre. Lo spessore può raggiungere i 100 m.

Costituiscono il terreno di fondazione di diverse torri eoliche.

HRM – Unità di Chiaramonti

Ignimbriti debolmente saldate a composizione rio-dacitica appartenenti al Distretto vulcanico di Osilo-Castelsardo. Si prestano talvolta argillificate e/o silicizzate.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.

LGU – Piroclastiti di Loguentu

Si tratta di ignimbriti saldate, interessate da una intensa fratturazione colonnare talora ad angolo retto che consente una separazione lungo diedri le cui superfici esposte sono ornate da dendriti di manganese. La struttura è porfirica per cristalli liberi di plagioclasio e biotite; la tessitura è eutaxitica per la presenza di fiamme deformate plasticamente che raggiungono il metro di lunghezza.

Verso l'alto la tessitura perde la sua caratteristica peculiare pur mantenendo un aspetto chiaramente eutaxitico. La composizione è riolitica.

Gli spessori di questi depositi sono variabili da qualche metro fino a 20-25 m. Su queste vulcaniti poggiano in onlap i calcari della formazione di Mores.

Costituiscono il terreno di fondazione di diverse torri eoliche.

NLI - Unità di Santa Giulia

Lave andesitico-basaltiche e basaltico-andesitiche e relativi corpi subvulcanici, porfiriche per fenocristalli di olivina, plagioclasio e pirosseno; in potenti colate talora ialoclastiche, sills e necks intercalati entro la sequenza lacustre.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.



Figura 2.5 – Ignimbriti saldata con tessitura eutaxitica dell'unità di Logulentu nell'area meridionale del parco.

NTA – Unità di Nuraghe Giuntas

Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riolodacitico, saldati, con cristalli liberi di plagioclasio, sanidino e clinopirosseno, con tessitura eutaxitica. Localmente alla base è presente un paleosuolo. Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.

OSL – Unità di Osilo

Lave a composizione andesitica di colore grigio scuro in colate e duomi, spesso porfiriche per plagioclasio e pirosseno che talvolta raggiungono i 3÷4 mm. Hanno in genere struttura massiva ma talvolta sono caratterizzate da foliazione da flusso marcata da fratturazione tipo *platy joint*. Le caratteristiche delle lave andesitiche sono però osservabili in settori limitati in quanto sono quasi sempre interessate da importanti alterazioni idrotermali. Lo spessore è generalmente decametrico.

Costituiscono il terreno di fondazione di diverse torri eoliche.

LBG – Unità di Lu Bagnu

Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riolitico-riolodacitico, saldati, a struttura vitroclastica, con scarsi cristalli liberi di plagioclasio, sanidino, clinopirosseno, anfibolo e biotite.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.

OZS – Unità di Monte Ozzastru

Andesiti e andesiti basaltiche, anfibolico-pirosseniche e pirosseniche, porfiriche; in cupole di ristagno e colate talora autoclastiche o ialoclastiche, con associati depositi di collasso gravitativo tipo *block and ash flow*. Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area d'intervento.



Figura 2.6 – Lave andesitiche dell'unità di Osilo nell'area centro-settentrionale del parco.

ERI – Formazione di Monte Eri

Conglomerati ed arenarie a componente vulcanica, in livelli e/o lenti di ambiente fluviale.

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area.

ELS – Formazione di Castelsardo

Arenarie e sabbie, argille siltose, tufiti, conglomerati, tufi talora alterati e calcari grigi, con intercalazioni di marne più o meno siltose, fossilifere per abbondanti malacofaune (pettinidi, echinidi, gasteropodi, pteropodi).

Per gli interventi in programma non rivestono alcuna significatività in quanto marginali all'area.

2.3 Assetto geomorfologico

L'areale designato per ospitare il parco eolico ha una morfologia collinare con quote assolute che variano tra 597 m s.l.m. in corrispondenza di Piana Ederas e i circa 300 m s.l.m. delle valli fluviali principali. Coerentemente con l'esteso affioramento di litologie vulcaniche in facies ignimbratica, il settore NE si caratterizza per la presenza di estesi altopiani delimitati a ovest, a sud e localmente ad est da scarpate, con debole inclinazione verso NNE. Tali altopiani si raccordano dolcemente con aree dalla morfologia collinare più

irregolare dominate dalla presenza di litologie laviche in affioramento o sormontati da esigui spessori di depositi olocenici di origine eluvio-colluviale, più o meno pedogenizzati, e da detriti di versante in corrispondenza delle zone di raccordo con le aree vallive.

Nelle zone vallive i corsi d'acqua scorrono prevalentemente su roccia ed i depositi alluvionali attuali e recenti coprono aree limitate.

In corrispondenza delle scarpate che delimitano i tabulati ignimbrici le pendenze raggiungono valori di 80% per poi diminuire progressivamente fino alle zone di raccordo con le valli, sebbene talvolta l'alternanza di livelli piroclastici a diversa competenza ed erodibilità conferisce in alcuni casi una morfologia a gradoni ai versanti dei tabulati. Il settore SW del parco si sviluppa invece in un contesto debolmente ondulato con pendenze raramente superiori al 20%.



Figura 2.7 – Contesto morfologico collinare del settore nord del parco eolico visto da ovest (in alto) e del settore centrale visto da nord (in basso).



Figura 2.8 – Contesto morfologico collinare del settore centrale del parco eolico visto da SW (in alto) e del settore meridionale visto da ovest (in basso).



Figura 2.9 – Contesto morfologico del settore orientale del parco eolico visto da sud.



Figura 2.10 – Ambito morfologico d'insieme dell'areale che ospiterà il parco eolico, con vista da sud. Il rapporto lunghezze / altezze è di 1:3.

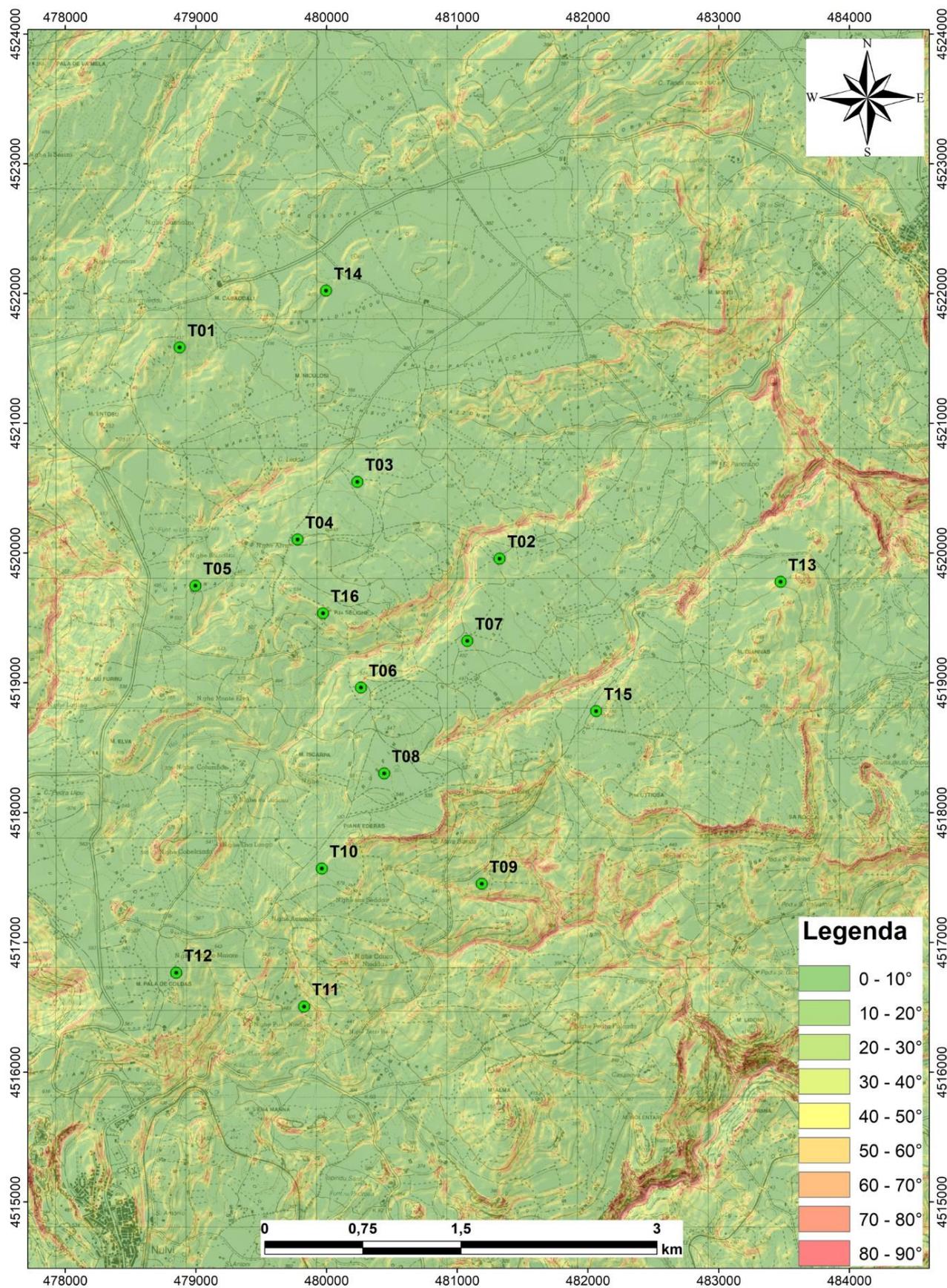


Figura 2.11 – Carta delle acclività (estratta dal Geoportale della Sardegna).

2.4 Assetto idrografico ed interferenze con le opere in progetto

Coerentemente con la scarsa permeabilità delle rocce affioranti ed il ridotto spessore di coperture detritico-alluvionali, il sistema idrografico locale è abbastanza fitto e le acque di ruscellamento sono convogliate rapidamente verso i rii principali a carattere fortemente stagionale.

Si riconoscono due sistemi di corsi d'acqua: il reticolo idrografico all'interno dell'area del parco eolico e del settore ad est di questo confluisce a NE nel *Rio Coghinas*, mentre i corsi d'acqua ad ovest del parco confluiscono in una moltitudine di rii minori che raggiungono la costa dopo pochi chilometri. Tra i primi sono degni di nota il *Riu Silanus*, il *Riu Sa Raighina* ed il *Riu Masinu*, corsi d'acqua a regime torrentizio e carattere stagionale che scorrono da SW verso NE.

Procedendo da nord a sud, il *Riu Toltu* Passa circa 200 m a sud di T01e a circa 400 m di T14.

Il *Riu Silanus* passa circa 200 m ad est di T05 per proseguire a nord di T04 e T03 ad una distanza da questi rispettivamente di 500 m e 350 m. I suoi affluenti alla destra idraulica passano circa 200 m da T15 e a circa 450 m da T13.

Il *Riu Sa Raighina* scorre in prossimità di T16, T06, T07 e T02 mantenendo sempre una distanza compresa tra 250 m e 400 m dai siti designati.

Il sistema *Riu Triulintas/ Riu Masinu* ed i rispettivi affluenti stanno a circa 200 m da T12, a 70 m da T11, a 100 m da T09.

In considerazione dell'assetto topografico e delle distanze tra le torri eoliche ed il reticolo fluviale, non si rilevano interferenze significative tra questi elementi.

In Figura 2.13 sono evidenziate le interferenze tra il cavidotto di distribuzione interna a 36kV ed il reticolo idrografico. Si tratta in tutti i casi di attraversamenti a monte di rii che acquisiscono nella maggioranza dei casi il carattere di ruscello durante gli eventi piovosi ed il carattere di torrente durante eventi meteorici eccezionali.

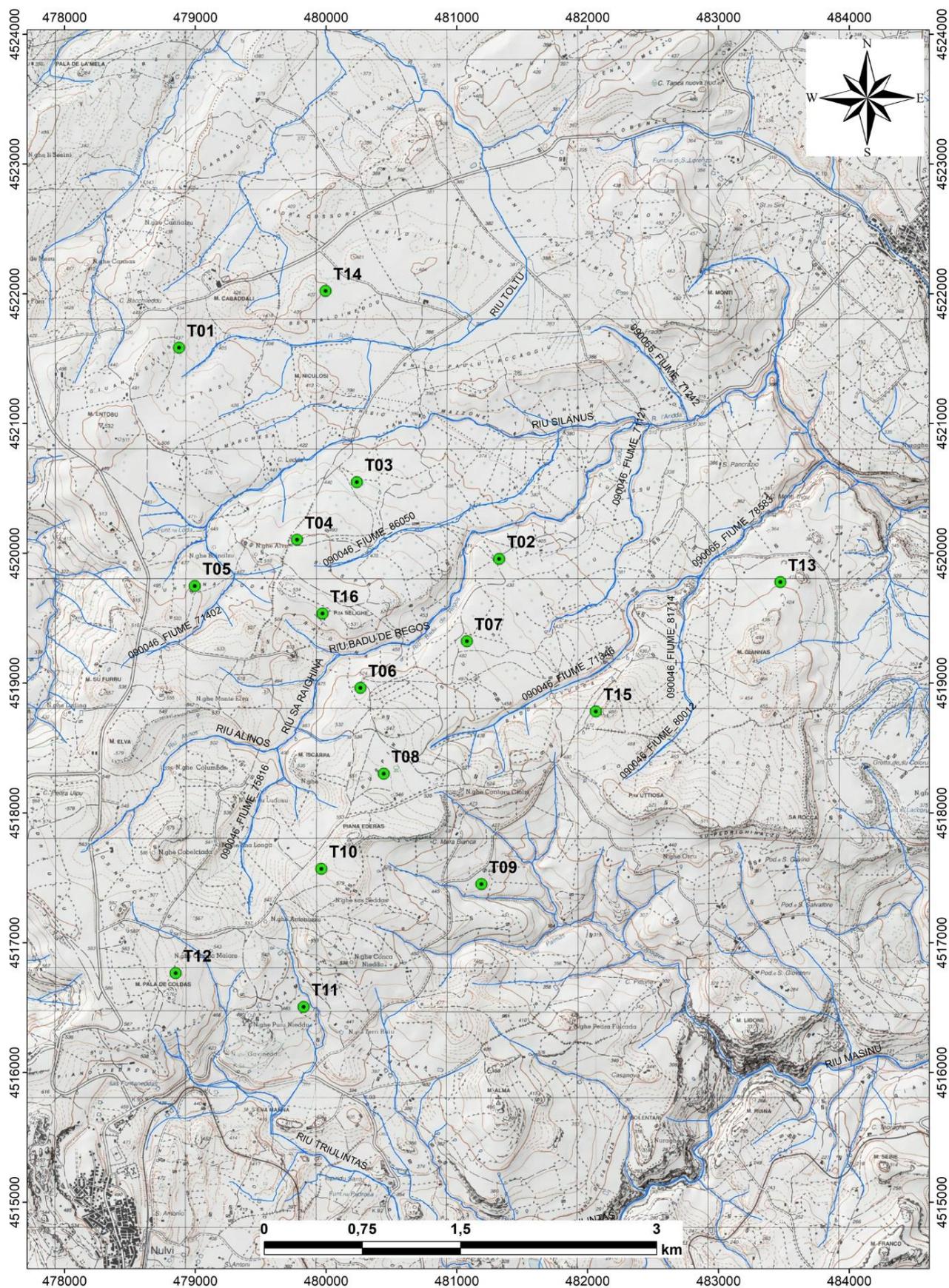


Figura 2.12 – Reticolo idrografico dell'area del parco eolico su stralcio IGM1.

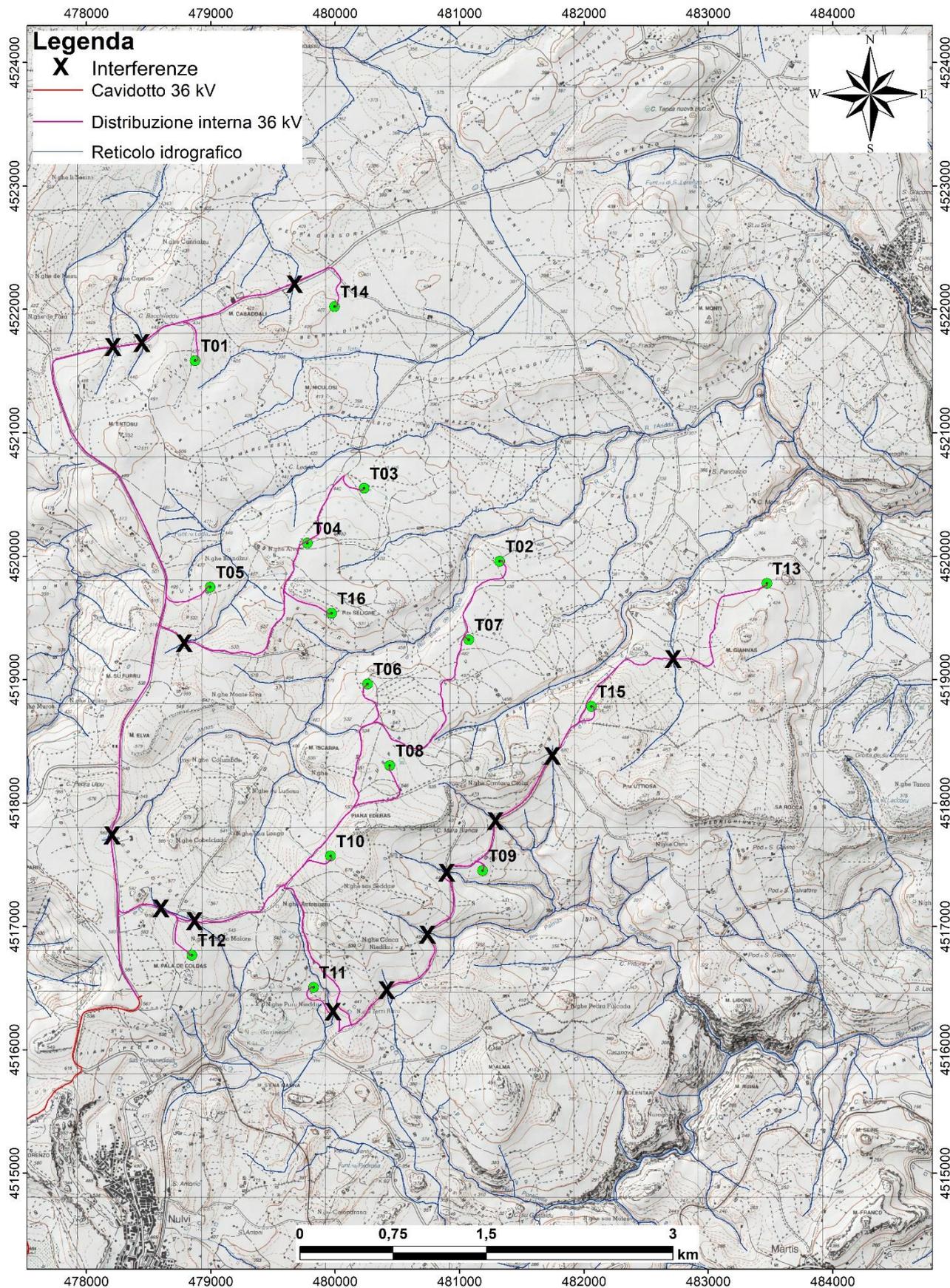


Figura 2.13 – Interferenze tra reticolo idrografico e cavidotto di distribuzione interna su stralcio cartografico I.G.M.I.



Figura 2.14 – Il letto asciutto del Riu Palmas, affluente del Riu Masini, nel settore meridionale del parco eolico.

2.5 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico locale vede un basamento litificato vulcanico la cui permeabilità varia da media a medio bassa per fratturazione. Solo in corrispondenza di volumi di roccia intensamente fratturati, potrebbe instaurarsi una modesta circolazione idrica profonda.

In conseguenza della composizione spiccatamente carbonatica, le litologie sedimentarie calcarenitiche oligo-mioceniche afferenti alla Formazione di Mores [RESa] presentano una permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione, mentre le coperture eluvio-colluviali, in genere con spessori non superiori a pochi metri, sono contraddistinte da porosità e permeabilità poco favorevoli a permettere un'infiltrazione efficace rilevante e, pertanto, la formazione di una falda freatica superficiale.

Alle unità litologiche distinte possono essere attribuite le seguenti classi di permeabilità (graficamente rappresentate nell'elaborato fuori fascicolo):

AP Alta per porosità

MAP Medio alta per porosità

MBP Medio bassa per porosità

BF Bassa per fratturazione

MBF Medio bassa per fratturazione

AP - Alta per porosità

Vi rientrano i depositi alluvionali attuali e recenti [b] e i depositi olocenici terrazzati [bn] che caratterizzano le valli fluviali principali. Sono spesso sciolti ed incoerenti, in particolare per le frazioni sabbioso-ghiaiose caratterizzate da una permeabilità alta per porosità, che decresce notevolmente fino a medio-bassa nelle facies limoso-argillose suscettibili di fenomeni di ristagno.

MAP - Medio alta per porosità

Vi rientrano i depositi eluvio-colluviali attuali e recenti [b₂], spesso sciolti ed incoerenti, che rappresentano la copertura delle litologie vulcaniche e sedimentarie oligo-mioceniche. In relazione al loro ridotto spessore, non sono capaci di ospitare acquiferi volumetricamente significativi.

Ricadono in questa categoria anche i detriti di versante e di frana [a, a1 e a1a] che comunque affiorano al di fuori dell'area direttamente interessata dal parco. Rientrano in questa classe di permeabilità anche i depositi continentali del Pleistocene superiore afferenti al Subsistema di Portovesme [PVM2].

MBP - Medio bassa per porosità

Appartengono a questa categoria le litologie arenaceo-conglomeratiche con componente vulcanoclastica e livelli tufacei afferenti alla Formazione di Monte Eri e di Castelasrdo [ERI, ELS] che affiorano esternamente all'area che ospiterà il parco.

BF - Bassa per fratturazione

Appartengono a questa categoria le litologie vulcaniche in facies di ignimbriti debolmente saldate dell'unità di Chiaramonti [HRM].

MBF - Medio bassa per fratturazione

Vi ricadono le litologie vulcaniche in facies ignimbritica [LBG], in facies lavica [NLI, NTA, OSL e OZS] e le litologie lacustri epiclastiche afferenti alla Formazione del Rio Minore [LRM].

Alcune di queste litologie e in particolare quelle riferibili all'Unità di Osilo [OSL] ed alla Formazione del Rio Minore [LRM] interferiscono direttamente con le opere in progetto.

MF - Media per fratturazione

Vi ricadono le litologie vulcaniche in facies di ignimbriti saldate dell'Unità di Logulentu [LGU]. Tali litologie interferiscono direttamente con le opere in progetto di conseguenza il loro spessore e la relativa permeabilità dovranno essere valutate con opportune indagini geognostiche e geotecniche.

MACF – Medio alta per carsismo e fratturazione

Rientrano in questa categoria le biocalcareni e i calcari bioclastici della Formazione di Mores [RESa] che affiorano per limitate estensioni e spessori nel settore orientale del parco senza peraltro essere sede delle fondazioni di nessuna delle torri eoliche. In conseguenza del loro spessore possono essere sede di modesti acquiferi.

Da questo quadro generale si evince che nel settore in studio la circolazione idrica sotterranea è strettamente vincolata dalla presenza di un substrato poco o nulla permeabile costituito da rocce vulcaniche. Tali litologie non consentono un'infiltrazione e una circolazione delle acque nel sottosuolo se non in corrispondenza di volumi intensamente fratturati o in corrispondenza di profondità pluridecametriche / ettometriche.

La copertura argilloso-limosa, per la granulometria molto fine e per il ridotto spessore, non costituisce un acquifero di rilievo, ma localmente è interessato da una debole umidità al contatto con il sottostante basamento impermeabile.

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

2.5.1 Pozzi

Dalla carta topografica I.G.M.I. 1:25.000 si evince la presenza di numerosi campi di pozzi perlopiù in corrispondenza dei tabulati ignimbritici. Non è stato possibile trovare riscontro sul campo o ispezionarli trovandosi in corrispondenza di aree recintate od inaccessibili.

2.5.2 Sorgenti

Nella succitata cartografia sono indicate varie sorgenti le quali, dall'analisi delle condizioni topografiche si possono ricondurre a due tipologie:

- 1) Sorgenti poste in corrispondenza della parte iniziale di piccoli rii, risultate asciutte, come i rii associati, in conseguenza del carattere stagionale di questi punti d'acqua.
- 2) Sorgenti poste sui versanti degli altopiani ignimbritici, poste generalmente a una quota inferiore di diverse decine di metri rispetto alla quota della superficie del tabulato, coerenti con la presenza di una falda freatica profonda legata alla fratturazione delle litologie vulcaniche.

2.6 Caratterizzazione pedologica e uso del suolo

I suoli dell'area oggetto di studio sono quelli che si sviluppano tipicamente su substrati vulcanici da acidi a intermedi subaffioranti e sui relativi depositi colluviali. Nello specifico si tratta della tipologia pedologica:

- 1) *lithic xerorthents, caratterizzata da uno sviluppo verticale limitato, minore di 50 cm, elevato contenuto in clasti appartenenti alla litologia che costituisce il substrato. Questi suoli si sviluppano principalmente sulla sommità di morfologie collinari e sono comunemente adibiti al pascolo.*

Le aree di intervento si inseriscono in un contesto eterogeneo perlopiù occupato da sugherete o adibito alla coltivazione di seminativi in aree non irrigue e, localmente, a prati artificiali utilizzati per il pascolo di bestiame.

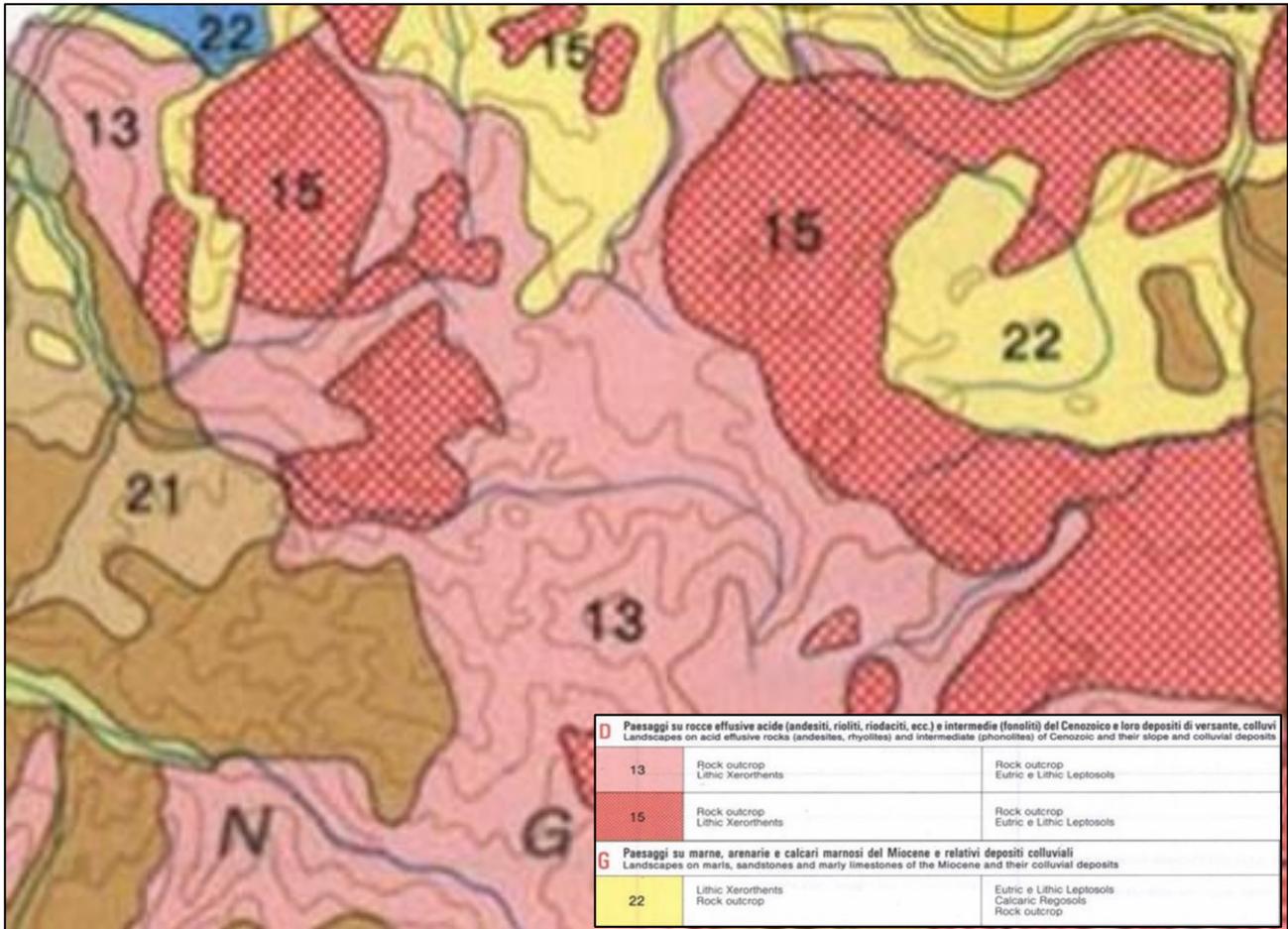


Figura 2.15 – Stralcio della carta dei suoli della Sardegna, da Aru et al., 1990.

2.7 Modello stratigrafico di riferimento

Le aree di intervento si caratterizzano per la diffusa presenza, in affioramento o sotto una debole copertura detritica di natura eluvio-colluviale, di rocce vulcaniche fortemente litoidi di età oligo-miocenica, rappresentate principalmente da ignimbriti riolitiche densamente saldate afferenti all'unità delle Piroclastiti di Logulentu [LGU] e da spesse colate andesitiche riferibili all'unità di Osilo [OSL]. Solamente nel settore settentrionale il sito T14 e nel settore orientale il sito T13 ricadono in aree caratterizzate dall'affioramento di rocce epiclastiche litoidi di ambiente lacustre afferenti alla Formazione del Rio Minore [LRM].

Il substrato lapideo è spesso affiorante, talora alterato e fratturato nella parte sommitale e litoide a breve profondità, sormontato da una esigua coltre terrigena eluvio-colluviale di spessore decimetrico in parte pedogenizzata rappresentata da terre sabbioso limose, con clasti dispersi da centimetrici a decimetrici afferenti alle litologie del substrato.

Per questi depositi il grado d'alterazione è molto basso.

Gli spessori massimi della copertura si raggiungono nelle aree depresse per ridursi verso gli spartiacque, ove i processi erosivi hanno determinato l'affioramento del substrato roccioso.

Una volta superato lo spessore submetrico di alterazione corticale, che verrà meglio definito in fase di progettazione definitiva mediante specifiche indagini geognostiche, si rinviene un livello litoide compatto, con elevate proprietà litotecniche, di portanza e di stabilità. Si ritiene che il passaggio tra la coltre eluviale e il sottostante substrato roccioso alterato e detensionato sia netto.

In considerazione dell'estensione del parco eolico, la successione stratigrafica è eterogenea, sia perché possono mancare gli strati detritici di copertura (Strato LL_A e Strato LL_B), sia perché gli strati LL_C, LL_D ed LL_E possono alternativamente rappresentare le litologie al di sotto della copertura detritica o in affioramento.

Schematicamente, la sequenza stratigrafica può essere ricondotta alla sovrapposizione dei seguenti strati a partire dalla sommità:

LL_A Terre di riporto e suoli

LL_B Colluvi limo-argillosi

LL_C Depositi epiclastici coerenti da marnoso-arenacei a conglomeratici

LL_D Ignimbriti saldate riolitiche

LL_E Lave andesitiche

LL_A – Terre di riporto e suoli

Spessore min 0,20 m

Spessore max 1,00 m

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

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

LL_B – Colluvio limo-argilloso

Spessore min 0,50 m

Spessore max 2,50 m

Colluvio limo-argilloso, talvolta con noduli carbonatici, asciutto, consistente per effetto della temporanea essiccazione. Il rinvenimento di questo deposito è localizzato.

LL_C – Depositi epiclastici coerenti da marnoso arenacei a conglomeratici

Spessore pluridecamentrico

Depositi epiclastici costituiti da cineriti stratificate bianco-verdastre con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati e calcari parzialmente silicizzati di ambiente lacustre. Si presentano generalmente alterate fino ad almeno 2÷3 m di profondità.

Si distinguono due facies con comportamento meccanico dissimile:

LL_C1 - Fascia di alterazione con proprietà meccaniche similari ai terreni colluviali limo-argillosi soprastanti

LL_C2 - Substrato litoide mediamente consistente e fratturato

LL_D – Ignimbriti saldate riolitiche

Spessore min 3,00 m

Spessore max 25,00 m

Roccia in posto di origine vulcanica: trattasi di ignimbriti saldate, interessate da una intensa fratturazione colonnare talora ad angolo retto che consente una separazione lungo diedri le cui superfici esposte sono ornate da dendriti di manganese.

LL_E – Lave andesitiche

Spessore min 4,00 m

Spessore max 30,00 m

Lave a composizione andesitica di colore grigio scuro in colate e domi, porfiriche per plagioclasio e pirosseno. Hanno in genere struttura massiva ma talvolta sono caratterizzate da foliazione da flusso marcata da fratturazione tipo *platy joint*.

Sono quasi sempre interessate da importanti alterazioni idrotermali.

3 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

3.1 Pericolosità idraulica

I Comuni di Nulvi e Sedini ricadono entro nel Sub-Bacino N. 3 "Coghinas - Mannu - Temo" definiti dal Piano di Assetto Idrogeologico approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006.

Dalla disamina delle cartografie consultabili nel Geoportale della Sardegna (aggiornati al Dicembre 2022), nei siti istituzionali dei comuni, in quello dell'Autorità di Bacino della Sardegna, sezione dedicata agli atti (Delibere del Comitato Istituzionale e Determinazioni del Segretario Generale dell'AdB), risulta che la mappatura del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) ottobre 2021 è lo strumento più aggiornato, salvo perimetrazioni in corso di approvazione di cui al momento non sono stati reperiti riscontri ufficiali.

Dai piani di settore ufficiali consultabili nel Geoportale della Sardegna, risulta che nessuna delle aree designate ad ospitare le opere in progetto sono gravate da criticità da inondazione, come si evince dalla cartografia in Figura 3.1 che riporta uno stralcio della mappatura PAI, PGRA e PSFF.

Non è stato reperito alcuno studio PAI a livello comunale che risulti non integrato nella cartografia pubblicata sul Geoportale della Sardegna.

Non sono state altresì interessate dal passaggio del ciclone "Cleopatra".

Benché non interferente con l'intervento in progetto, la succitata mappa indica la presenza nella parte settentrionale del parco eolico di un'areale con gravi problematiche idrauliche legate alla morfologia della valle che ospita il letto del *Riu Toltu*.

3.2 Pericolosità da frana

La carta della pericolosità da frana del PAI consultabile nel Geoportale della Sardegna (aggiornata al Dicembre 2022) (Figura 3.2) non indica alcuna criticità in corrispondenza dei siti designati per la realizzazione delle torri eoliche.

Diverse aree, poste a distanza dell'ordine delle centinaia di metri dagli aerogeneratori, presentano pericolo da medio a elevato legato alla presenza di scarpate di altezza variabile, da metriche a decametriche, in corrispondenza dei margini degli altopiani formati dagli espandimenti ignimbrici miocenici. Anche la viabilità nuova e quella da adattare, sebbene nel comparto sud lambisca delle aree caratterizzate da pericolosità media, risulta esente da qualsivoglia pericolo geomorfologico.

Va da sé che in fase esecutiva occorrerà una verifica delle condizioni ante e post funzionalmente alle tipologie delle opere in programma, supportate da un'adeguata campagna di indagini geologiche e geotecniche.

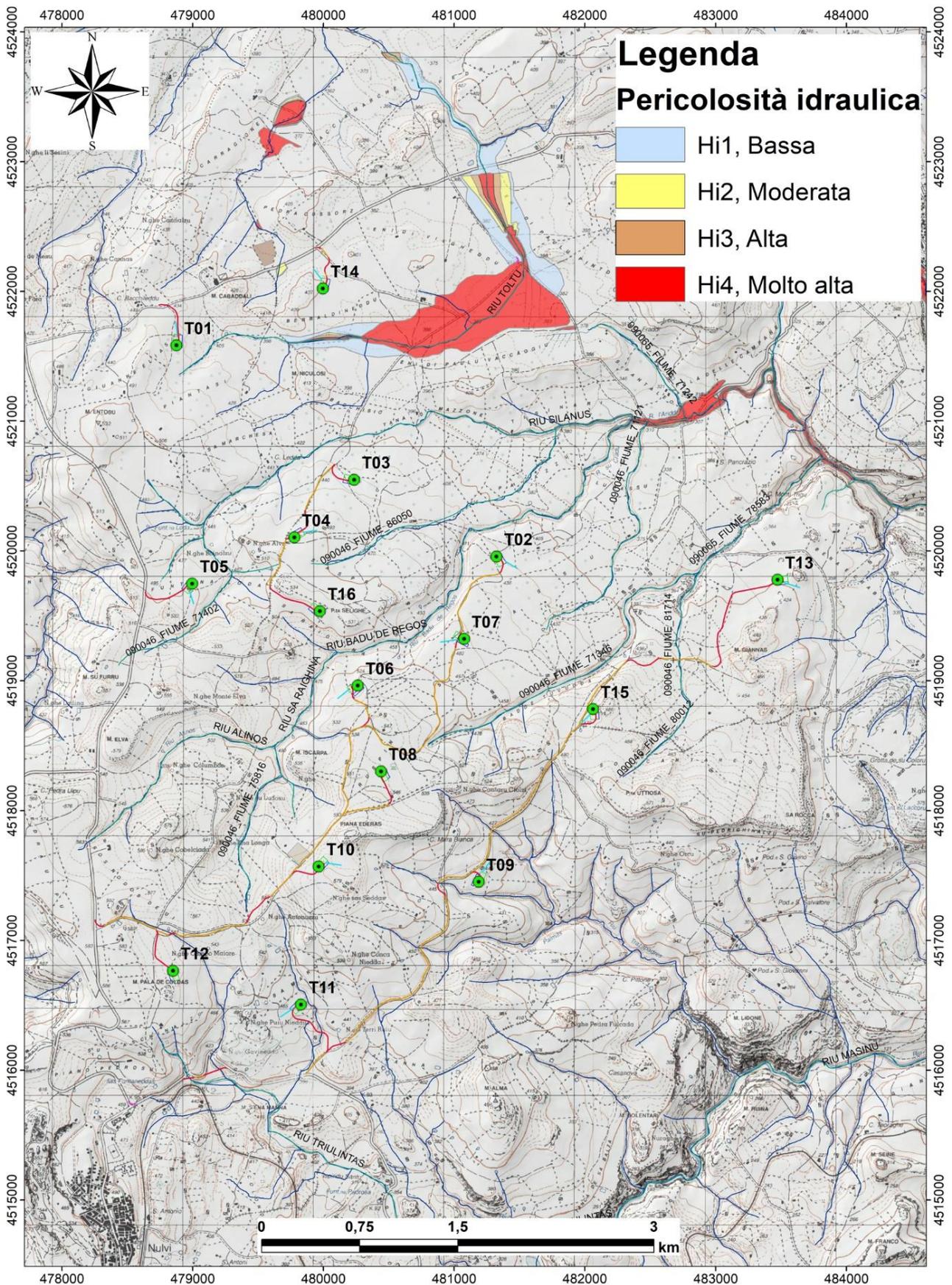


Figura 3.1– Stralcio della carta della pericolosità idraulica, quadro di unione PAI, PGRA e PSFF su base IGM1.

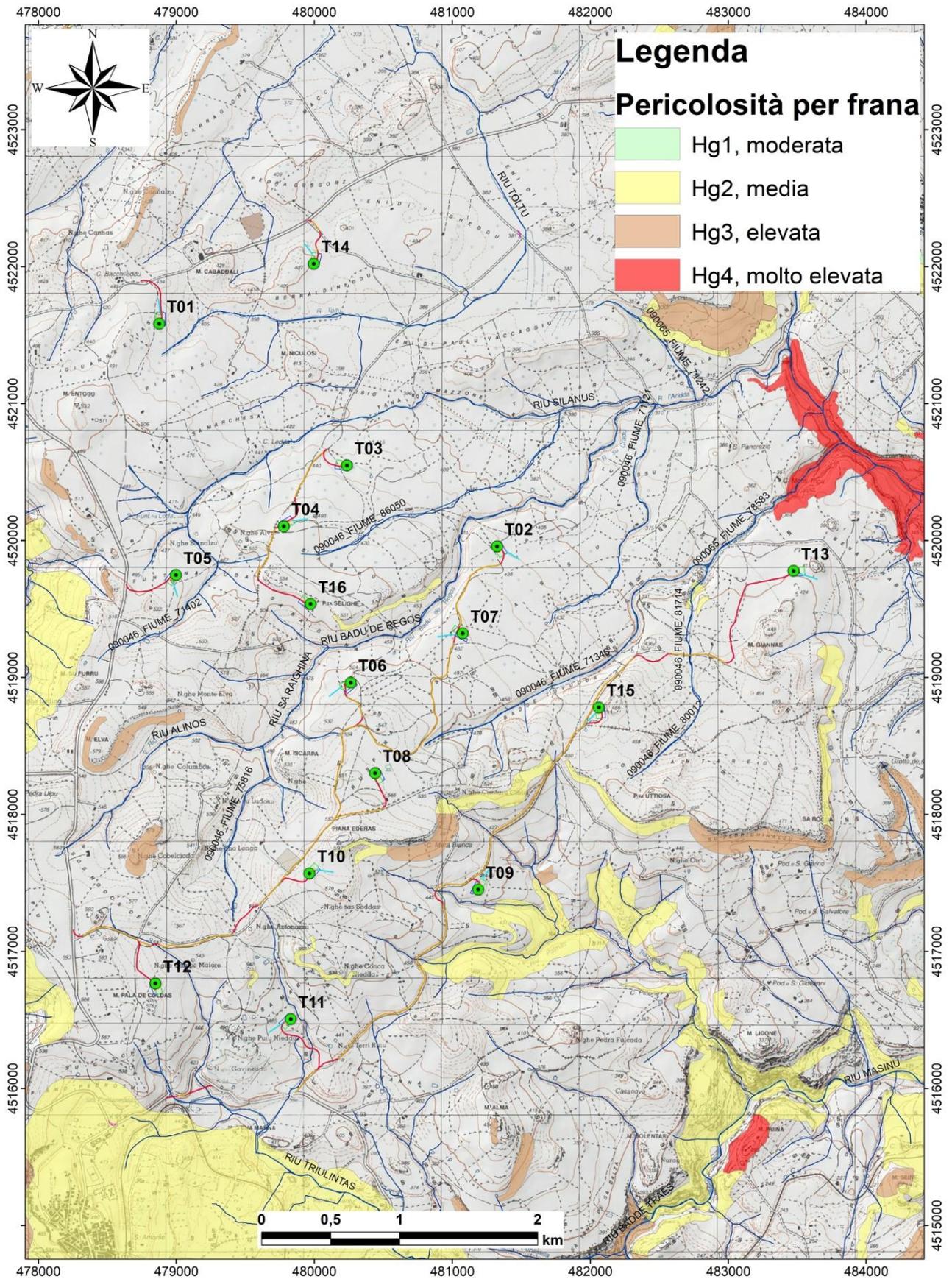


Figura 3.2 – Stralcio della carta della pericolosità per frana allegata al PAI su base IGMI (estratta dal Geoportale della Sardegna).

3.3 Pericolosità sismica

La bassissima sismicità dell'Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

Dal *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from Capable faults*) non si evince alcun elemento tettonico capace di interferire direttamente con i luoghi di intervento (*Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*).

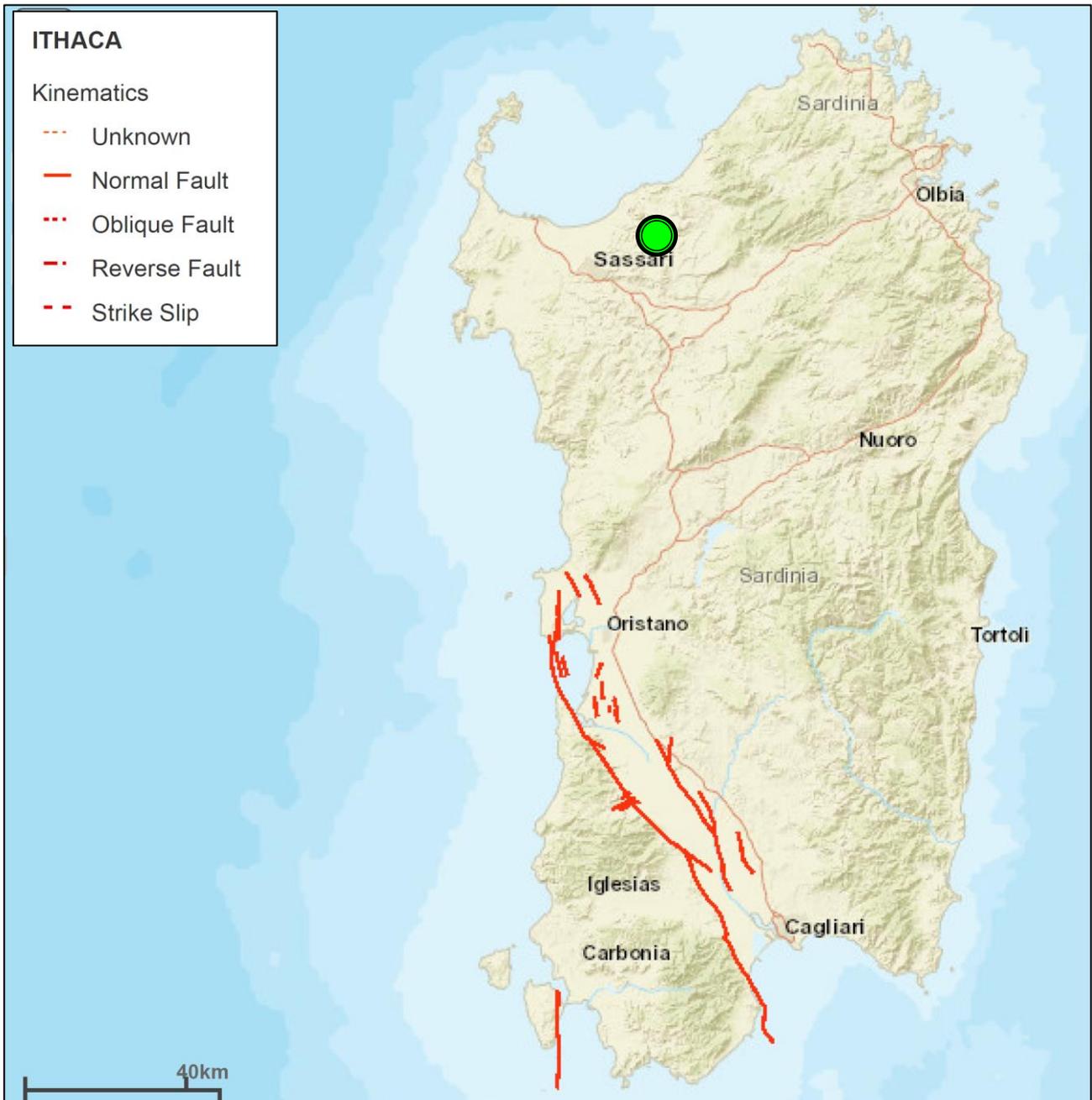


Figura 3.3 - Mappa con l'ubicazione delle faglie capaci scaricato dal catalogo del progetto ITHACA.

3.4 Pericolosità idrogeologica

Riguardo gli aspetti idrogeologici, la predominanza di rocce vulcaniche litoidi contraddistinte da permeabilità da nulla a molto bassa, fa ritenere poco plausibile qualsivoglia interazione tra scavi e flussi idrici sotterranei se non con quelli temporanei dovuti a particolari condizioni meteorologiche (piogge intense, scioglimento di eventuali accumuli nevosi) capaci di saturare la coltre eluvio-colluviale e lo strato di alterazione della roccia.

Ad ogni buon conto, per la tipologia degli interventi in programma, non sussistono i presupposti affinché l'opera in progetto possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

3.5 Subsidenza

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

Non sono noti nell'area sink-hole o altre tipologie di subsidenza naturale.

Analogamente, non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

4 CONCLUSIONI

Il settore ove si prevede la realizzazione del Parco Eolico "Orria" vede la presenza di un substrato litoide prevalentemente di natura vulcanica, sormontato da una coltre da decimetrica a metrica di origine eluvio-colluviale di colore bruno, superficialmente rimaneggiata dalle pratiche agricole.

A causa della marcata frazione argillosa che predispone il sedimento a rigonfiamento e contrazione con il variare del grado di umidità, le caratteristiche geotecniche della copertura terrigena, allo stato attuale delle conoscenze, pongono limitazioni alla scelta della tipologia fondale.

Si potranno prevedere fondazioni dirette solo nel substrato litificato marnoso-argilloso [Strati LL_C, LL_D ed LL_E], fatti salvi i necessari accorgimenti operativi per evitare il detensionamento del piano di fondazione (immediato getto contro terra di magrone).

La predominanza di rocce vulcaniche litoidi, contraddistinte da permeabilità da nulla a molto bassa, consente di escludere qualsiasi interazione tra scavi e flussi idrici sotterranei se non con quelli temporanei dovuti a particolari condizioni meteorologiche (piogge intense, scioglimento di eventuali accumuli nevosi) capaci di saturare la coltre eluvio-colluviale e lo strato di alterazione della roccia.

La coesione insita anche nella coltre terrigena sommitale assicura la tenuta delle pareti di scavo anche per pendenze prossime alla verticalità a medio termine (settimane) purché in condizioni asciutte. La giacitura suborizzontale delle strutture da flusso delle lave e delle ignimbriti non predispone a fenomeni di instabilità durante le operazioni di sbancamento, nemmeno se a sezione obbligata. Durante la stagione piovosa, potrebbero manifestarsi locali crolli di detrito.

La configurazione planoaltimetria ed orografica del settore e la posizione dei singoli aerogeneratori sulla sommità di altopiani o di dorsali morfologiche ben modellate o su pendio a modesta pendenza, favorisce diffuse condizioni di stabilità morfologica dei luoghi.

I siti designati per gli aerogeneratori ricadono in posizioni sceve da pericolosità da inondazione non trovandosi gli stessi in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico o in prossimità dei principali corsi d'acqua. Anche i segmenti di viabilità da adeguare e quelli di nuova realizzazione non sono gravati da vincolo idraulico e geomorfologico PAI.

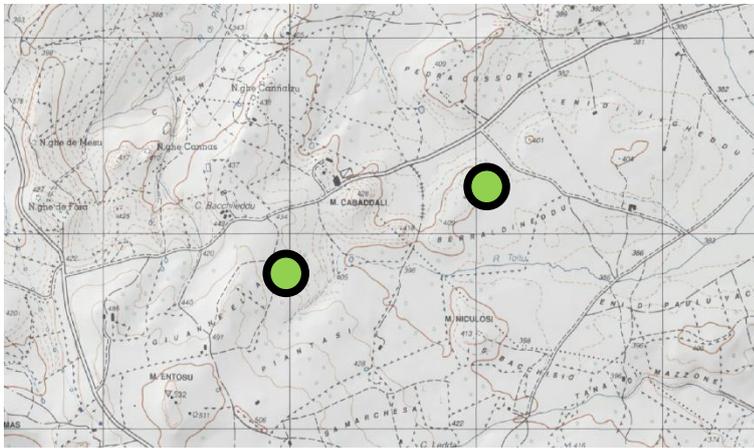
Per i motivi sopra esposti si ritiene che nulla osti alla realizzazione delle opere in progetto fatta salva la necessità di acquisire maggiori informazioni attraverso una campagna geognostica e geotecnica volta a definire gli aspetti litotecnici e stratigrafici indeterminati.

5 SCHEDE SITO

SETTORE NORD - AEROGENERATORI T01 e T14

ACCESSIBILITÀ

Si accede attraverso un tratto di strada asfaltata che unisce la S.S. 134 di Castelsardo alla S.P.17 e poi percorrendo stradelli di nuova costruzione e piste in terra battuta già presenti a servizio di un parco eolico preesistente.
I punti si trovano in mezzo ad aree in parte adibite a pascolo su cui sarà necessario creare brevi tratti di viabilità che consenta il raggiungimento ai siti specifici.



Vista panoramica da nord di T01



Vista panoramica da ovest di T14



Stradello di avvicinamento a T01



Piazzola trasbordo tra T01 e T14

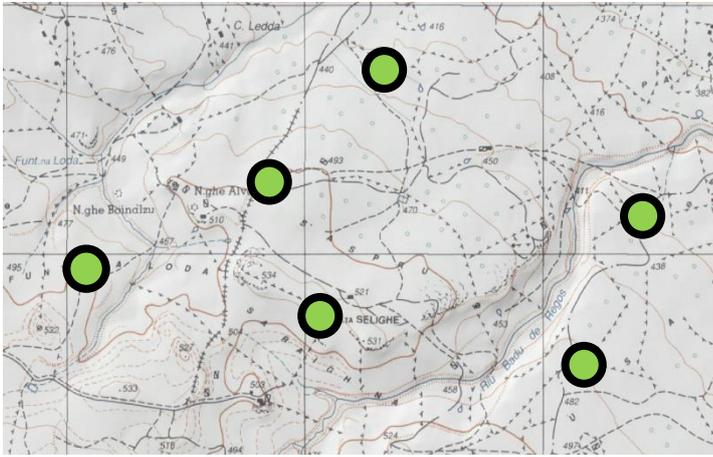
| | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Substrato ignimbrítico affiorante presso T01</p> | <p>Stradello di avvicinamento al sito T14</p> |
|  |  |
| <p>Vista panoramica di T14 da nord</p> | <p>Piazzola trasbordo tra T01 e T14</p> |
| <p>NATURA DEL SUBSTRATO</p> | <p>Copertura costituita da un livello pedogenizzato di spessore da decimetrico a metrico con sparsi blocchi decimetrici di vulcaniti. Il substrato lapideo, spesso affiorante, è rappresentato, in accordo con la carta geologica allegata al PPR, da ignimbriti saldate afferenti all'unità di Logulentu e da depositi epiclastici riferibili alla Formazione del Rio Minore. La giacitura è sub-orizzontale.</p> |
| <p>ASSETTO MORFOLOGICO</p> | <p>I siti sono ubicati lungo la parte sommitale di altopiani caratterizzati da una superficie sub-orizzontale coerentemente con la giacitura delle formazioni che ne costituiscono l'ossatura. I versanti che delimitano tali altopiani presentano inclinazioni massime di circa il 30% e sono distanti diverse centinaia di metri dai siti designati. Nel complesso il settore si configura come una zona collinare caratterizzata da una morfologia abbastanza dolce dove spesso affiora il substrato roccioso. Non si rilevano frane in atto o quiescenti o altri processi morfogenici che condizionino la stabilità dei siti specifici.</p> |
| <p>ASSETTO IDROGEOLOGICO</p> | <p>La bassa permeabilità per fratturazione del substrato, fa sì che la presenza di flussi idrici sotterranei sia relegata a profondità decametriche. La presenza delle acque di ruscellamento è legata a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi.</p> |

SETTORE CENTRALE - AEROGENERATORI T02, T03, T04, T05, T07 e T16

ACCESSIBILITÀ

Presenza di stradelli in terra battuta e asfaltati, da adattare allo scorrimento di mezzi pesanti, a cui si accede dalla SP17.

I punti si trovano in mezzo a campi coltivati, aree di pascolo o macchia mediterranea su cui sarà necessario creare una viabilità che consenta il raggiungimento dagli stradelli limitrofi.



Vista panoramica da Sud di T02



Vista da sud di T05



Panoramica dell'area T3, T4 e T16 da SE



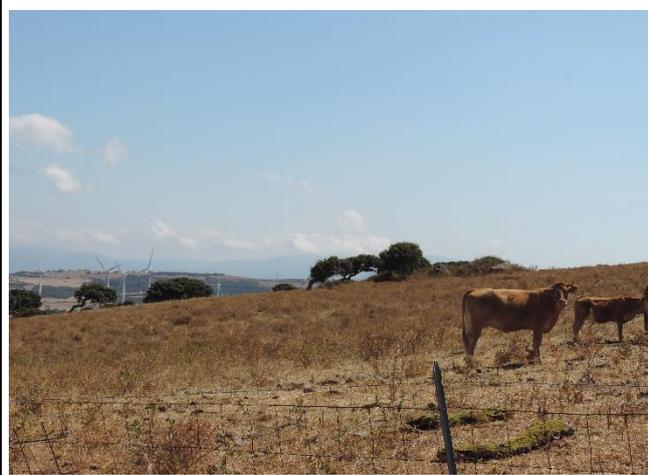
Stradello di avvicinamento a T16 T04 e T03 da SE



Panoramica di T16 da Ovest



Sito T16 da Ovest



Sito T04



Stradello di avvicinamento a T04



Suolo con blocchi di vulcaniti nel sito T04

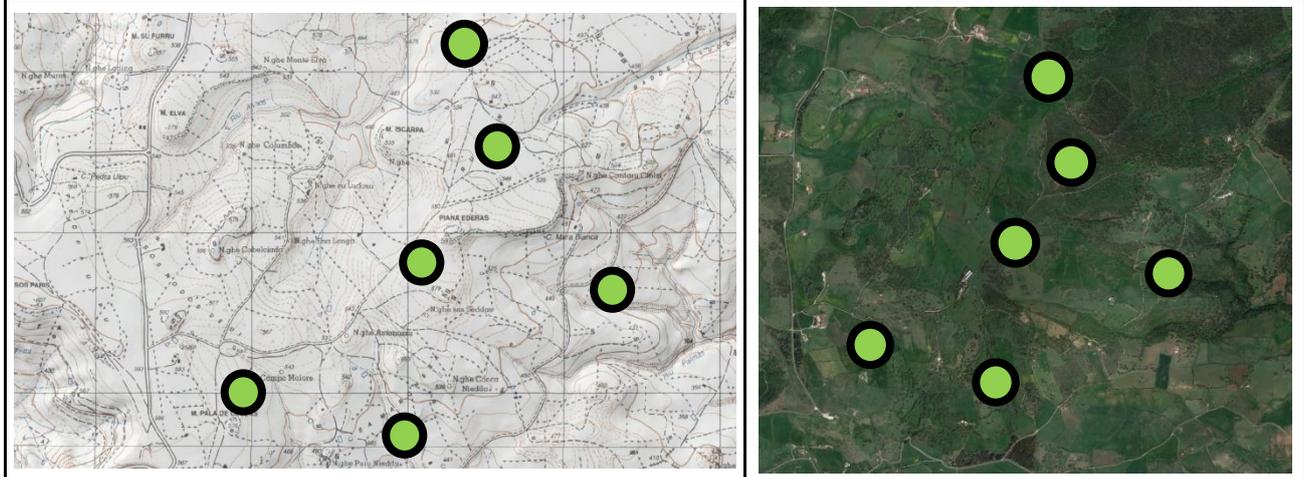


Stradello di avvicinamento a T03

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>Sito T03</p> | <p>Stradello di avvicinamento a T02 e T07</p> |
|  |  |
| <p>Panoramica di contesto di T02 e T07 da sud</p> | <p>Panoramica di contesto di T02 e T07 da NE</p> |
| <p>NATURA DEL SUBSTRATO</p> | <p>Copertura costituita da un livello pedogenizzato di spessore da decimetrico a metrico con sparsi blocchi decimetrici di vulcaniti. Il substrato lapideo, spesso affiorante, è rappresentato, in accordo con la carta geologica allegata al PPR, da ignimbriti saldate afferenti all'unità di Logulentu e da lave andesitiche riferibili all'unità di Osilo. La giacitura è sub-orizzontale.</p> |
| <p>ASSETTO MORFOLOGICO</p> | <p>I siti sono ubicati lungo la parte sommitale o la parte alta, a debole pendenza, dei versanti di ampie colline o altipiani. Tali colline sono spianate, coerentemente con la giacitura delle formazioni che ne costituiscono l'ossatura. I versanti presentano inclinazioni massime di circa il 30%. Nel complesso il settore si configura come una zona collinare caratterizzata da una morfologia abbastanza dolce dove spesso affiora il substrato roccioso. Non si rilevano frane in atto o quiescenti o altri processi morfogenici che condizionino la stabilità dei siti specifici. Solo alcune strette fasce di territorio, in corrispondenza delle aree di raccordo tra gli altipiani ignimbritici e le valli, sussistono locali condizioni di pericolo di frana, ma sempre a distanza dell'ordine delle centinaia di metri dai siti designati per le torri eoliche.</p> |
| <p>ASSETTO IDROGEOLOGICO</p> | <p>La bassa permeabilità per fratturazione del substrato, fa sì che la presenza di flussi idrici sotterranei sia relegata a profondità decametriche. La presenza delle acque di ruscellamento è legata a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi. Nell'immediato intorno non si rileva la presenza di sorgenti. Non si rilevano altre opere di captazione di acque sotterranee (pozzi né a largo né a piccolo diametro).</p> |
| <p>NECESSITÀ DI APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI</p> | <p>Allo stato attuale delle conoscenze non si dispone di dati sito-specifici per definire lo spessore della coltre terrigena di copertura, né delle caratteristiche geotecniche del substrato lapideo. Può essere escluso il ricorso a fondazioni di tipo profondo. Si rimanda all'esito della campagna geognostica per il dimensionamento della fondazione. Proposta di indagini geognostiche e geotecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sondaggio a carotaggio continuo, – prove geotecniche in situ del tipo penetrometriche continue (DPSH) o discontinue in foro (SPT), – prove geotecniche di laboratorio, – stendimento sismico MASW e/o sezione sismica tomografica. |

SETTORE SUD - AEROGENERATORI T06, T08, T09, T10, T11 e T12

ACCESSIBILITÀ
 Presenza di stradelli in terra battuta e asfaltati, da adattare allo scorrimento di mezzi pesanti, a cui si accede dalla SP17 e dalla S.S.127 e poi attraverso stradelli di nuova costruzione e piste in terra battuta.
 I punti si trovano in mezzo a campi coltivati, aree di pascolo o macchia mediterranea su cui sarà necessario creare una viabilità che consenta il raggiungimento dagli stradelli limitrofi.



Vista panoramica da sud di T06



Stradello di avvicinamento T06



Vista panoramica da est di T06



Stradello di avvicinamento a T08



Sito T08



Sito T10 da SW



Ignimbriti saldate in prossimità di T10



Sito T10



Sito T09 da nord



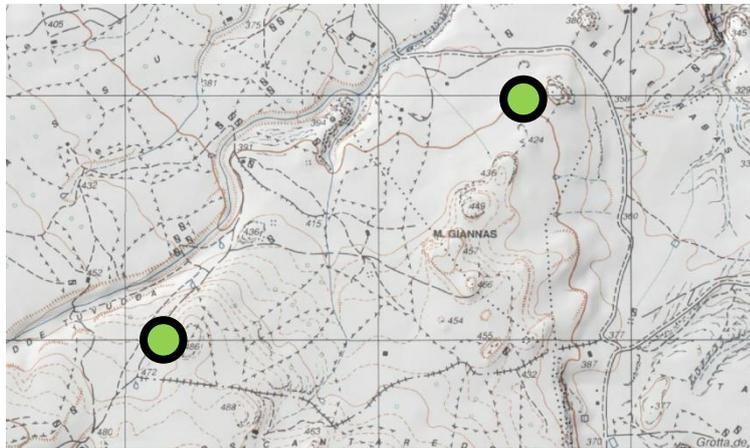
Stradello di avvicinamento a T09

| | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Sito T11 da SE</p> | <p>Stradello di avvicinamento a T11</p> |
|  |  |
| <p>Suolo con blocchi lavici decimetrici presso T12</p> | <p>Sito T12</p> |
| <p>NATURA DEL SUBSTRATO</p> | <p>Copertura costituita da un livello pedogenizzato di spessore da decimetrico a metrico con sparsi blocchi decimetrici di vulcaniti. Il substrato lapideo, spesso affiorante, è rappresentato, in accordo con la carta geologica allegata al PPR, da ignimbriti saldate afferenti all'unità di Logulentu e da lave andesitiche riferibili all'unità di Osilo. La giacitura è sub-orizzontale.</p> |
| <p>ASSETTO MORFOLOGICO</p> | <p>I siti sono ubicati lungo la parte sommitale o la parte alta, a debole pendenza, dei versanti di ampie colline o altipiani. Tali colline sono spianate coerentemente con la giacitura delle formazioni che ne costituiscono l'ossatura. I versanti presentano inclinazioni massime di circa il 30%. Nel complesso il settore si configura come una zona collinare caratterizzata da una morfologia abbastanza dolce dove spesso affiora il substrato roccioso. Non si rilevano frane in atto o quiescenti o altri processi morfogenici che condizionino la stabilità dei siti specifici. Solo alcune strette fasce di territorio, in corrispondenza delle aree di raccordo tra gli altipiani ignimbritici e le valli, sussistono locali condizioni di pericolo di frana, ma sempre a distanza dell'ordine delle centinaia di metri dai siti designati per le torri eoliche.</p> |
| <p>ASSETTO IDROGEOLOGICO</p> | <p>La bassa permeabilità per fratturazione del substrato, fa sì che la presenza di flussi idrici sotterranei sia relegata a profondità decametriche. La presenza delle acque di ruscellamento è legata a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi. Nell'immediato intorno non si rileva la presenza di sorgenti. Non si rilevano altre opere di captazione di acque sotterranee (pozzi né a largo né a piccolo diametro).</p> |
| <p>NECESSITÀ DI APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI</p> | <p>Allo stato attuale delle conoscenze non si dispone di dati sito-specifici per definire lo spessore della coltre terrigena di copertura, né delle caratteristiche geotecniche del substrato lapideo. Può essere escluso il ricorso a fondazioni di tipo profondo. Si rimanda all'esito della campagna geognostica per il dimensionamento della fondazione. Proposta di indagini geognostiche e geotecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sondaggio a carotaggio continuo, – prove geotecniche in situ del tipo penetrometriche continue (DPSH) o discontinue in foro (SPT), – prove geotecniche di laboratorio, – stendimento sismico MASW e/o sezione sismica tomografica. |

SETTORE EST - AEROGENERATORI T13 e T15

ACCESSIBILITÀ

Si accede ai siti designati attraverso la S.S. 127 e poi attraverso stradelli di nuova costruzione e piste in terra battuta.
 I punti si trovano in mezzo a campi coltivati, aree di pascolo o macchia mediterranea su cui sarà necessario creare una viabilità che consenta il raggiungimento dagli stradelli limitrofi.



Sito T15



Stradello di avvicinamento a T15



Stradello di avvicinamento a T13 e T15



Vista panoramica di T13 da NE

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Vista panoramica di T13 da sud</p> | <p>Vista panoramica di T13 da sud</p> |
| <p>NATURA DEL SUBSTRATO</p> | <p>Copertura costituita da un livello pedogenizzato di spessore da decimetrico a metrico con sparsi blocchi decimetrici di vulcaniti. Il substrato lapideo, spesso affiorante, è rappresentato, in accordo con la carta geologica allegata al PPR, da ignimbriti saldate afferenti all'unità di Logulentu e da depositi epiclastici riferibili alla Formazione del Rio Minore. La giacitura è sub-orizzontale.</p> |
| <p>ASSETTO MORFOLOGICO</p> | <p>I siti sono ubicati lungo la parte sommitale o la parte alta, a debole pendenza, dei versanti di ampie colline o altopiani. Le colline sono spianate coerentemente con la giacitura delle formazioni che ne costituiscono l'ossatura. I versanti presentano inclinazioni massime di circa il 30%. Nel complesso il settore si configura come una zona collinare caratterizzata da una morfologia abbastanza dolce dove spesso affiora il substrato roccioso. Non si rilevano frane in atto o quiescenti o altri processi morfogenici che condizionino la stabilità dei siti specifici. Solo alcune strette fasce di territorio, in corrispondenza delle aree di raccordo tra gli altopiani ignimbritici e le valli, sussistono locali condizioni di pericolo di frana, ma sempre a distanza dell'ordine delle centinaia di metri dai siti designati per le torri eoliche.</p> |
| <p>ASSETTO IDROGEOLOGICO</p> | <p>La bassa permeabilità per fratturazione del substrato, fa sì che la presenza di flussi idrici sotterranei sia relegata a profondità decametriche. La presenza delle acque di ruscellamento è legata a temporanee circolazioni corticali correlate con i perdurevoli eventi piovosi.</p> |
| <p>NECESSITÀ DI APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI</p> | <p>Allo stato attuale delle conoscenze non si dispone di dati sito-specifici per definire lo spessore della coltre terrigena di copertura, né delle caratteristiche geotecniche del substrato lapideo. Può essere escluso il ricorso a fondazioni di tipo profondo. Si rimanda all'esito della campagna geognostica per il dimensionamento della fondazione. Proposta di indagini geognostiche e geotecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sondaggio a carotaggio continuo, – prove geotecniche in situ del tipo penetrometriche continue (DPSH) o discontinue in foro (SPT), – prove geotecniche di laboratorio, – stendimento sismico MASW e/o sezione sismica tomografica. |