



REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DA REALIZZARSI  
NEI COMUNI DI DI ITTIRI, BANARI, BESSUDE E THIESI

## RELAZIONE SISMICA DI BASE

Rev. 0.0

Data: 14 dicembre 2023

QQR-WND-026

Committente:

**Queequeg Renewables Due S.r.l.**  
piazza Cinque Giornate, 10  
20129 Milano (MI)  
C. F. e P. IVA: 04578310163  
PEC: queequegrenewablesdue@pec.it

Progetto e sviluppo:

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

Aspetti geologici, geotecnici e geofisici:

**Geotechna S.r.l.**  
Via Lorenzo il Magnifico n. 7  
09134 Cagliari (IT)

Gruppo di lavoro:  
Dott.ssa Geol. Giorgia La Ruffa  
Dott. Geol. Mauro Pompei  
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

**INDICE**

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>2</b>
1.1	Premessa.....	2
1.2	Normativa di riferimento .....	2
1.3	Inquadramento topografico e territoriale.....	3
1.4	Descrizione sommaria degli interventi.....	8
<b>2</b>	<b>MODELLO SISMICO.....</b>	<b>10</b>
2.1	Premessa.....	10
2.1	Aspetti tettonici e strutturali.....	11
2.2	Sismicità storica.....	11
2.3	Caratterizzazione sismogenetica .....	13
<b>3</b>	<b>PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....</b>	<b>15</b>
3.1	Classificazione sismica.....	15
3.2	Categoria di sottosuolo .....	15
3.3	Pericolosità sismica.....	16
3.4	Azione sismica .....	16
3.5	Risposta sismica locale.....	18

# 1 Generalità

## 1.1 Premessa

La società Queequeg Renewables Due S.r.l., controllata dal gruppo Queequeg Renewables, ha in programma l'installazione e la messa in esercizio di un impianto eolico in agro di Bessude, Ittiri, Thiesi e Banari (Provincia di Sassari) costituito da n. 9 turbine di altezza complessiva 220 m e ciascuna di potenza nominale 6,80 MW, nonché l'approntamento delle opere accessorie indispensabili per il funzionamento e la gestione degli aerogeneratori (viabilità, piazzole, distribuzione elettrica di impianto, cavidotto di connessione alla RTN e opere accessorie necessarie al funzionamento dell'impianto stesso).

La potenza complessiva del parco sarà di 61,2 MW, con una potenza elettrica in immissione di 61,2 MWac.

In tale ambito, la *QUEEQUEG RENEWABLES, LTD* in qualità di gruppo incaricato della progettazione ha inteso conferire alla *GEOTECHNA S.R.L. DI CAGLIARI* l'incarico per lo svolgimento degli studi geologici s.l., geotecnici e sismici di supporto, funzionali al conseguimento del titolo autorizzativo.

In questa sede la trattazione è incentrata sulla sismicità locale, la pericolosità sismica e la prevedibile categoria di sottosuolo, sulla base dei soli dati in possesso dello scrivente acquisiti in occasione di indagini geognostiche condotte nelle immediate vicinanze per altre iniziative edilizie e da informazioni estratte dalla letteratura geologica e dalla cartografia geotematica regionale.

Si rimanda alla successiva fase progettuale l'esecuzione di una prospezione ad hoc, ad esempio mediante stendimenti sismici a rifrazione di tipo MASW con la quale determinare il parametro delle velocità di taglio equivalenti (Vsh) funzionale allo studio sulla risposta sismica della struttura in progetto ai sensi del paragrafo 3.2 del D.M. 17.01.2018 «Norme tecniche per le costruzioni».

## 1.2 Normativa di riferimento

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

- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- D.M. 17.01.2018 «*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*»;
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009 «*Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008*»;
- D.M. 14.01.2008 «*Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- Ordinanza del P.C.M. n. 3316 del 02.10.2003 «*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;
- Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;
- D.M. LL.PP. 16.01.1996 «*Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche*».

### 1.3 Inquadramento topografico e territoriale

Il settore in studio è ubicato nella Sardegna nord-occidentale, in Provincia di Sassari e ricade entro le pertinenze territoriali dei Comuni di Ittiri, Banari, Bessude e Thiesi, abbracciando da nord verso sud le località identificate con i toponimi di Sa Seasa, Monte Uppas, Sa Frissa, Monte Gherra, Monte Longos, Sea Lepere e Monte Cheia.

I siti sono raggiungibili percorrendo la stradale statale S.S. 131 bis che taglia a nord l'area del parco e la provinciale S.P. 128bis che lambisce il parco eolico ad ovest collegando il centro abitato di Ittiri con quello di Romana.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio 479 "ITTIRI" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 479 - I "ITTIRI" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 479040 "DIGA 'E SU BIDIGHINZU" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sezione 479080 "MONTE CHEIA" della C.T.R. [scala 1:10.000]



FIGURA 1.1 – Inquadramento geografico del sito di intervento.

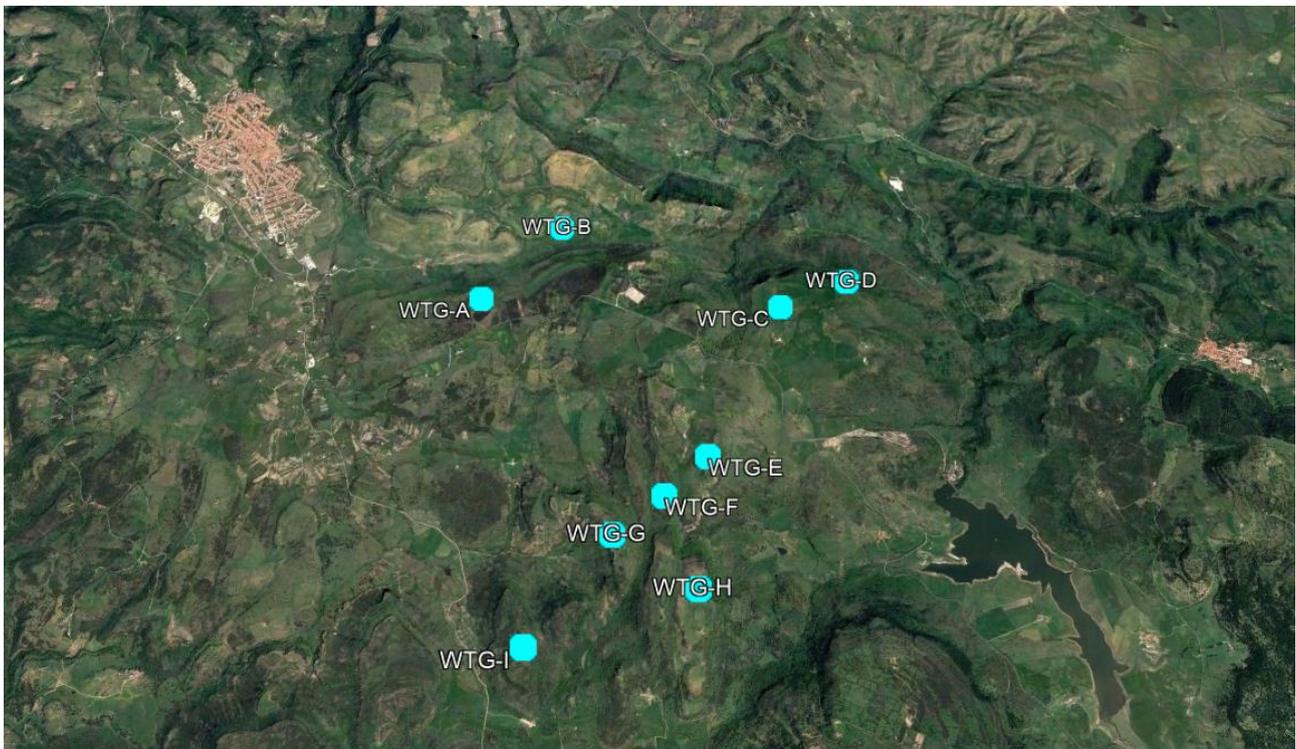


FIGURA 1.2 – Ubicazione degli interventi nell'area vasta, su immagine estratta da Google Earth, 2022.

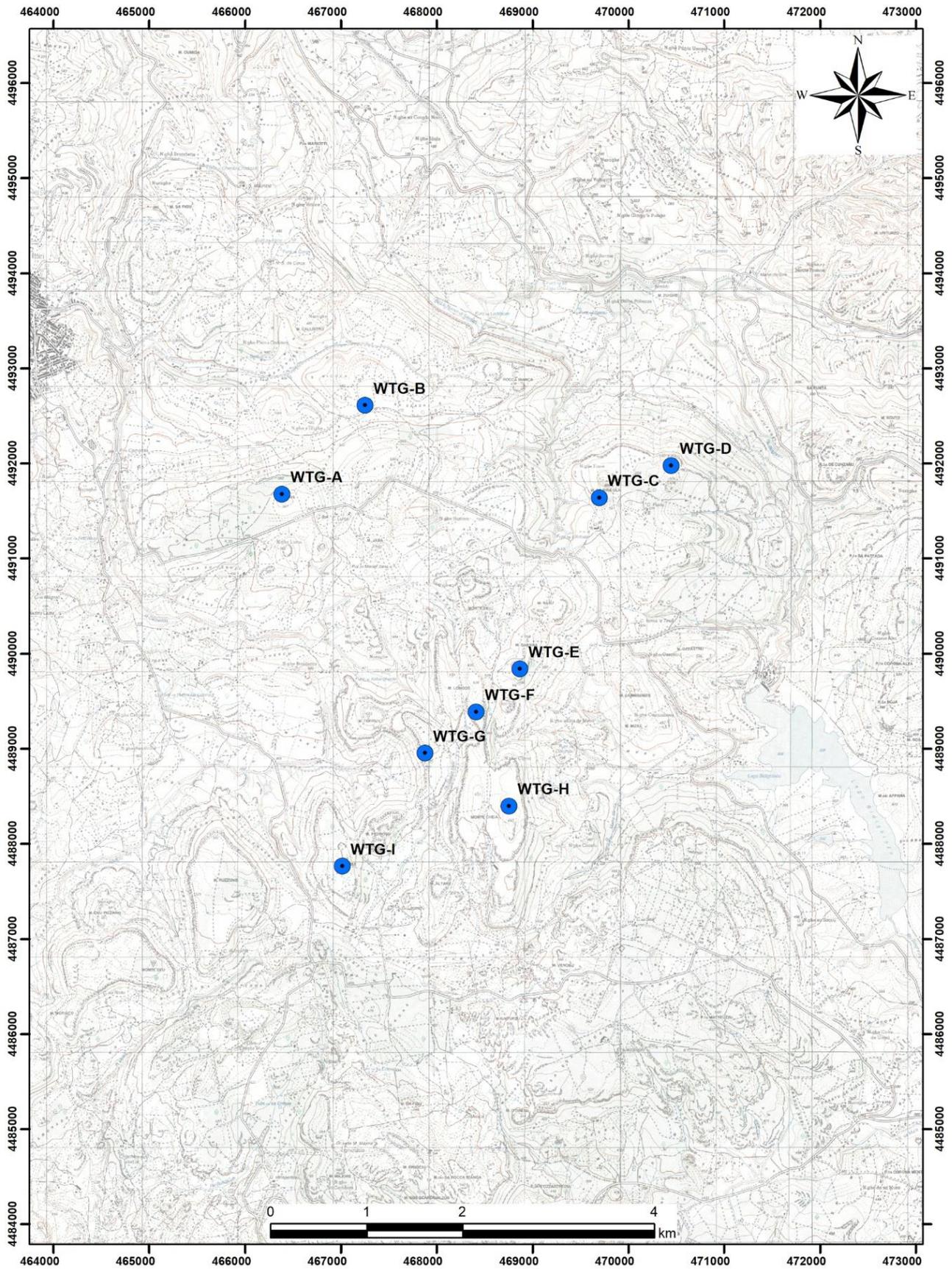


FIGURA 1.3 – Area di intervento su stralcio cartografia IGM 1:25.000, fuori scala.

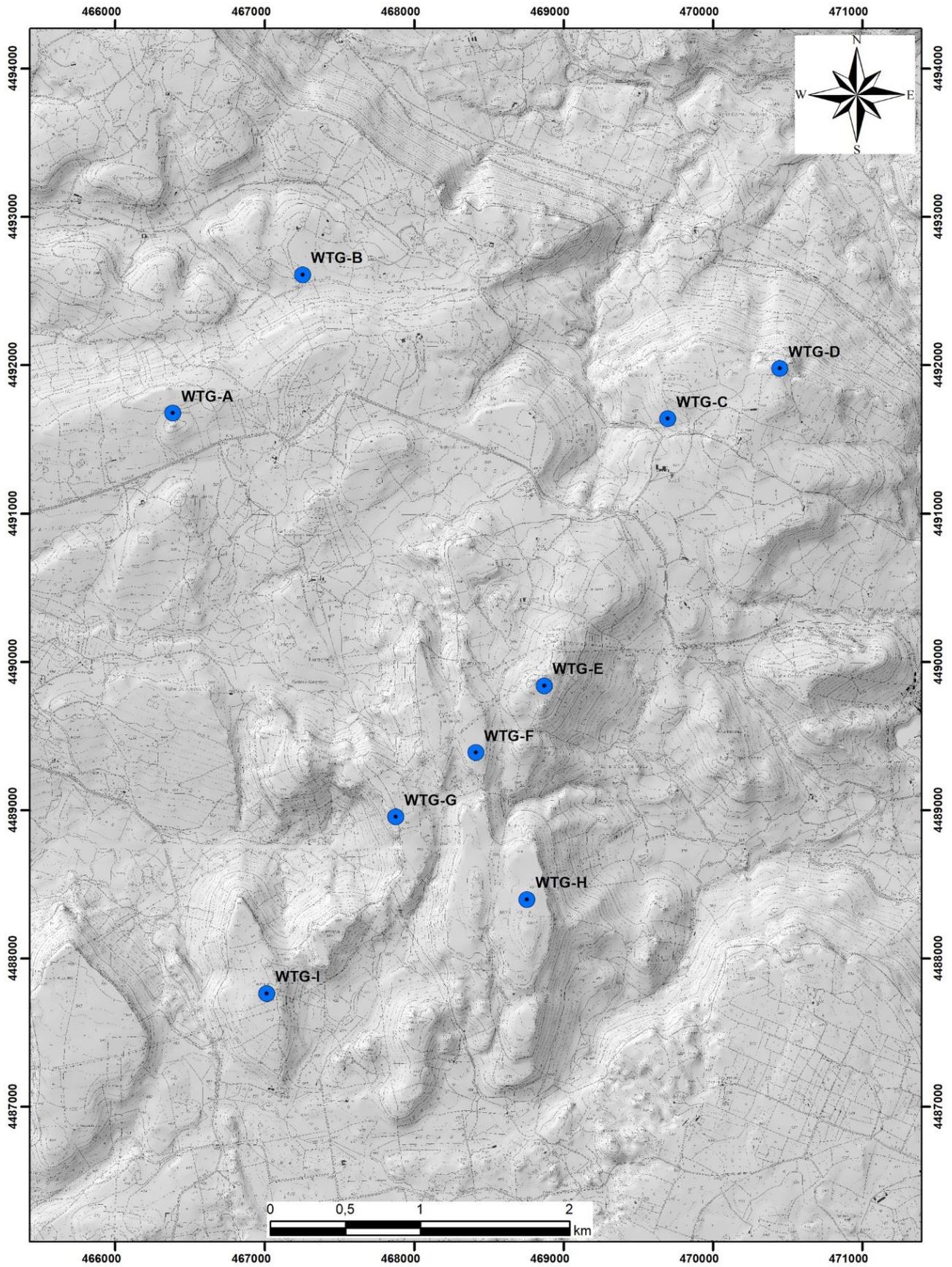


FIGURA 1.4 – Area di intervento su stralcio Cartografia Tecnica Regionale 1:10.000, fuori scala.

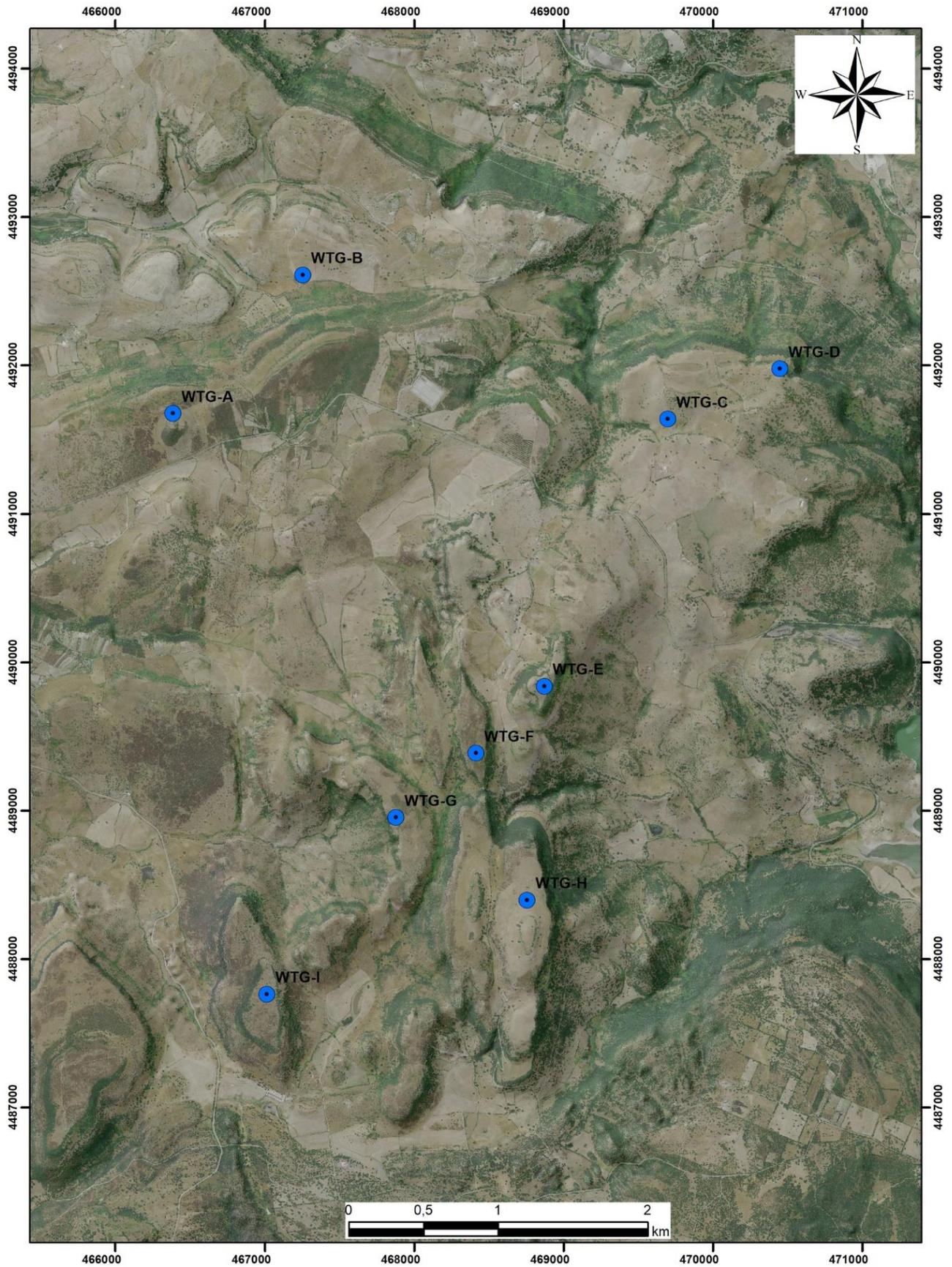


FIGURA 1.5 – Area di intervento su stralcio ortofotogrammetrico.

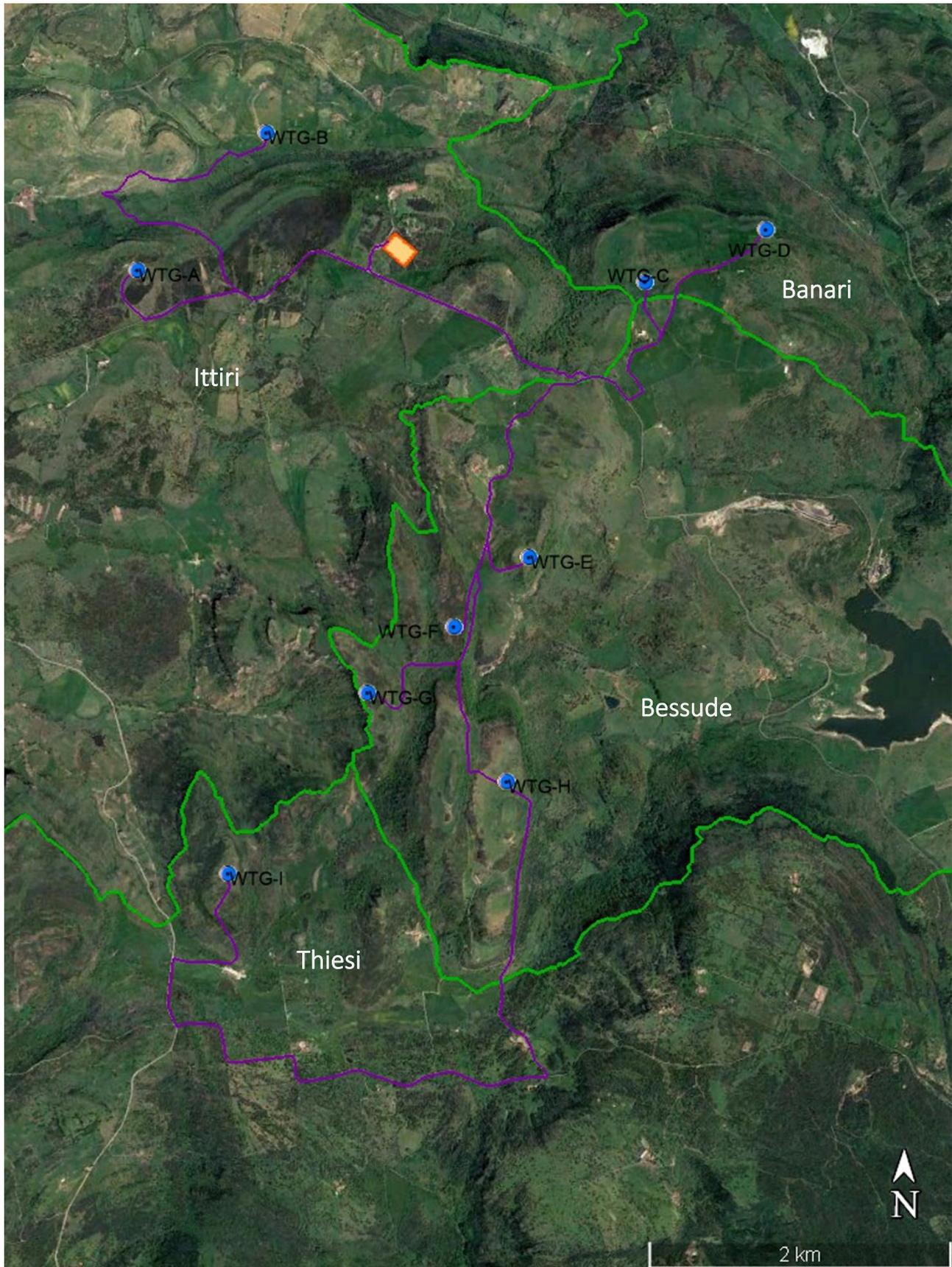


FIGURA 1.6 – Area di intervento e confini comunali (in verde) su immagine estratta da Google Earth 2022.

## 1.4 Descrizione sommaria degli interventi

È prevista l'installazione di n. 9 aerogeneratori con diametro massimo delle turbine di 172 m, altezza del mozzo di 134 m e complessiva di 220 m.

La potenza complessiva sarà di 61,2 MW, con una potenza elettrica in immissione di 61,2 MWac.

Poiché la viabilità locale è interamente ed 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 e la realizzazione di alcune tratte.

Gli aerogeneratori saranno installati in piazzole accessibili a partire dalla nuova viabilità di accesso. Le nuove piste di accesso saranno in terra battuta, con larghezza di circa 6 m comprensiva delle banchine laterali. Le piste saranno realizzate in misto stabilizzato e compattato con uno strato di fondazione in pietrisco costipato.

L'elettrodotto interrato, previsto sotto le piste di accesso al parco eolico e la viabilità pubblica dell'area, collegherà in MT gli aerogeneratori raggruppandoli in n. 5 comparti (FIGURA 1.6):

- Nord-occidentale                      WTG-A + WTG-B
- Nord-orientale                        WTG-C + WTG-D
- Centrale                                WTG-E + WTG-F + WTG-G
- Meridionale                            WTG-H + WTG-I

All'uscita di questi, l'elettrodotto di connessione permetterà di immettere l'energia elettrica prodotta in rete presso la stazione elettrica (SE) in agro del comune di Ittiri. Quest'ultima raccoglierà le linee in cavo interrato a 36 kV provenienti dal parco eolico che saranno attestate ad un quadro elettrico in MT, installato all'interno di un locale dedicato.

L'elettrodotto interrato in AT sarà composto da una terna di conduttori unipolari realizzati in alluminio, schermati e tensione massima pari a 170 kV. I cavi saranno direttamente interrati in una trincea di sezione 80 cm, ad una profondità di scavo minima di 1,50 m, protetti inferiormente e superiormente con un letto di sabbia vagliata e compattata.

Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.

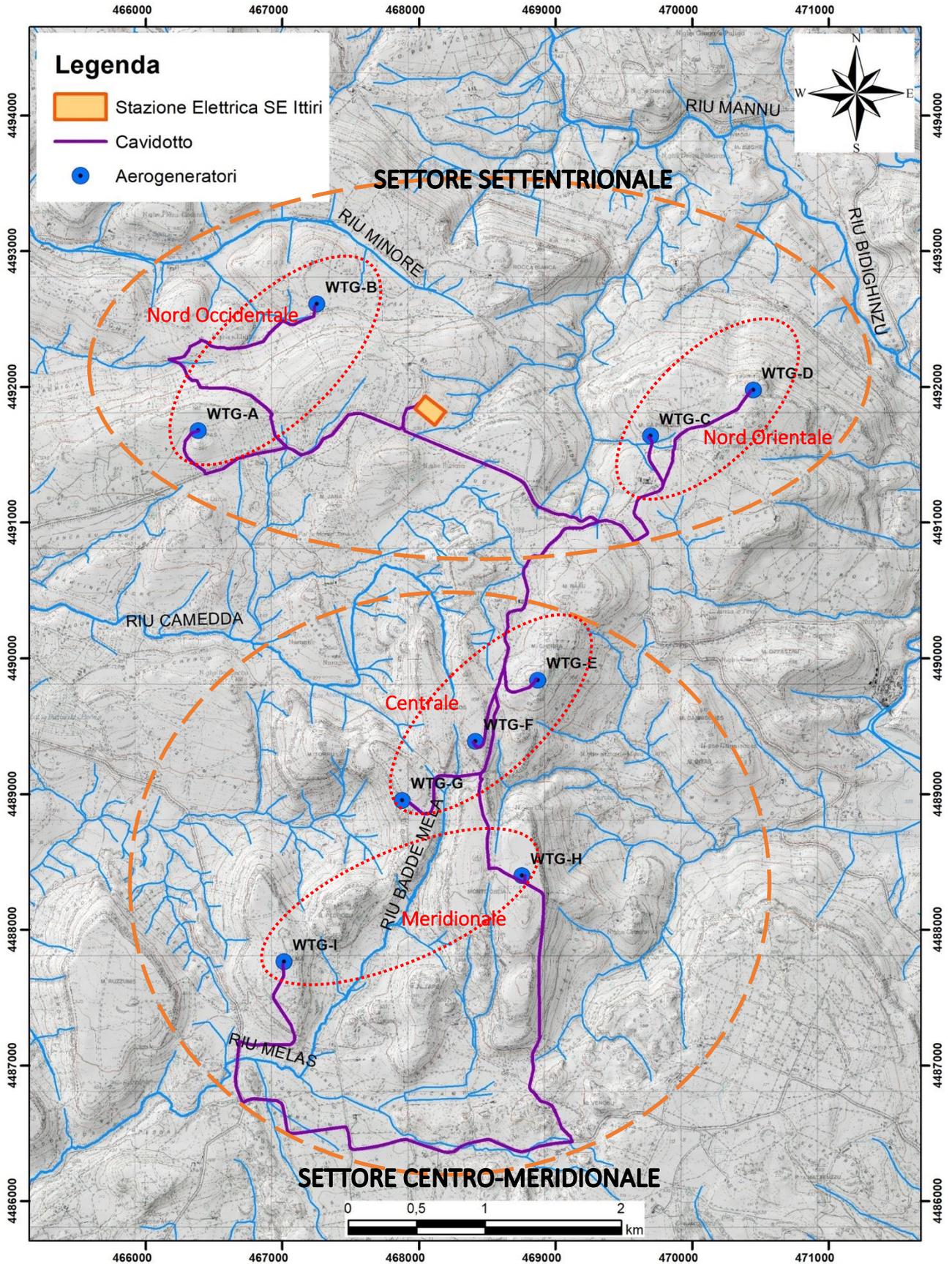


FIGURA 1.6 – Area di intervento e suddivisione in settori ai fini descrittivi su immagine estratta da Google Earth 2022.

## 2 MODELLO SISMICO

### 2.1 Premessa

Il Blocco Sardo-Corso rappresenta un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea formatosi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore. Le sue caratteristiche sismiche sono da porre in relazione con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano. Dal Miocene superiore la strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola si protrae fino a parte del Quaternario: in questo periodo, i principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto, dall'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

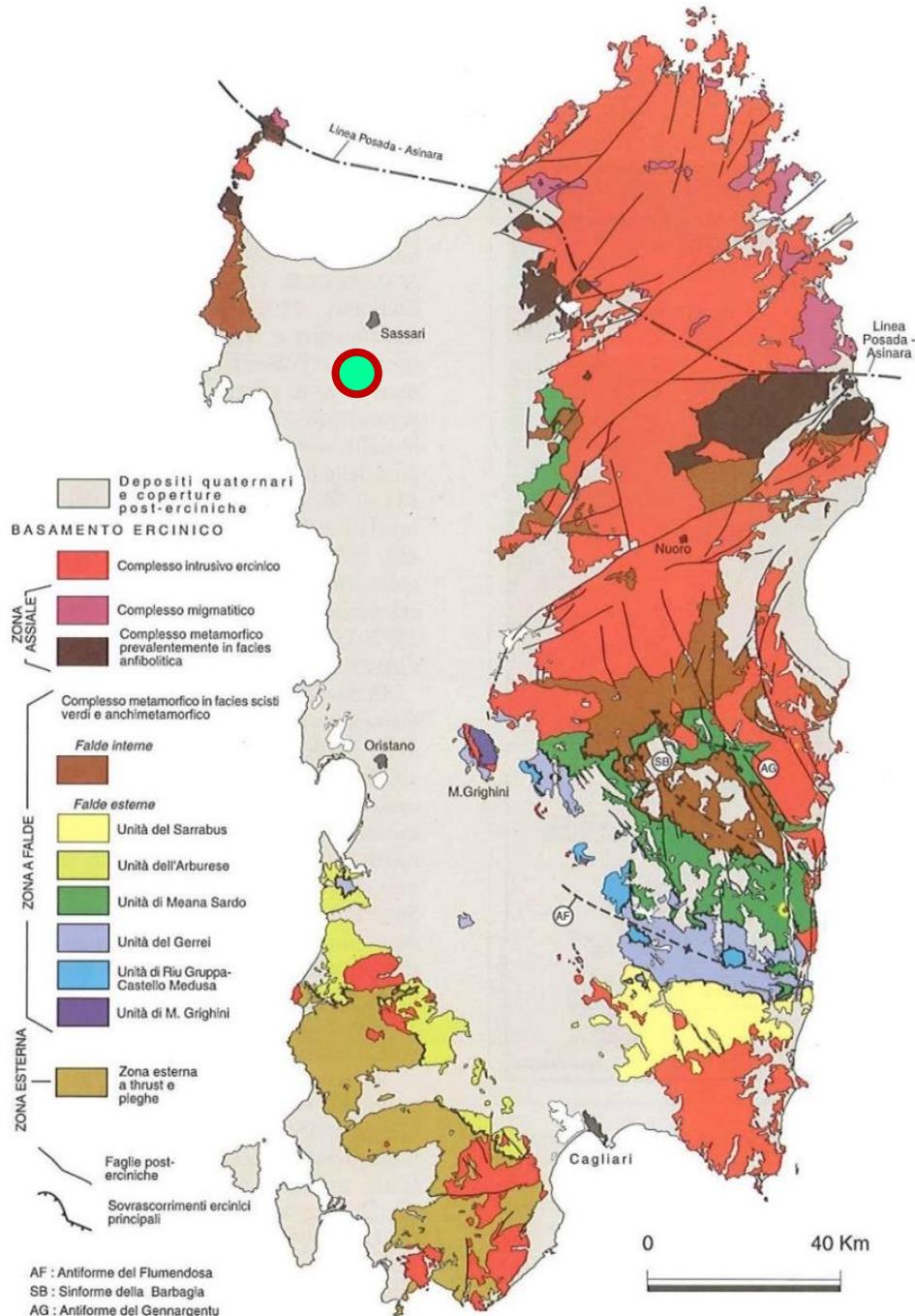


Figura 2.1 – Schema dei principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (da Carmignani et al. 2001).

## 2.1 Aspetti tettonici e strutturali

Nel suo complesso, la Fossa Sarda è il risultato della coalescenza di più bacini che si sviluppano tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano. I bacini miocenici della Sardegna settentrionale sono contraddistinti da due diverse strutturazioni: una con fosse orientate prevalentemente da E-W a N60E (bacini di Chilivani-Berchidda, Anglona, Ottana, di età Oligocene superiore-Aquitaniense; "Bacini transtensivi aquitaniani"), ed una con fosse orientate N-S e NNW-SSE (bacini del Logudoro e di Porto Torres) sviluppatasi nel Burdigaliano-Tortoniano.

I bacini del Burdigaliano strutturalmente si configurano come semigraben con faglie principali che generano tilting in direzione opposta, tra due bacini adiacenti (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). I semi-graben sono connessi mediante zone di trasferimento ad orientazione E-W.

Nel dettaglio, i principali sistemi di faglie che interessano la regione in studio sono tre: due, ad orientazione rispettivamente NNW e circa E-W che hanno avuto un ruolo importante nell'evoluzione tettono-sedimentaria dei bacini del Logudoro e di Porto Torres, ed un terzo, orientato circa N-S, responsabile in parte dell'attuale assetto geometrico dell'area occupata dai due bacini. Le faglie NNW che strutturano i due bacini non affiorano con continuità. In genere si configurano come ristrette zone di taglio, più che come singole superfici e, spesso, sono state riattivate a più riprese, sia durante l'evoluzione dei bacini miocenici che nel Pliocene.

Il secondo sistema di faglie è orientato circa E-W, ha cinematica prevalentemente diretta ed è in genere ben evidente nella parte occidentale del bacino del Logudoro (Faglia di Ittiri).

Lungo i lineamenti tettonici ad andamento meridiano si è inoltre instaurata una zona di trasferimento orientata circa E-W che separa il bacino di Porto Torres a nord da quello del Logudoro a sud e la cui presenza giustifica l'opposta direzione di ribaltamento dei due bacini: verso est il primo e verso ovest il secondo.

## 2.2 Sismicità storica

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e formazione di coni di scorie nel settore dell'Anglona), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000÷4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici.

Negli ultimi secoli non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze. In un recente lavoro, Meletti et al. (2020) hanno revisionato tutte le informazioni disponibili relative ai terremoti fatti registrare in Sardegna dal 1616, data del primo terremoto di cui si abbia notizia, al 2019.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15, consultabili dal sito web "DBMI15", per l'isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

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

Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001), è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'isola. Altri ancora, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 ed ipocentro a profondità tra 11 km e 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).

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei database CPTI15 e DBMI15 resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

Di particolare interesse per l'area di studio è il terremoto del 13.11.1948. Il terremoto fu avvertito in tutta la parte settentrionale della Sardegna e in Corsica. Fu sensibile a Sassari, dove si ebbero alcuni casi di panico con fuga all'aperto e furono osservate leggere lesioni ad alcuni edifici, compreso il palazzo provinciale, e produsse panico e qualche danno a Tempio Pausania. I danni relativamente più diffusi furono osservati ad Aggius, dove in numerosi fabbricati furono osservate screpolature e lesioni, alcune delle quali hanno superato i 15 centimetri, probabilmente in conseguenza degli effetti di cumulo dell'intera sequenza sismica

L'archivio non indica eventi con epicentro nei Comuni di Ittiri, Banari, Bessude i Thiesi, seppur è da segnalare che l'evento del 13.11.1948 ha interessato anche la zona di interesse.

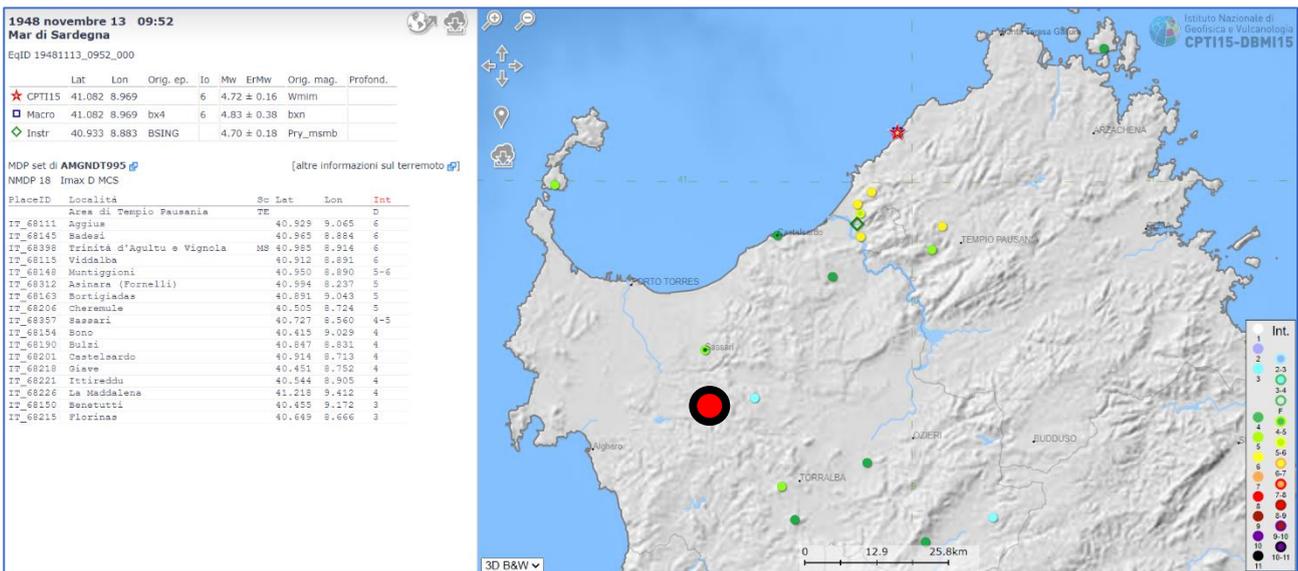


FIGURA 2.2 – Posizione dell'epicentro del terremoto del 13.11.1948 e intensità MCS nei comuni limitrofi, dal database CPTI15-DBMI15 ([https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/eq/19481113\\_0952\\_000](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/eq/19481113_0952_000))

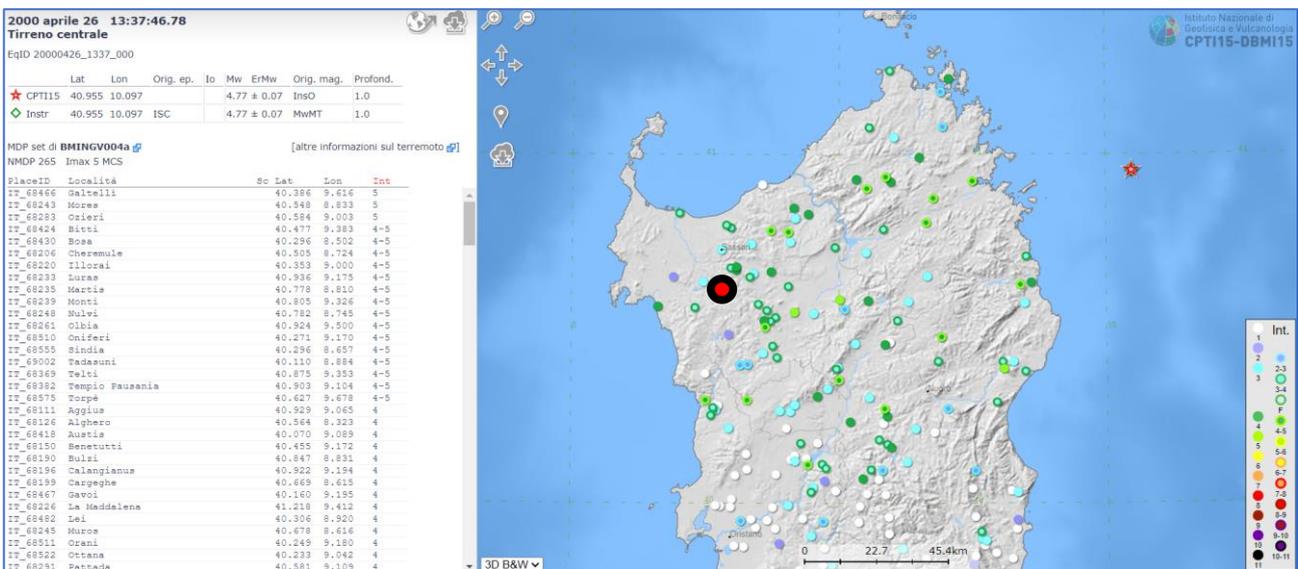


FIGURA 2.3 – Posizione dell'epicentro del terremoto del 26.04.2000 e intensità MCS nei comuni limitrofi, dal database CPTI15-DBMI15 ([https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/event/20000426\\_1337\\_000](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/event/20000426_1337_000)).

Come si evince dalla FIGURA 2.2, tale terremoto ha superato la soglia del danno nell'area di Tempio Pausania e ha fatto registrare intensità 6 (scala MCS) presso diversi comuni della Sardegna settentrionale. In alcuni paesi distanti pochi chilometri dall'area di studio, quali il vicino abitato di Florinas e la stessa città di Sassari, le intensità registrate sono 3÷4 (scala MCS)

In questo quadro risulta non trascurabile anche il terremoto del 26.04.2000 con epicentro nel Tirreno centrale con intensità massima compresa tra 4÷5 a Luras e intensità 4 a Calangianus. Nel Comune di Ittiri, l'intensità registrata è stata invece compresa tra 2÷3 (FIGURA 2.3).

### 2.3 Caratterizzazione sismogenetica

Dalla consultazione della cosiddetta "Zonazione Sismogenetica ZS9" a cura dell'INGV tutta la regione Sardegna è scevra da sorgenti di particolare rilievo<sup>(1)</sup>.

Coerentemente con il database DISS relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo > 5,5 (FIGURA 2.4), si evince che il settore di intervento non è direttamente gravato da potenziali faglie sismogenetiche.

Studi più recenti per la valutazione della pericolosità sismica nazionale<sup>(2)</sup> (Stucchi et al., 2007) hanno prodotto risultati in accordo a quelli evidenziati dalla ZS9 in merito alla difficoltà di individuare per il territorio sardo una mappa delle sorgenti sismogenetiche a causa della bassa sismicità che caratterizza la regione.

Il database del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from Capable faults*) evidenzia l'assenza di "faglie capaci" in tutto il nord Sardegna (FIGURA 2.5), dove col termine faglie e capaci si intendono lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Coerentemente con l'assenza di strutture tettoniche attive nell'area di studio, si può ragionevolmente escludere la presenza di faglie in grado di generare fenomeni sismici da tenere in considerazione in fase progettuale.

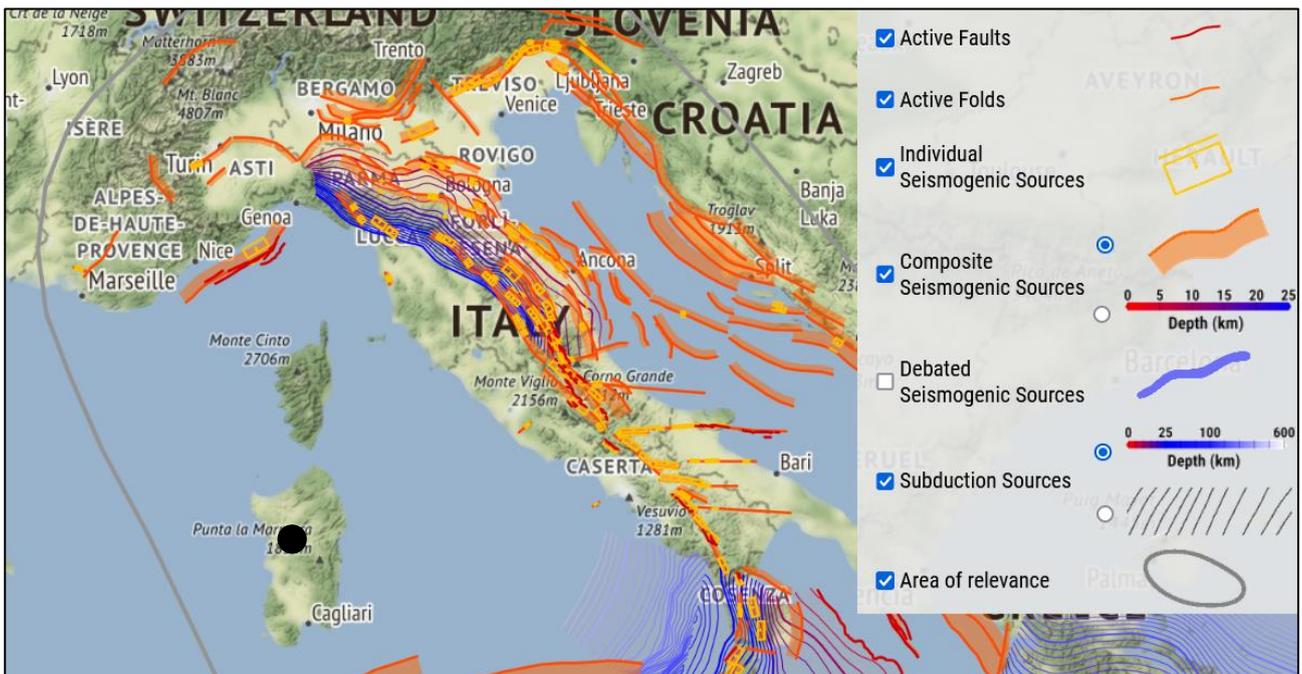


FIGURA 2.4 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5,5$  rispetto all'area di intervento (estratto da DISS Workinggroup 2021, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.3.0., <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>).

<sup>(1)</sup> Meletti C. e Valensise G., 2004.

<sup>(2)</sup> Stucchi et al., 2007.



FIGURA 2.5 – Andamento delle faglie "capaci" rilevate dal progetto ITHACA.

### 3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

#### 3.1 Classificazione sismica

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

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

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di  $a_{g475}$  con una tolleranza 0,025g (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**): a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ), che deve essere considerato in sede di progettazione. Allo stato attuale delle conoscenze, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica.

Il sito di specifico intervento, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa. Al parametro  $a_g$  è assegnato un valore di accelerazione al suolo da adottare nella progettazione compreso tra **0,025÷0,05 g** (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). Tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

#### 3.2 Categoria di sottosuolo

In ottemperanza alle N.T.C. 2018, per la misura delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. A tal fine si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s_{eq}}$  in m/s). Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle  $V_{s_{eq}}$  con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

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

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi, la presenza del substrato roccioso sub-affiorante o sotto una copertura detritica di spessore submetrico, consente di adottare cautelativamente ed in via del tutto indicativa una **categoria di sottosuolo di tipo "B"**.

### 3.3 Pericolosità sismica

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

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

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (**ag**) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (**Tr**) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C. del 2018.

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

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**I<sub>max/pon</sub>**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione. Dei 375 comuni meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

### 3.4 Azione sismica

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (**Tr**) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (**PVr**) nel periodo di riferimento dell'opera (**Vr**). Questo si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (**Vn**), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata ed il Coefficiente d'uso (**Cu**), funzione della Classe d'uso della costruzione.

Coerentemente con le indicazioni del progettista, si è assunto:

- Tipo di costruzione                    2 ("opere ordinarie")
- Vita Nominale ( $V_N$ )                50 anni
- Classe d'uso                            II

da cui si ottiene un periodo di riferimento per l'opera  $V_r = 50$  anni.

Tipo costruzione (Art. 2.4.1)  Classe d'uso (Art. 2.4.2)  Cu:

Vita Nominale di progetto Vn (anni):

Periodo di rif. calcolato:  $VR = \max(Vn \cdot Cu, VrMin) = \max(50.00, 50.00) = 50.00$  anni Vr:

Livello di sicurezza %:

Pvr % (Art. 3.2.1)

SLO	81.00
SLD	63.00
SLV	10.00
SLC	5.00

Periodo di ritorno Tr (anni)

SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

Posizione del sito

Comune:

Longitudine

Latitudine

Isola:

Nodi intorno al sito

ID	Longitudine	Latitudine	Dist. sito (Km)

Parametri di pericolosità sismica

	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLO	0.18600000	2.61000000	0.27300000
SLD	0.23500000	2.67000000	0.29600000
SLV	0.50000000	2.88000000	0.34000000
SLC	0.60300000	2.98000000	0.37200000

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec<sup>2</sup>, moltiplicarlo per 0.9806

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2)  Categoria topografica (Art. 3.2.2)

Rapporto h/H altezza pendio:  Coeff. amplif. topografica St:

Coeff. smorzamento (%) **X:**  => **h = 1.000**

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.200	0.130	0.389	1.674	0.481	1.426	1.200
SLD	1.200	0.138	0.415	1.694	0.553	1.403	1.200
SLV	1.200	0.155	0.464	1.800	0.869	1.365	1.200
SLC	1.200	0.166	0.499	1.841	0.988	1.341	1.200

Parametri spettri verticali

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

Tipo comportamento  Non dissipativo  Dissipativo

Classe di duttilità  Alta (CD'A')  Media (CD'B')

Fattori di comportamento q (par. 7.3 NTC)

	SLO	SLD	SLV	SLC
Direz. X1	1.000	1.500	1.500	1.500
Direz. Y1	1.000	1.500	2.500	1.500
Direz. Z	1.000	1.500	1.500	1.500

Regolarità edificio  In pianta  In altezza

FIGURA 3.1 – Calcolo dei parametri sismici (immagine catturata da software SpettriWin).

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (**Pvr**) nel periodo di riferimento dell'opera (**Vr**) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato (cfr. § 7.1 delle NTC, Tabella 3.2.1) e valgono:

- per lo Stato Limite di Danno [SLD] 63%
- per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita [SLV] 10%

Sono poi calcolati i valori dei periodi di ritorno (**Tr**) che sono risultati:

- per lo Stato Limite di Danno [SLD] 50 anni
- per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita [SLV] 475 anni

Calcolati i periodi di ritorno per i due stati limite sono definiti, in accordo alle NTC 2018, i valori di accelerazione orizzontale massima (**ag**) attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale validi sito specifici.

Essendo la sismicità della Sardegna molto bassa, i dati storici e quelli strumentali non evidenziano criticità nella pericolosità sismica di base, motivo per cui (cfr. Allegato B, Tabella 2 delle NTC) i rispettivi valori sono uniformi per tutta la Sardegna:

- per TR = 50 anni  $ag = 0,235$
- per TR = 475 anni  $ag = 0,500$

### 3.5 Risposta sismica locale

Identificati i valori delle accelerazioni massime attese al suolo rigido ("bedrock"), le Norme Tecniche sulle costruzioni impongono di valutare la loro variazione ("amplificazione") negli strati più superficiali ("risposta sismica locale") attraverso i parametri categoria di sottosuolo e condizione topografica.

Assunti:

- Categoria di sottosuolo B (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s)
- Condizione topografica T2 (pendii con inclinazione media > 15)

I coefficienti di amplificazione risultanti sono restituiti in FIGURA 3.2.

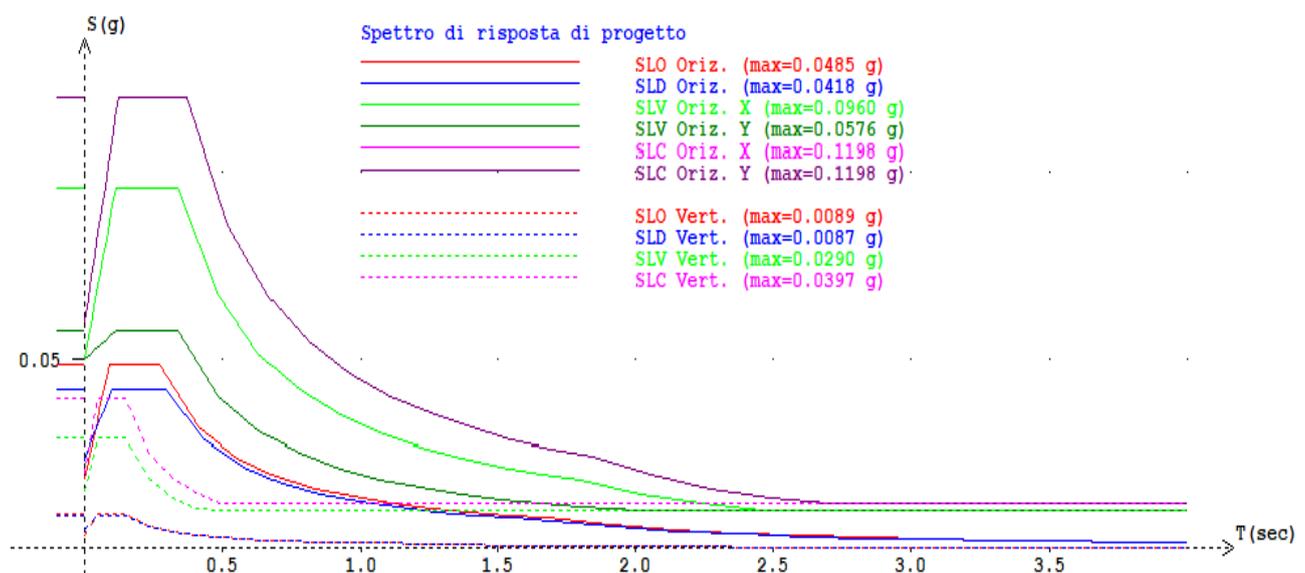


FIGURA 3.2 – Spettro di risposta di progetto (immagine catturata da software SpettriWin).

*Dott.ssa Geol. Giorgia La Ruffa*



*Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina*

