



Tibula Energia S.r.l.

Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Olbia – Tibula Energia

Relazione Geologica

Doc. No. P0025305-6-SAN-H10- Rev.00 – Dicembre 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	MCC/RP	FRZ	AGNMU	12/2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
1 INTRODUZIONE	4
2 SCOPO DEL LAVORO	5
2.1 AREA A MARE	5
2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	5
2.2.1 Tettonica e Sismicità	6
2.2.2 Maremoti Generati da Sismi	9
2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
2.4 ASSETTO MORFO-BATIMETRICO	12
2.4.1 Dati Disponibili	12
2.4.2 Batimetria	12
2.4.3 Morfologia	14
2.4.4 Assetto Litostratigrafico	16
2.4.5 Campionamenti In Situ	16
3 AREA A TERRA	17
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	20
3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	24
3.4 TETTONICA E SISMICITA'	27
3.4.1 INQUADRAMENTO TETTONICO	27
3.4.2 SISMICITA' STORICA	28
3.4.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA	30
3.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI	30
4 CONCLUSIONI	35
REFERENZE	36

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1:	Dati Climatici – Olbia	24
--------------	------------------------	----

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1:	Vista installazioni marine del parco Tibula Energia	4
Figura 1-2:	Vista cavidotti marini e terrestri del parco Tibula Energia	4
Figura 2-1:	Sezione geologica interpretativa attraverso il margine orientale della Sardegna, il bacino	5
Figura 2-2:	Schema stratigrafico del margine passivo della Sardegna orientale ottenuta dai dati ODP_Leg 107 (Ref. [12]) con indicate le proiezioni dei pozzi ODP (modificato da Ref. [11]). A destra viene indicata la posizione del profilo stratigrafico.	6
Figura 2-3:	Modelli Sismotettonici Esistenti	7
Figura 2-4:	Catalogo dei Terremoti Storici dall'anno 1000 al 2020	8
Figura 2-5:	Mappa classificazione sismica sul territorio italiano (Ref. [18])	8
Figura 2-6:	NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Ref. [19])	9
Figura 2-7:	DTM del Bacino Tirrenico e relativi bacini di intrascarpata lungo il margine orientale della Sardegna: SB Seamount Baronie, VV vulcano Vavilov, VM vulcano Marsili, SV Valle di Sardegna, CGO Canyon Gonone-Orosei, CS Canyon Sarrabus (modificato da Ref. [1])	10
Figura 2-8:	Sezioni geologiche tracciate attraverso il Tirreno Centro-Meridionale (vedi Figura 2-7 per localizzazione). Legenda: A) Pliocene medio-Attuale; B1) Messiniano post-evaporitico-Pliocene medio; B2) evaporiti messiniane; B3-1; B3-2) pre-evaporitico; C) Basamento acustico; X) discordanza medio-pleiocenica; Y) apice delle evaporiti messiniane	11
Figura 2-9:	DTM e batimetria dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)	13
Figura 2-10:	Carta delle pendenze dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)	13
Figura 2-11:	Profilo A-B lungo il cavidotto	13
Figura 2-12:	Rilievo ombreggiato del Bacino di Olbia con i principali domini fisiografici, sistemi di canyon, le conoidi e i seamounts (modificata da Ref. [22]). I rettangoli neri indicano i Fogli Progetto Magic F55 (Tavolara) e F56 (Orosei).	14
Figura 2-13:	Elementi morfobatimetrici presenti nel sito (Ref. [22])	15
Figura 3-1:	Tracciato a terra dei cavidotti fino alla stazione Terna	17
Figura 3-2:	Localizzazione approdo dei cavidotti	17
Figura 3-3:	Principali complessi geologici della Sardegna (Ref. [24])	18
Figura 3-4:	Carta Geologica dell'area di progetto (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000). Il cerchio rosso indica l'approdo mentre il rombo rosso la stazione Terna di arrivo	19
Figura 3-5:	Profilo di pendenza dell'area di progetto	20
Figura 3-6:	Percorso dall'approdo alla S.P.82 'Panoramica'	20
Figura 3-7:	Pericolosità e rischio idrogeologico (Iffi) lungo il tracciato di progetto.	21
Figura 3-8:	Rischio idraulico (PAI) (Fonte: Geoportale Regione Sardegna) in corrispondenza del Riu de Bados.	22
Figura 3-9:	Idrografia Superficiale, U.I.O. di Padrogiano. Il rettangolo rosso indica l'area di progetto.	23
Figura 3-10:	Sottobacini Idrografici nel riquadro rosso attraversati dal tracciato di progetto	24
Figura 3-11:	Complesso Acquifero presente nella U.I.O. del Padrogiano (PTA). Il rettangolo rosso indica l'area di progetto	25
Figura 3-12:	Carta delle Permeabilità (Fonte: Geoportale Regione Sardegna). Il rettangolo verde indica l'area del tracciato di progetto	26
Figura 3-13:	Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna (Ref. [13]) (area di progetto )	27

Figura 3-14:	Mappa delle faglie 'Capaci' in Sardegna (SGI - ISPRA, 2018) (area di progetto)	28
Figura 3-15:	Magnitudo dei Terremoti nell'intorno dell'area di progetto estratti dal database CPTI15 (Ref. [27]) (area di progetto)	29
Figura 3-16:	Intensità massime dei Terremoti Risentiti a nell'area vasta di progetto, estratte dal CPTI15 (area di progetto)	29
Figura 3-17:	Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Ref. [27]) (area di progetto)	30
Figura 3-18:	Baia della zona di approdo	31
Figura 3-19:	Spiaggia di approdo dei cavidotti e massi granitici del substrato	31
Figura 3-20:	Pendio primo tratto di tracciato interessato dalla sottostazione	31
Figura 3-21:	Strada carrabile privata tra Via Molare e Via Spiaggia Sos Aranzos	32
Figura 3-22:	Via Spiaggia Sos Aranzos	32
Figura 3-23:	Attraversamento area pericolo di esondazione in corrispondenza del rio Riu de Bados	33
Figura 3-24:	Attraversamento area di attenzione instabilità media	33
Figura 3-25:	Veduta tratto finale dalla valle del Riu de Cabu Abas alla stazione Terna di Olbia	33
Figura 3-26:	Affioramento di roccia riolitica, in corrispondenza dell'incrocio tra Via Fra Giacomo Veronese e Via Mosca	34

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata predisposta da Tibula Energia S.r.l. (la Committente) società controllata dal partenariato di Falck Renewables S.p.A., operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita da fonte eolica e solare e presente in 13 paesi e BlueFloat Energy, uno sviluppatore internazionale di progetti offshore con un'esperienza unica nella tecnologia galleggiante.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 65 aerogeneratori, per una taglia totale di 975 MW, individuato a Nord sulla costa orientale della Sardegna tra il comune di Olbia (SS) ed il comune di Siniscola (NU).

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, della conformazione del fondale, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di maggior interferenza a livello ambientale. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 1000 m ai 1300 m circa.

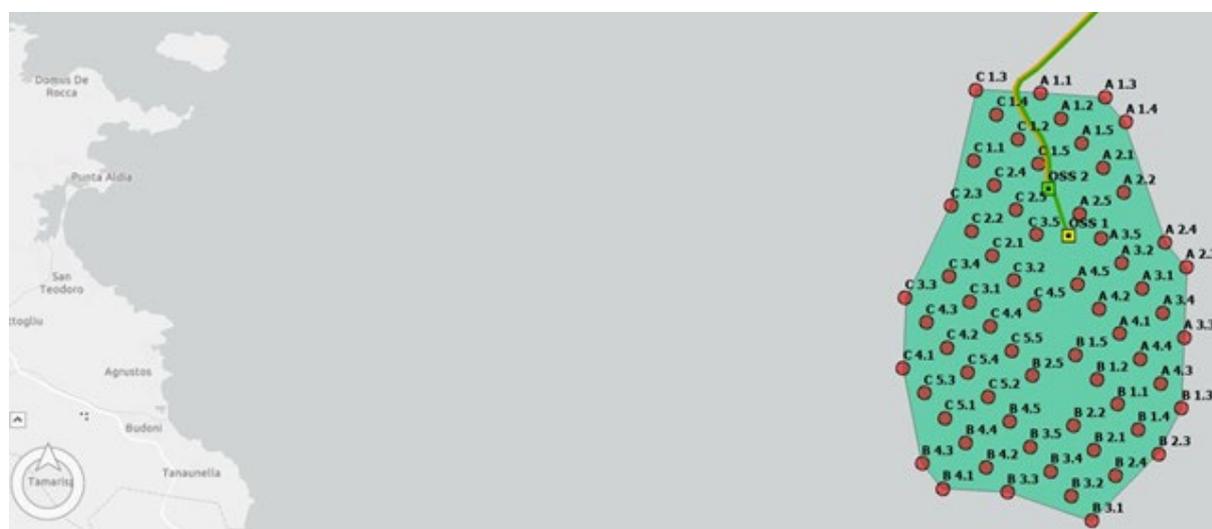


Figura 1-1: Vista installazioni marine del parco Tibula Energia

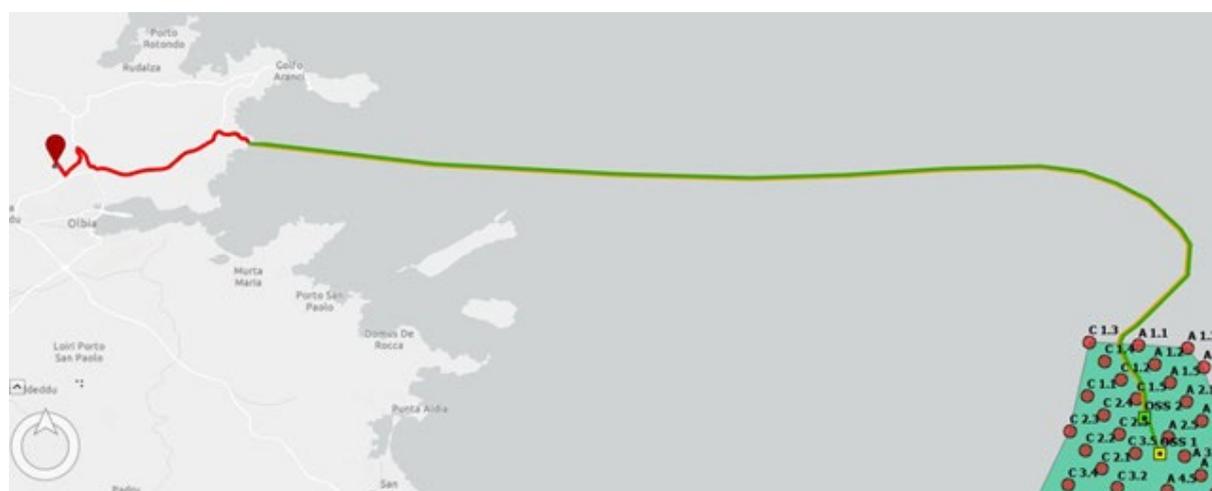


Figura 1-2: Vista cavidotti marini e terrestri del parco Tibula Energia

2 SCOPO DEL LAVORO

Nella presente relazione vengono descritte in via preliminare le caratteristiche geologiche sia delle aree a mare che a terra dove saranno posizionate le opere costituenti il parco eolico offshore di tipo floating.

L'analisi effettuata si basa su indagini geologiche e idrogeologiche preliminari, basate su dati bibliografici, rilevamenti geologici di inquadramento, risultati disponibili di indagini in sito e su osservazioni geologiche e geomorfologiche dirette in sito. Vengono illustrati e caratterizzati gli aspetti strutturali, geomorfologici e litostratigrafici del territorio in esame, fornendo un quadro a larga scala delle aree oggetto di indagine, caratterizzandole secondo la normativa vigente.

Quest'analisi preliminare dovrà essere seguita da campagne di indagini geofisiche e geotecniche di dettaglio in sito.

2.1 AREA A MARE

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area si trova lungo il margine orientale Sardo che rappresenta il margine passivo del Mar Tirreno Centro Meridionale (Figura 2-1) (Ref. [1]).

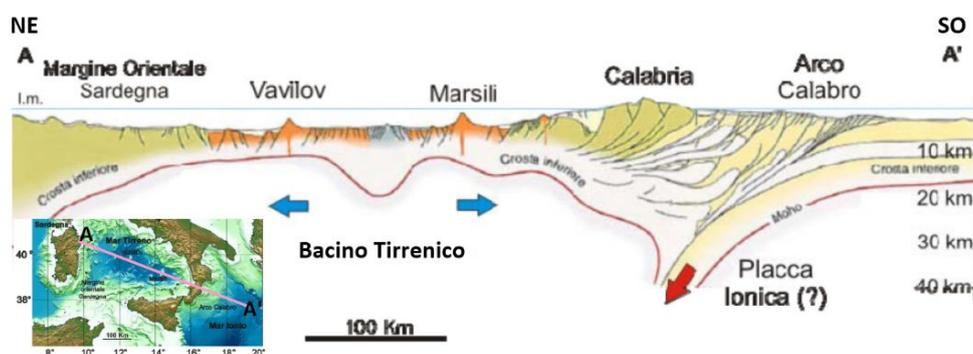


Figura 2-1: Sezione geologica interpretativa attraverso il margine orientale della Sardegna, il bacino del Tirreno Meridionale e l'arco Calabro (modificata da Ref. [2])

Il Mar Tirreno si è formato dopo la rotazione del blocco Sardo-Corso (Oligocene ed il Miocene) e l'apertura ad ovest di essa del Bacino Balearico.

Il Mar Tirreno occupa una posizione molto particolare tra gli attuali bacini Mediterranei e rappresenta un bacino estensionale Neogenico formatosi a partire dal Miocene Superiore nel contesto della convergenza litosferica cretatico-terziaria, fra le placche Africana, Adriatica ed Euro-asiatica (Ref. [3]).

I modelli geodinamici volti a spiegare l'apertura del Tirreno sono diversi e non del tutto esaurienti; tra questi modelli vanno segnalati: a) Tirreno come bacino di retroarco formatosi per arretramento da O verso E (roll-back) di un piano di Benioff immergente verso O e legato alla subduzione della placca Ionica (Ref. [4]) e che attualmente sembra rappresentare il modello più validato (Figura 2-1); b) apertura del bacino Tirreno in conseguenza di una risalita diapirica di materiale astenosferico (Ref. [5]); c) apertura legata ad estensioni a scala litosferica (Ref. [6]).

Secondo i dati sismici questo bacino, che è di recente formazione, ha una crosta di tipo oceanico, è il centro di terremoti intermedi (60-300 km di profondità) e profondi (300-600 km), ed è disseminato da vulcani attivi o recenti, sia emersi (arcipelago delle Eolie) che sottomarini (es. Vavilov, Marsili); queste caratteristiche, insieme alla sua posizione all'interno dell'arco Calabro-Peloritano, hanno permesso ad alcuni autori di vederlo come un bacino marginale di interarco, sotto il quale esisterebbe una zona di Benioff (Figura 2-1).

Negli ultimi decenni il bacino del Tirreno è stato oggetto di numerose indagini di carattere geologico, paleontologico e geofisico, culminate negli anni 70 con i Legs 12 e 42 del progetto DSDP (Ref. [7]); (Ref. [8]) e alla fine degli anni 80 con l'effettuazione del Leg 107 nell'ambito del progetto ODP (Ref. [9]). Dal punto di vista geodinamico queste indagini hanno messo in evidenza numerosi episodi di rifting che hanno interessato il

marginale orientale della Sardegna e successivamente sono migrati nel tempo e nello spazio in direzione E-SE, dando origine alla configurazione attuale del Tirreno.

In particolare, basandosi sui dati raccolti durante la campagna ODP_Leg 107, i processi di distensione crostale (rifting) che coinvolsero il settore del margine orientale della Sardegna e che successivamente portarono all'apertura del bacino Tirrenico iniziarono nel Tortoniano Superiore (10 Ma) e si conclusero nel Pliocene Inferiore (5.3 Ma) (Ref. [9]).

Durante il Tortoniano Superiore, i processi di fagliazione ed assottigliamento crostale si concentrano nel settore superiore del margine, mentre successivamente, durante il Messiniano (6.5-4.8 Ma), il settore di massima estensione si sposta verso SE (Ref. [9]; Ref. [10]). Durante il Messiniano il settore inferiore del margine, rappresentato attualmente dal Terrazzo di Cornaglia, diviene sede di deposizione evaporitica: i sedimenti di syn-rift del Terrazzo Cornaglia (età Messiniano-Pliocene Inferiore) sono indicativi del fatto che questo settore del margine, in quel periodo, era il più attivo (Figura 2-2) (Ref. [11]).

Le fasi di estensione crostale sono state collegate alla migrazione dell'Arco Calabro-Peloritano. La microzolla Calabro-Peloritana, nella migrazione verso est - sud est avrebbe quindi coperto una distanza di circa 300 km nell'intervallo di tempo di circa 19 Ma intercorso tra il Miocene inferiore (Burdigaliano) ed oggi con una velocità di migrazione di circa 1,6 cm/anno. Tale moto ha visto ad ovest della microzolla Calabro-Peloritana l'apertura consecutiva di due bacini con formazione di nuova crosta oceanica sui quali si sono impostati importanti edifici vulcanici sottomarini:

- ✓ Bacino Magnaghi-Vavilov nell'intervallo Miocene superiore - Pleistocene inferiore
- ✓ Bacino del Marsili nel Pleistocene inferiore .

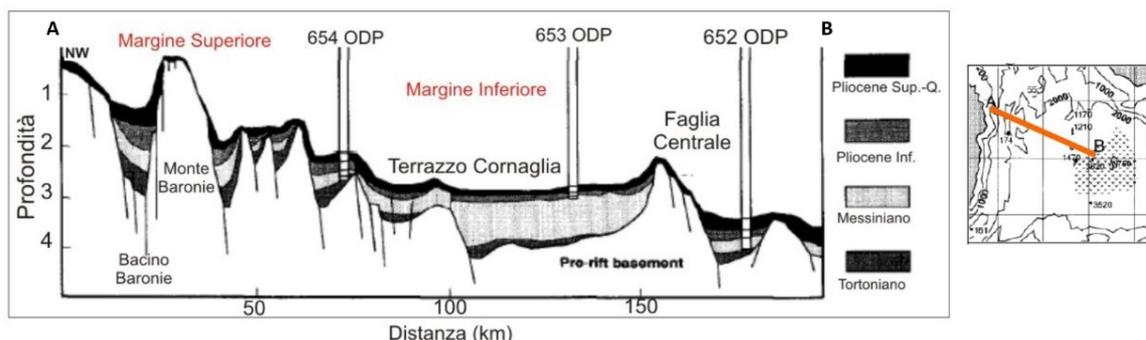


Figura 2-2: Schema stratigrafico del margine passivo della Sardegna orientale ottenuta dai dati ODP_Leg 107 (Ref. [12]) con indicate le proiezioni dei pozzi ODP (modificato da Ref. [11]). A destra viene indicata la posizione del profilo stratigrafico.

2.2.1 Tettonica e Sismicità

La sismicità dell'area in corrispondenza del sito viene qui presentata per mezzo di potenziali modelli di sorgenti sismogenetiche e della distribuzione dei terremoti storici nell'area circostante.

I modelli di sorgenti sismogenetiche mostrati in Figura 2-3 includono:

- ✓ DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Ref. [13]);
- ✓ Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE) model (Ref. [14]);
- ✓ ZS9 –Modello per l'Italia (Ref. [15]);
- ✓ Santulin et al. (2017) (Ref. [16]).

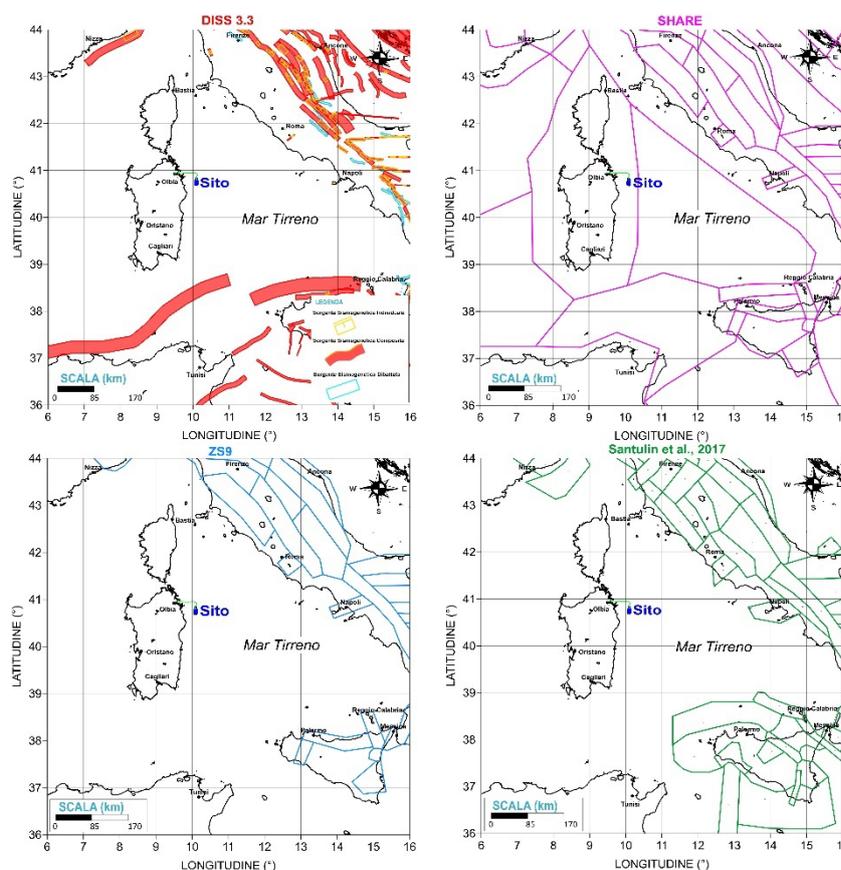


Figura 2-3: Modelli Sismotettonici Esistenti

La Figura 2-4 presenta la distribuzione e la magnitudo dei terremoti in base principalmente al catalogo nazionale italiano CPTI15, considerato il catalogo più aggiornato per il territorio italiano, redatto e rivisto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) per eliminare gli eventi fittizi e multipli (Ref. [17]). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

Come mostra il database DISS delle sorgenti sismogenetiche italiane (Ref. [13]), l'area di studio non ricade all'interno di sorgenti sismogenetiche individuali e composite e non presenta quindi faglie, inoltre in base ai cataloghi dei terremoti storici, non è stata soggetta ad eventi sismici importanti. Alcuni eventi di magnitudo compresa tra 4 e 5 sono avvenuti poco più a nord dell'area proposta per il sito, lungo il tracciato del cavidotto.

Complessivamente l'area proposta è caratterizzata da bassa sismicità (Figura 2-5). L'area può essere quindi classificata come zona 4 ($a_0 \leq 0.05$) sia nel settore offshore che onshore in quanto la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa.

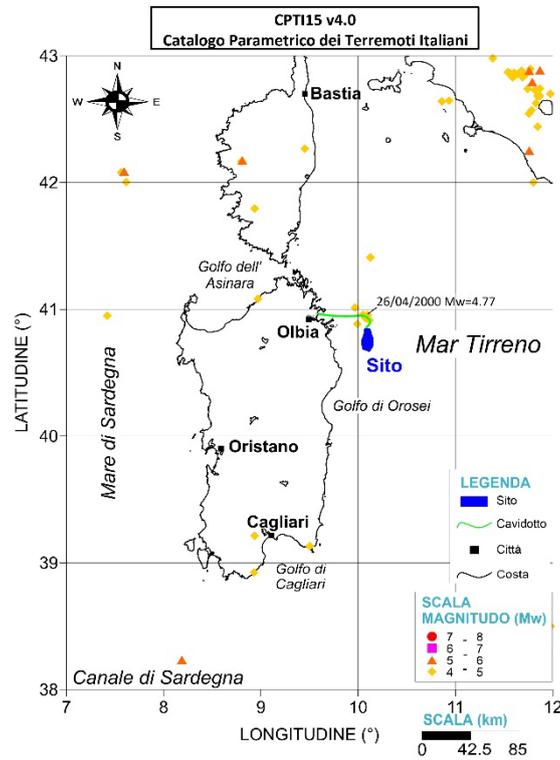


Figura 2-4: Catalogo dei Terremoti Storici dall'anno 1000 al 2020

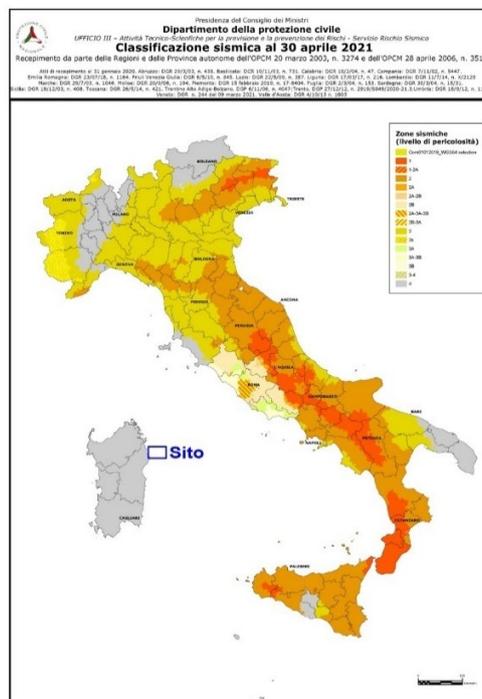


Figura 2-5: Mappa classificazione sismica sul territorio italiano (Ref. [18])

2.2.2 Maremoti Generati da Sismi

La Figura 2-6 mostra le curve di pericolosità da tsunami generati da terremoti nel sito per un periodo di ritorno di 2500 anni. Tale modello è stato prodotto nell'ambito del recente Progetto Europeo TSUMAPS-NEAM (Ref.[19]).

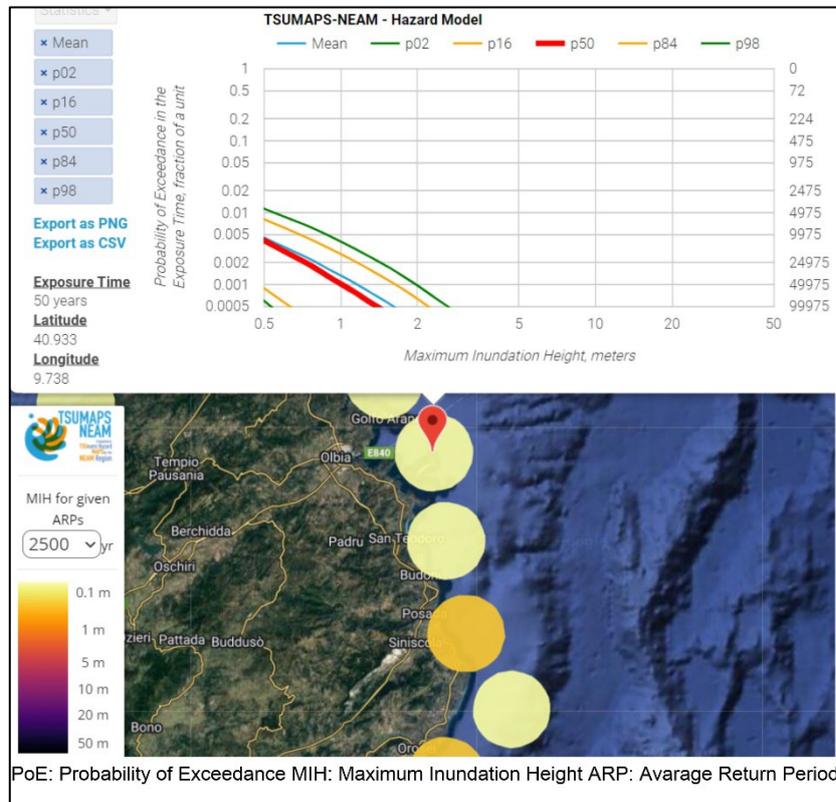


Figura 2-6: NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Ref. [19])

2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il Tirreno centro meridionale, delimitato ad ovest dalla microzolla Sardo-Corsa e ad est dall'edificio appenninico, è caratterizzato da elevata profondità e morfologia complessa, legati ai processi di estensione crostale con messa in posto di crosta oceanica. È separato dal Tirreno settentrionale da una marcata lineazione di natura magnetica e tettonica posta tra la Sardegna settentrionale e l'area napoletana, in corrispondenza del parallelo 41° N.

Gli elementi morfostrutturali principali sono, a partire da Ovest, il Bacino occidentale, il Bacino centrale, il Tirreno sudorientale.

Di nostro interesse si presenta il Bacino occidentale che corrisponde al margine continentale passivo sviluppatosi attraverso più fasi di rifting con sviluppo di faglie listriche (Figura 2-8). Esso comprende zone a caratteristiche morfologiche e tettoniche diverse con sequenze plio-pleistoceniche continue deposte a profondità via via maggiori: il Bacino della Sardegna o sardo, il Terrazzo di Cornaglia e il Margine sardo inferiore (Figura 2-2 e Figura 2-8).

Il Bacino sardo, limitato verso Est dai Monti delle Baronie e da alti strutturali, è interessato tra il Miocene inferiore e il Pliocene medio da subsidenza a carattere post-orogénico legata alle fasi di rift burdigaliano-tortoniano.

Dal punto di vista geomorfologico, il sito interessato dal progetto per il parco eolico offshore si trova nel bacino Sardo settentrionale, che qui prende il nome di Bacino delle Baronie, un bacino di intrascarpata del Mar Tirreno, situato nel settore centro-settentrionale del margine orientale della Sardegna e confinante a est con il seamount omonimo (Figura 2-2, Figura 2-7 e Figura 2-8).

Il Seamount Baronie, o "K" seamount, si estende N-S lungo il margine orientale sardo per circa 100 km e ha una forma peculiare a "K", da cui prende il nome. Esso ha due aree sommitali (i.e. le sommità Nord e Sud) a circa 160- 170 m di profondità. È caratterizzato da una morfologia semi-pianeggiante, da uno spessore sedimentario modesto e da fianchi molto acclivi (Ref. [21]).

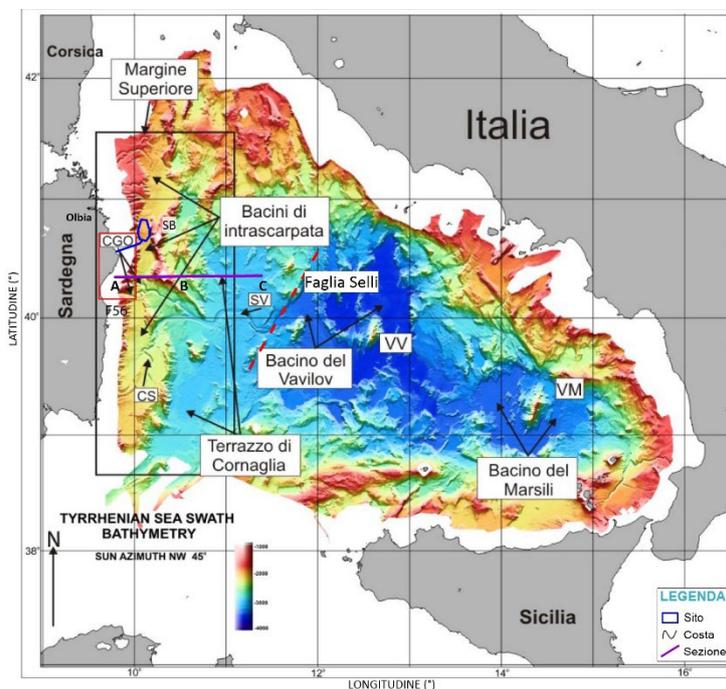


Figura 2-7: DTM del Bacino Tirrenico e relativi bacini di intrascarpata lungo il margine orientale della Sardegna: SB Seamount Baronie, VV vulcano Vavilov, VM vulcano Marsili, SV Valle di Sardegna, CGO Canyon Gonone-Orosei, CS Canyon Sarrabus (modificato da Ref. [1])

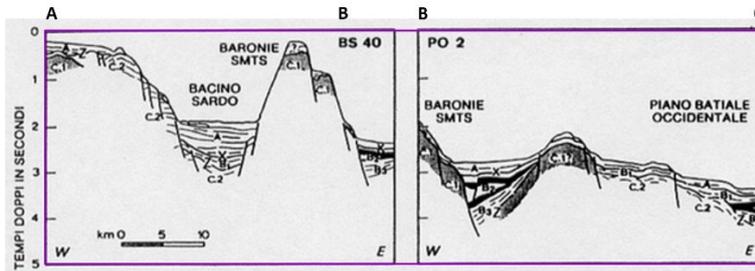


Figura 2-8: Sezioni geologiche tracciate attraverso il Tirreno Centro-Meridionale (vedi Figura 2-7 per localizzazione). Legenda: A) Pliocene medio-Attuale; B1) Messiniano post-evaporitico-Pliocene medio; B2) evaporiti messiniane; B3-1; B3-2) pre-evaporitico; C) Basamento acustico; X) discordanza medio-pliocenica; Y) apice delle evaporiti messiniane

For the other concessions, all the project works have been loaded up to the electricity station on the sea side, then the SID will automatically exclude what is outside the state property line

2.4 ASSETTO MORFO-BATIMETRICO

2.4.1 Dati Disponibili

I dati di seguito mostrati sono stati acquisiti e resi disponibili online nell'ambito di:

- ✓ EMODNet (European Marine Observation and Data Network) Bathymetry and coastline (<https://portal.emodnet-bathymetry.eu/> risoluzione cella da 1/8 * 1/8 a 1/16 * 1/16 arc minutes);
- ✓ EMODNet (European Marine Observation and Data Network) geology (<https://www.emodnet-geology.eu/map-viewer/>);
- ✓ Progetto MaGIC - Marine Geohazards along the Italian Coasts (http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/dossier/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/progetto-magic). Il progetto ha permesso l'acquisizione di dati batimetrici ad alta risoluzione dei fondali marini antistanti le coste, lungo gran parte delle piattaforme esterne e le scarpate continentali italiane. Il fine del progetto è stata la produzione di 72 carte, a scala 1:50.000, con la mappatura degli elementi di pericolosità presenti nei fondali dei mari italiani. Sul portale, oltre ai dati batimetrici (risoluzione cella da 50 m a 100 m), è disponibile e scaricabile la mappatura dei principali lineamenti morfo-batimetrici (Ref. [22]).

Al fine di analizzare e caratterizzare nel dettaglio le aree di interesse, i corridoi di collegamento tra gli aerogeneratori e il collegamento tra questi e la terraferma, nelle successive fasi dovranno essere realizzate una serie di campagne di rilievo ad hoc durante le quali effettuare il rilievo batimorfologico di dettaglio del fondale attraverso strumenti geofisici (e.g., multibeam, side scan sonar, sub-bottom profiler).

2.4.2 Batimetria

Il sito interessato dal progetto per il parco eolico offshore si colloca nel Bacino occidentale del Mar Tirreno centrale (Figura 2-7).

Nel dettaglio, esso è costituito da una zona destinata al parco eolico e da un corridoio destinato al cavidotto di circa 62 km di raccordo con la terraferma.

L'area marina proposta si estende per circa 164 km² a un minimo di 24 km a largo della costa orientale sarda sita tra Capo Coda Cavallo (SS) e Posada (NU). Questo settore presenta profondità che vanno da circa -1095 m a -1350 m (Figura 2-9). Le pendenze medie sono comprese tra 1.2° e 3° (Figura 2-10), con un massimo di circa 7-8° cui corrispondono delle aree caratterizzate da forme di fondo erosivo-deposizionali in corrispondenza delle conoidi dei canyon di Posada e del Molara e da artefatti del dato multibeam allineanti N-S (Figura 2-10).

Lungo il cavidotto di collegamento tra terra e nell'area destinata al parco eolico, le pendenze variano da <1° in corrispondenza della costa fino al ciglio della piattaforma continentale (16°), situato a circa -120m; sono circa 2°-3° nel settore superiore della scarpata (tra -130m e -340 m di profondità); presentano valori medi intorno ai 4° nel settore centrale, mentre si riducono in quello distale (pendenze medie di >10°); le pendenze poi decrescono sensibilmente in corrispondenza del Bacino delle Baronie (<1°) (Figura 2-11).

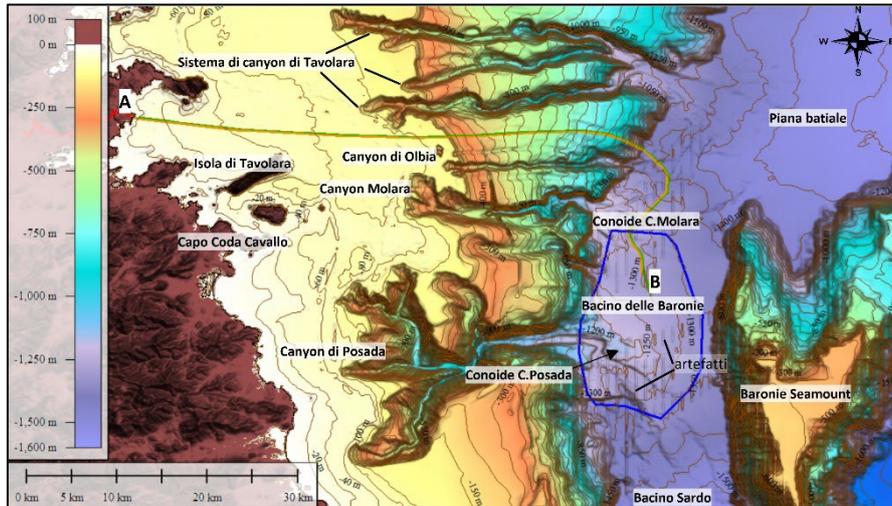


Figura 2-9: DTM e batimetria dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)

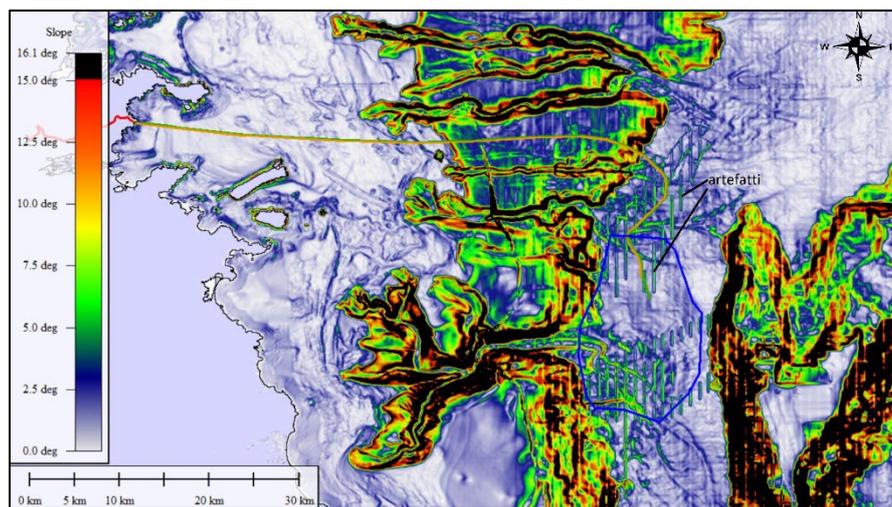


Figura 2-10: Carta delle pendenze dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)

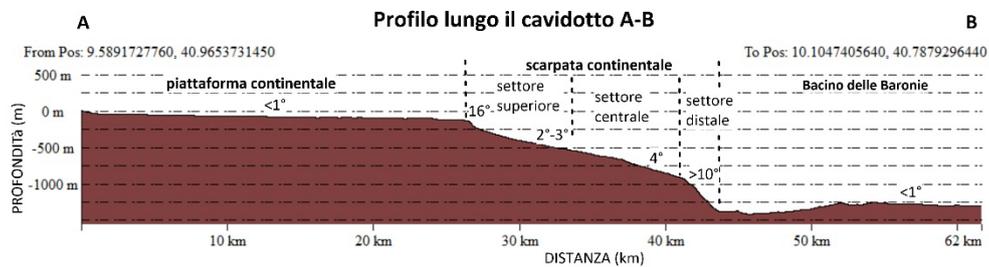


Figura 2-11: Profilo A-B lungo il cavidotto

2.4.3 Morfologia

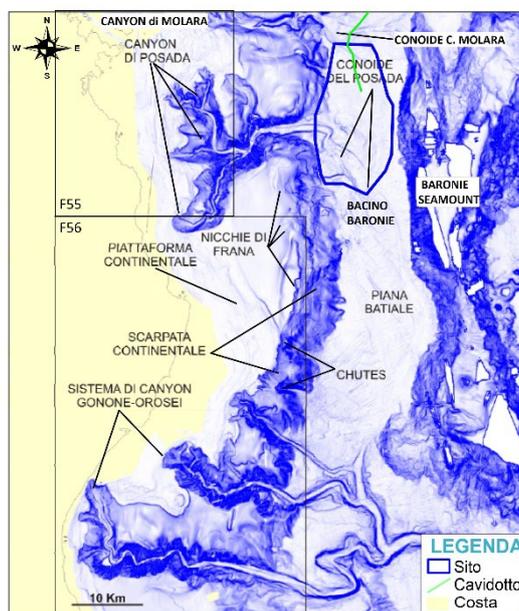


Figura 2-12: Rilievo ombreggiato del Bacino di Olbia con i principali domini fisiografici, sistemi di canyon, le conoidi e i seamounts (modificata da Ref. [22]). I rettangoli neri indicano i Fogli Progetto Magic F55 (Tavolara) e F56 (Orosei).

L'area proposta si trova a profondità maggiori rispetto al limite della copertura dei dati morfobatimetrici acquisiti durante il progetto MaGIC (Marine Geohazards along the Italian Coasts – Fogli F55 “Tavolara” e F56 “Orosei”) (Ref. [22]) e non risulta coperta quindi dall'interpretazione morfologica (Figura 2-12 e Figura 2-13). I dati acquisiti nell'ambito del Progetto Magic hanno consentito l'identificazione dei principali elementi morfobatimetrici sulla piattaforma e sulla scarpata, in corrispondenza di buona parte del cavidotto e nel settore a monte del sito proposto, dove si sviluppano i principali processi erosivo-sedimentati che raggiungono la piana batiale (Figura 2-13).

Dal punto di vista morfologico, il sito proposto si trova nella piana batiale del bacino Sardo settentrionale, che qui prende il nome di Bacino delle Baronie (Figura 2-9 e Figura 2-10).

Il bacino delle Baronie è allungato in senso NS per una lunghezza di circa 60 km con una larghezza in senso EO inferiore ai 14 km (Figura 2-12). Il bacino è limitato verso nord dal Bacino di Olbia, mentre verso sud esso confluisce dentro il sistema di canyon di Gonone-Orosei, il maggior sistema di drenaggio sottomarino del margine orientale della Sardegna (Figura 2-12).

Il bacino delle Baronie è caratterizzato da una piattaforma continentale di limitata estensione (da un massimo di circa 14 km fino a poche decine di metri nella zona antistante la testata del canyon Gonone-Orosei e da una scarpata continentale ad alto angolo (pendenza media 7°, con punte di oltre 20° alla base della scarpata). La scarpata continentale ha una larghezza di circa 20 km nel settore settentrionale del bacino, e si rastrema verso sud fino ad un minimo di 7 km, per poi riallargarsi a circa 14 km nel settore occupato dal canyon di Gonone-Orosei. La scarpata continentale è caratterizzata da processi sedimentari prevalentemente distruttivi (mass transport events) marcati da numerose nicchie di distacco e da fenomeni di bypass dei sedimenti attraverso canyons e canali erosivi (chutes), i quali in alcuni tratti raggiungono il ciglio della piattaforma.

Il principale elemento morfologico del bacino delle Baronie è rappresentato dal sistema di canyon del Posada, composto da un reticolo di canyons tributari indentati nella scarpata e nella piattaforma. Il ramo meridionale è sito in corrispondenza della foce dal Rio Posada, che sfocia in corrispondenza dell'abitato omonimo (Figura 2-13). Il canyon interessa un settore del margine orientale della Sardegna per una lunghezza di circa 25 km, arrivando ad una distanza minima di 5 km da costa, e raggiunge la piana batiale alla profondità di oltre -1200 m (Figura 2-9) formando una conoide di detriti, in corrispondenza della area proposta per il parco eolico (Figura 2-12 e Figura 2-13). Il canyon raggiunge una profondità massima di circa -875 m con un dislivello rispetto alla sommità dei fianchi principali di oltre 720 m. Il ramo settentrionale principale ha un profilo fortemente asimmetrico con il fianco

settentrionale avente una pendenza di circa 6° e relativamente poco interessato da fenomeni di franamento ed incisioni erosive, mentre il fianco meridionale ha una pendenza di oltre 25° ed è solcato da incisioni erosive e da nicchie di frane intracanyon. Il canyon ha un fondo relativamente piatto, largo circa 500 m e si immette nel ramo meridionale del Posada (Fig. 3.1.2). Il ramo meridionale mostra un profilo a V simmetrico con i due fianchi del canyon simili per altezza (520 m) e pendenza (16°). Entrambi i muri del canyon affetti da numerosi solchi erosivi e nicchie di frane intracanyon. Il thalweg del canyon è stretto (<250 m) con la presenza di numerosi gradini intracanal (Ref. [22]). Il settore meridionale del sito proposto per il campo eolico si trova in corrispondenza della conoide formata dai sedimenti e detriti trasportati dal canyon alla base della scarpata continentale (Figura 2-13).

Altro importante lineamento è il canyon più settentrionale, canyon di Molaro, che incide la piattaforma generando un rilievo negativo di circa 220 m tramite due rami tributari del canyon principale che interessano in settore di piattaforma ampio circa 5.5 km. I fianchi del canyon hanno pendenze di circa 18°, e nella sommità sono caratterizzati da scarpate arcuate, indicative di fenomeni di franamento retrogressivo, con conseguente allargamento progressivo della testata del canyon a scapito della piattaforma. Il fondo del canyon è accidentato da numerosi gradini intracanal, ed è solcato da uno stretto thalweg di profilo a V, bordato da un terrazzo erosivo intracanal. Il settore settentrionale del sito proposto si trova in corrispondenza della conoide formata dai sedimenti e detriti trasportati dal canyon alla base della scarpata continentale (Figura 2-13).

Gli elementi morfologici descritti per i due canyon portano ad interpretare questi sistemi come attualmente attivi, in quanto probabilmente alimentati da materiale sedimentario trasportato da correnti lungo costa, frane in corrispondenza della zona di testata e da fenomeni di mass wasting lungo i fianchi (Ref. [22]). Non può essere quindi esclusa una variazione nel tempo anche delle zone di accumulo delle conoidi presenti nel bacino.

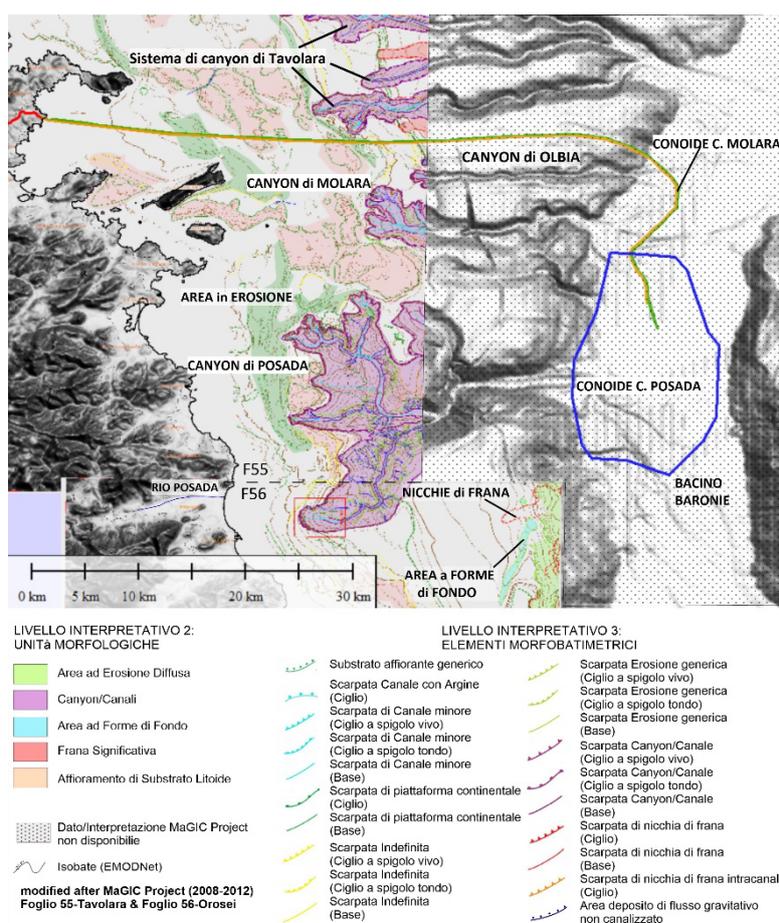


Figura 2-13: Elementi morfobatimetrici presenti nel sito (Ref. [22])

Gli elementi morfobatimetrici principali presenti nella piattaforma continentale sono rappresentati da forme di fondo legate a processi di erosione e rimobilizzazione del sedimento ad opera di correnti lungo costa (longshore and offshore currents; shallow-water contour currents) (Figura 2-13). Una zona ad erosione diffusa si trova in corrispondenza della testata del Canyon di Posada, dove confluiscono i sedimenti che raggiungono la piana batiale.

Alcune porzioni della piattaforma sono caratterizzate da estesi affioramenti di substrato litoide. In particolare, lungo il cavidotto, a profondità comprese tra circa 75 e 95 m, possono essere presenti affioramenti di substrato.

Il cavidotto, inoltre, attraversa zone interessate da erosione diffusa e possibili nicchie di distacco in corrispondenza del ciglio della piattaforma (Figura 2-13).

2.4.4 Assetto Litostratigrafico

Non sono disponibili informazioni relative all'area di interesse.

2.4.5 Campionamenti In Situ

Non sono disponibili campionamenti in sito.

3 AREA A TERRA

Il progetto prevede la realizzazione dell'approdo dei cavidotti nella costa nord-orientale della Sardegna, tra Olbia e Golfo Aranci (Figura 3-1), in provincia di Sassari.

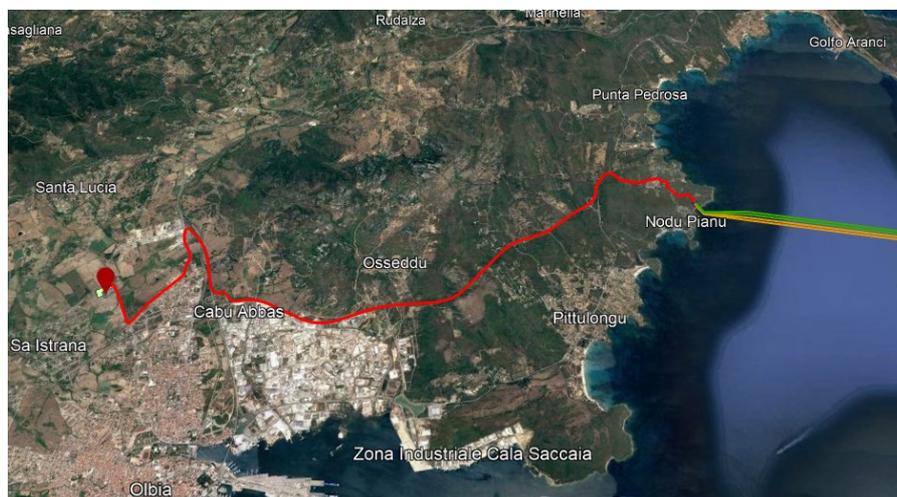


Figura 3-1: Tracciato a terra dei cavidotti fino alla stazione Terna

La Figura 3-2 mostra il tracciato dei cavidotti dall'approdo presso Nodu Pianu in comune di Olbia fino alla stazione Terna di Olbia. Il primo tratto del tracciato, per circa un chilometro e mezzo, si sviluppa perpendicolarmente alla costa in un'area a debole pendenza, fino alla statale S.P. N. 82 'Panoramica'. Nella zona costiera verrà posizionato un locale tecnico, presumibilmente prefabbricato, di dimensioni circa 200 m², in quanto il progetto prevede uno stadio di sezionamento nelle immediate vicinanze del *junction pit*. Successivamente il percorso dei cavidotti seguirà il tracciato della strada provinciale fino alla stazione Terna per una lunghezza complessiva di circa 13 km.

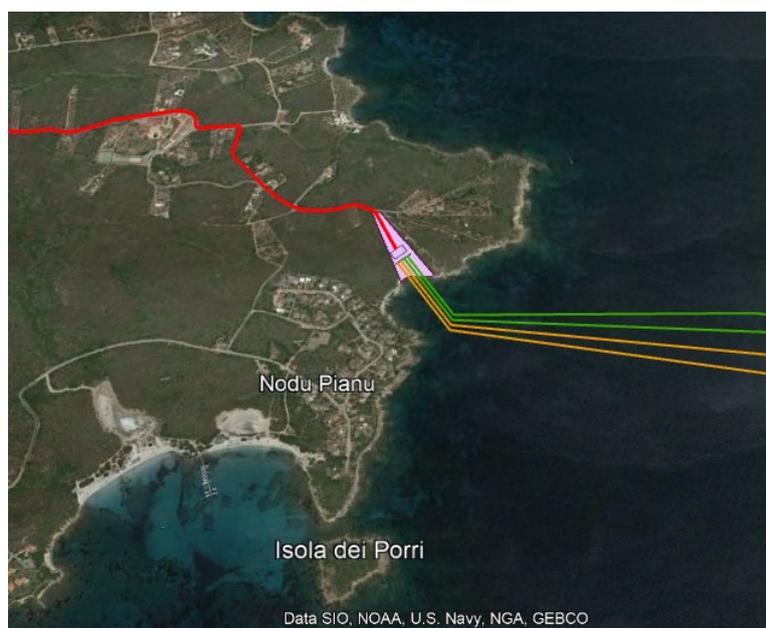


Figura 3-2: Localizzazione approdo dei cavidotti

Il presente documento costituisce la relazione geologica a corredo del progetto, al fine di fornire gli input preliminari geologici, geomorfologici e idrogeologici necessari con riferimento a quanto previsto dal Decreto Ministeriale (DM) 14-01-2008 'Norme Tecniche di Costruzione', pubblicato nel S.O. della G.U. n.30 del 4 febbraio 2008, dalla successiva Circ. Min. LL.PP. 02/02/2009 n. 617, pubblicata nella G.U. n.47 del 26 febbraio 2009, e dal Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni' al fine di valutare la compatibilità dell'opera con le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche del sito.

Sulla base dell'analisi della bibliografia esistente e dei sopralluoghi effettuati in sito in data 7 Aprile 2022, il presente documento riporta l'inquadramento geologico (Sezione 3.1), geomorfologico e idrografico (Sezione 3.2) e idrogeologico (Sezione 3.3), l'inquadramento degli aspetti di tettonica e sismicità (Sezione 3.4) ed un'analisi delle caratteristiche geologico-stratigrafiche locali (Sezione 3.5).

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, sia l'area di approdo che il percorso del tracciato dei cavidotti a terra fino alla stazione Terna di Olbia interessa le formazioni del Complesso Intrusivo Metamorfico della Gallura (Figura 3-3).

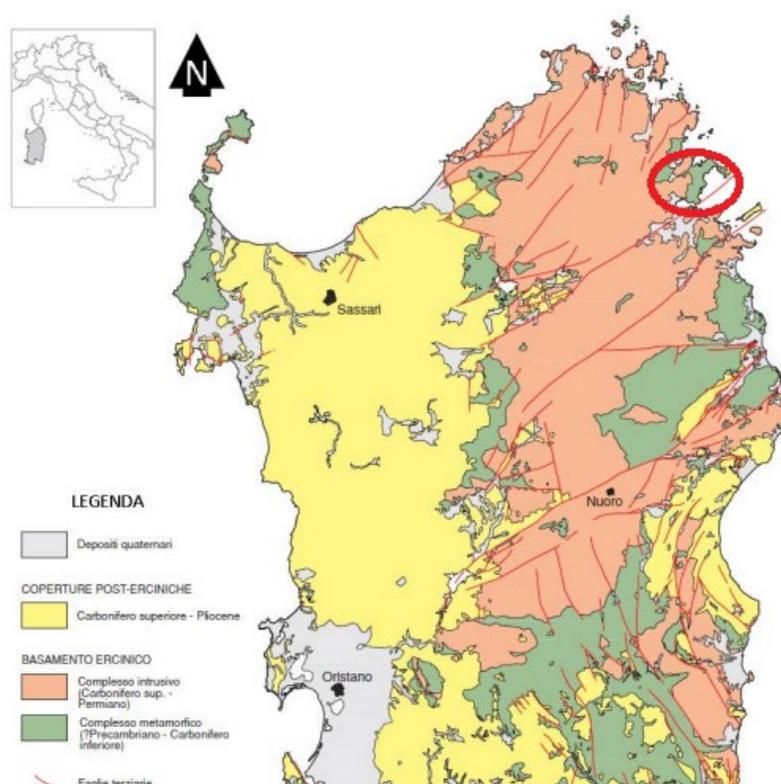


Figura 3-3: Principali complessi geologici della Sardegna (Ref. [24])

In riferimento alla carta geologica (Foglio n. 182 "Olbia") alla Scala 1: 100'000 della Carta Geologica d'Italia (Ref. [23]) (Figura 3-4), l'area individuata per l'approdo è caratterizzata da affioramenti di gneiss occhiadini, listati, zonati a composizione granitica, granodioritica e quarzo-dioritica (9). Il percorso del tracciato a terra fino alla stazione Terna di Olbia attraversa ancora formazioni metamorfiche e intrusive rappresentate in successione da gneiss, graniti rosa e graniti biotitici (7), per arrivare alla stazione Terna in corrispondenza delle coperture oloceniche (1) costituite principalmente da ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbie.

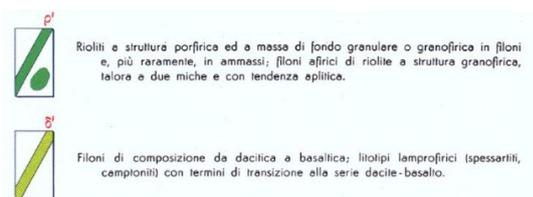
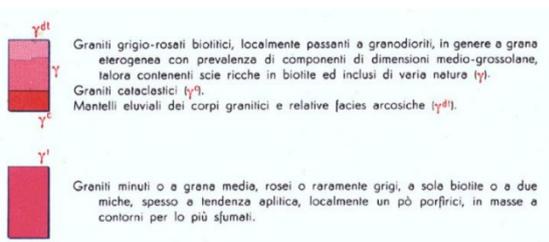
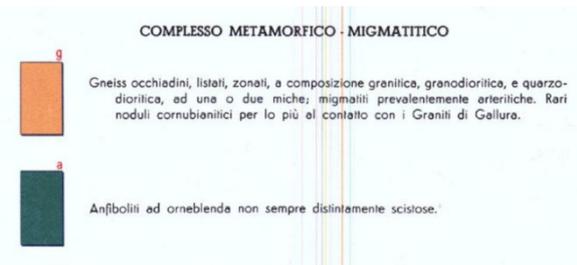
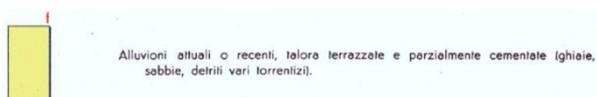
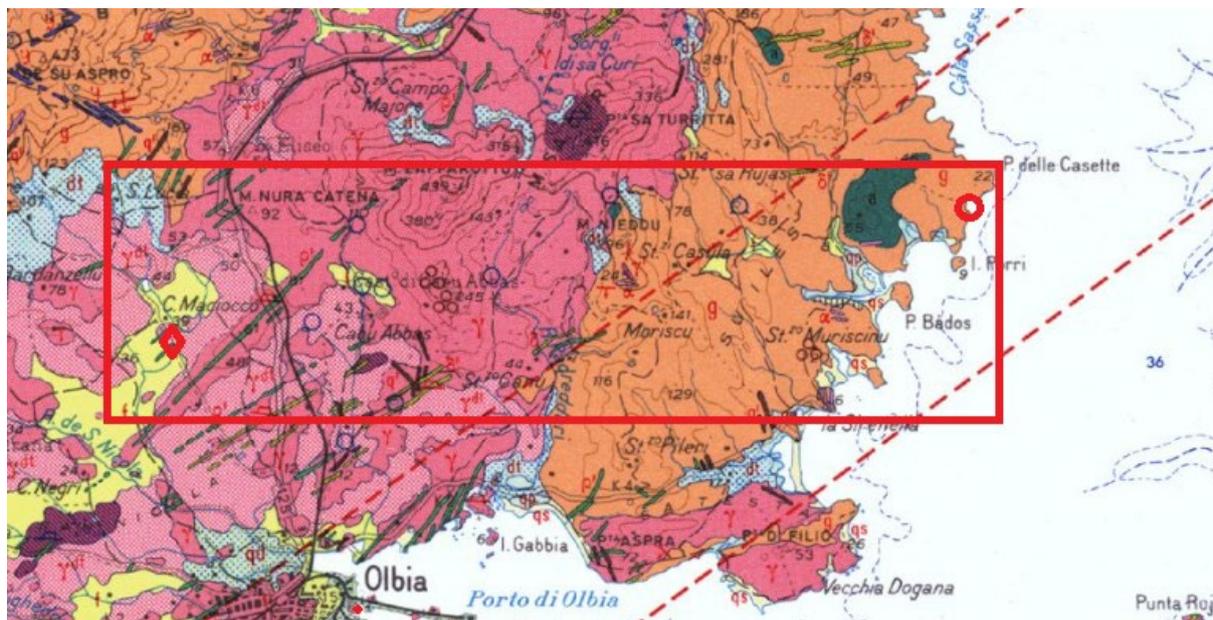


Figura 3-4: Carta Geologica dell'area di progetto (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000). Il cerchio rosso indica l'approdo mentre il rombo rosso la stazione Terna di arrivo

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

La zona prevista per l'approdo è localizzata in un tratto costiero a debole pendenza (circa 10%) per circa 220 m dal mare tra quota 4m e 27 m s.l.m. (Figura 3-5). Riguardo l'uso del suolo, l'area non è edificata ed è caratterizzata da zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea.

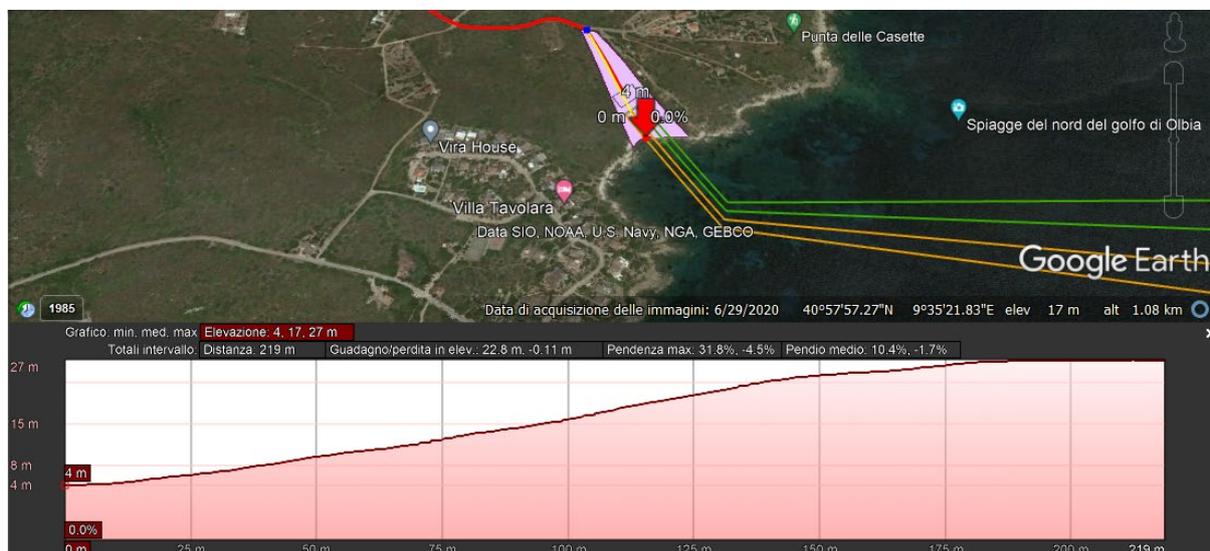


Figura 3-5: Profilo di pendenza dell'area di progetto

Successivamente il tracciato del cavidotto sale il versante seguendo una strada carrabile per circa 1,5km fino a incrociare la S.P.82 'Panoramica' alla quota di circa 40m (Figura 3-6) per poi seguire la strada provinciale a mezza costa dei versanti sul mare.

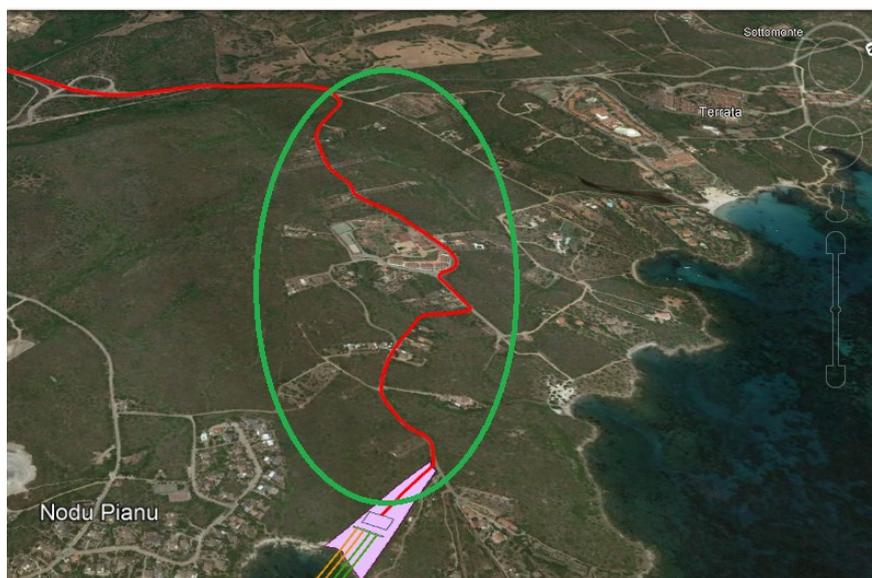


Figura 3-6: Percorso dall'approdo alla S.P.82 'Panoramica'

In termini di pericolosità da frana e da alluvioni, la cartografia del progetto IFFI (IFFI; <https://www.progettoiffi.isprambiente.it/inventario/>) non riporta alcuna perimetrazione di fenomeni franosi nell'area vasta di approdo (Figura 3-7). Solo nella seconda parte del tracciato del cavidotto verso la stazione Terna di

Olbia, lungo la strada provinciale S.P. 82, è indicata un'area con livello moderato di pericolosità da frana. Questa carta indica l'attraversamento da parte del tracciato di un'area puntuale ad elevato di rischio di alluvione, in corrispondenza del rio Riu de Bados poco dopo l'imbocco della strada provinciale 'Panoramica' S.P. 82 verso Olbia.

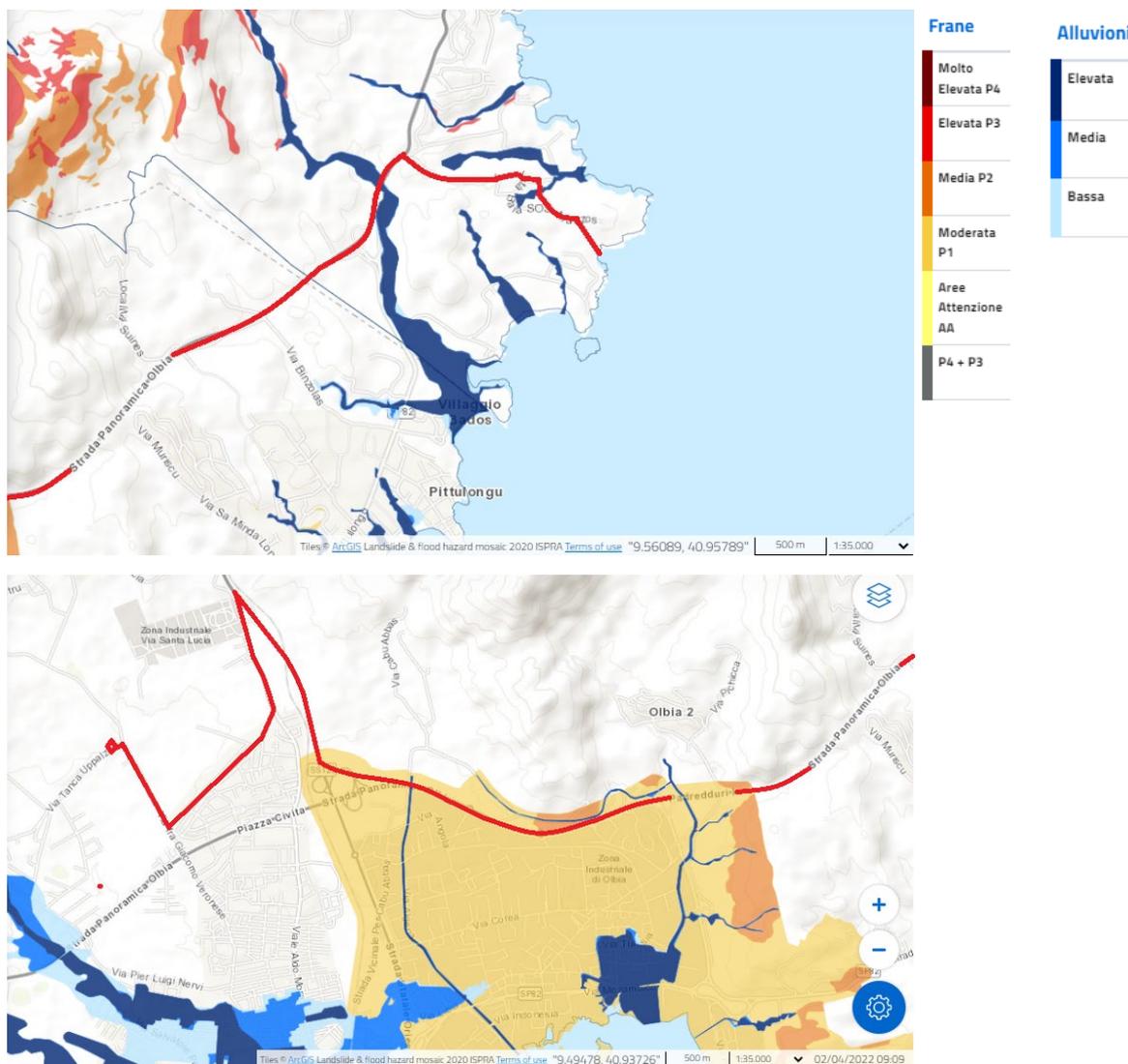
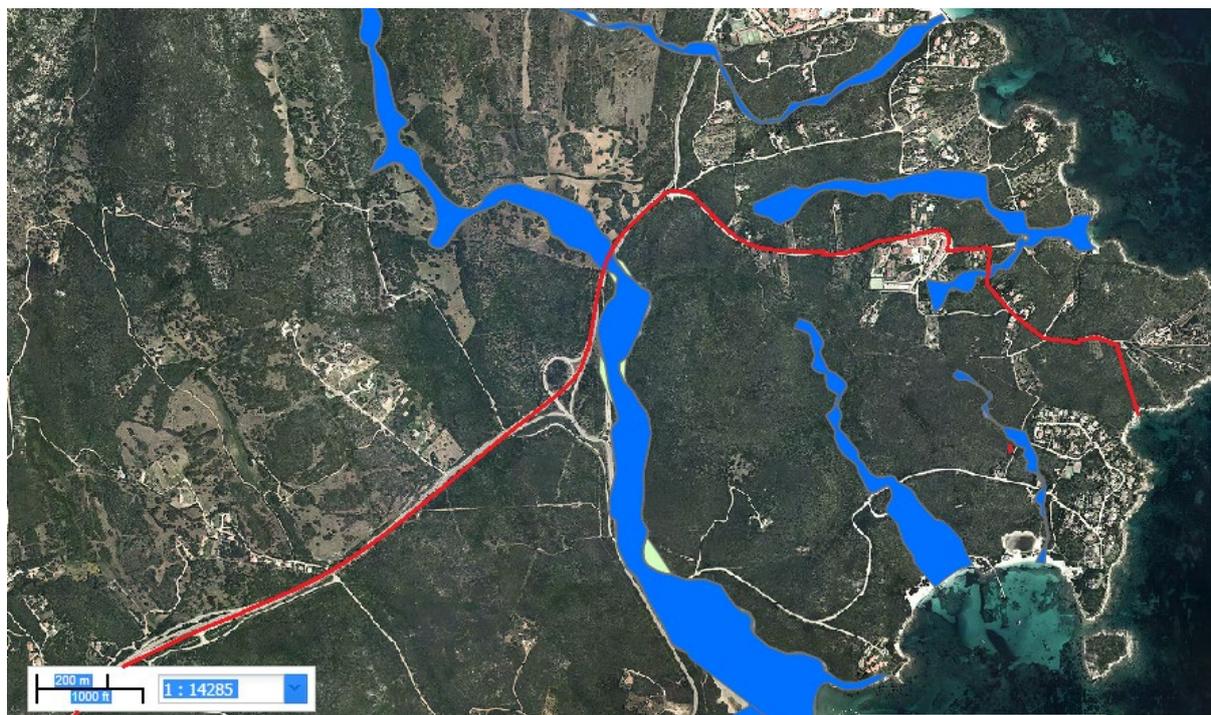


Figura 3-7: Pericolosità e rischio idrogeologico (Iffi) lungo il tracciato di progetto.

L'attraversamento di un'area puntuale ad elevato di rischio di alluvione in corrispondenza del rio Riu de Bados, poco dopo l'imbocco della strada provinciale 'Panoramica' S.P. 82 verso Olbia, è confermata dalle informazioni contenute nei livelli cartografici relativi alla pericolosità da frana e rischio alluvioni del Piano di Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale (aggiornamento 31-01-2018), disponibili al Geoportale della Regione Sardegna¹ (Ref. [25]) (Figura 3-8).

¹ <https://www.sardegnaigeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai>



Art. 8 Hi V.09 (Pericolo Alluvioni Art.8)

- Hi1
- Hi2
- Hi3
- Hi4

Figura 3-8: Rischio idraulico (PAI) (Fonte: Geoportale Regione Sardegna) in corrispondenza del Rio de Bados.

In relazione agli aspetti di idrografici, in generale la Sardegna è caratterizzata dalla quasi totale assenza di corsi d'acqua perenni, la maggior parte dei quali sono a carattere stagionale ed hanno regime torrentizio, con una notevole variazione dei deflussi durante l'anno legati ad una alimentazione esclusivamente pluviale. Sono considerati fiumi perenni il Tirso, il Flumedosa, il Coghinias, il Cedrino, il Liscia ed il Temo, ma anche questi, pur avendo deflussi presenti tutto l'anno, sono soggetti a forti variazioni tra le portate minime e massime.

In base alle Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.)² definite dal Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Sardegna (Ref. [26]), l'area di progetto ricade nella **U.I.O. Padrogiano** (Figura 3-9).

 Le U.I.O. accorpano bacini idrografici minori per caratteristiche geomorfologiche idrografiche ed idrologiche omogenee.

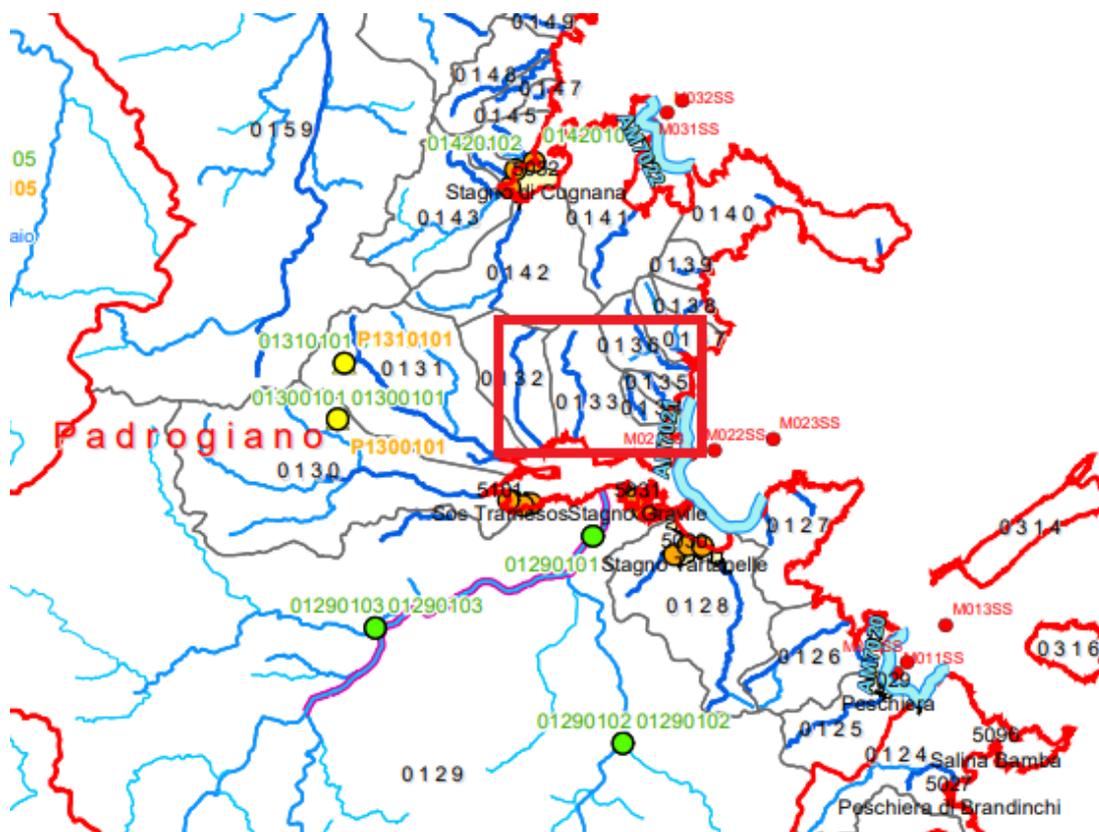


Figura 3-9: Idrografia Superficiale, U.I.O. di Padrogiano. Il rettangolo rosso indica l'area di progetto.

L'U.I.O. di Padrogiano è molto vasta (estensione di 1028 Km²). Il Rio Padrogiano è il corso d'acqua principale ricadente nell'unità idrografica ed è anche un corpo idrico significativo. Esso ha un'estensione di 450,78 km² ed è delimitato a Ovest dalle propaggini orientali del Massiccio del Limbara, a Sud dalle propaggini settentrionali dei monti di Alà, a Nord e ad Est dal mare. Il Rio Padrogiano, a regime torrentizio, ha origine nella parte orientale del Massiccio del Limbara dalla confluenza del Rio di Enas e del Rio S.Simone e sfocia nel golfo di Olbia dopo un percorso di 35 km circa. L'altro corso d'acqua di interesse, presente nell'unità idrografica, è il Rio S.Giovanni, il cui bacino ha un'estensione complessiva di 150,28 km². Esso ha origine nella zona compresa tra il M. Pozzo ed il M. Pino e scorre in direzione Nord fino a sfociare nel golfo di Arzachena. Nella restante porzione del bacino scorrono corsi d'acqua di modesta estensione e di pendenza notevole caratterizzati da torrenzialità stagionale.

Tra i sottobacini si citano i seguenti quattro che interessano la zona vasta circostante il tragitto di progetto (Figura 3-10):

- ✓ Il bacino del **Riu de Bados** (Cod. 0137, bacino sotteso circa 3,96 km²) attraversato nel primo tratto del tracciato;
- ✓ Il bacino del **Riu Sa Pischina** (Cod. 0136, bacino sotteso circa 4,84 km²) attraversato anch'esso nel primo tratto del tracciato;
- ✓ Il bacino del **Riu Padredduri** (Cod. 0133, bacino sotteso circa 12,24 km²) attraversato nel tratto intermedio del tracciato;
- ✓ Il bacino del **Riu de Cabu Abbas** (Cod. 0132, bacino sotteso circa 9,55 km²) attraversato nel tratto finale del tracciato.

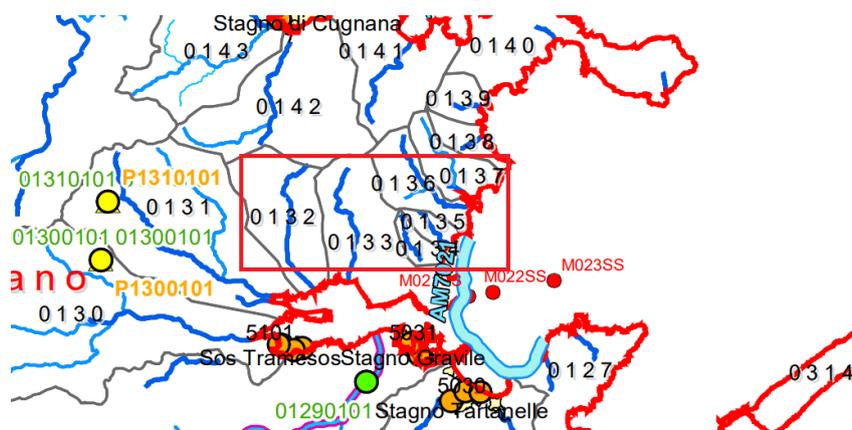


Figura 3-10: Sottobacini Idrografici nel riquadro rosso attraversati dal tracciato di progetto

3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In termini di precipitazioni, nell'area di Olbia si ha una piovosità media annuale di 553mm e una differenza di piovosità tra il mese più secco e il mese più piovoso pari a 73 mm. Il mese più secco è Luglio con una media di 8 mm di pioggia, mentre il mese di Novembre è il mese con maggiori precipitazioni (media di 82 mm). Le temperature medie variano di circa 16,1 °C durante l'anno.

La Tabella 3.1 riporta i dati climatici disponibili per il territorio di Olbia (dati da: <https://it.climate-data.org/>).

Tabella 3.1: Dati Climatici – Olbia

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.1	9	11.2	13.8	17.6	22.2	25.1	25.2	21.4	18	13.6	10.5
Temperatura minima (°C)	6.6	6.3	8.1	10.3	13.7	17.7	20.5	20.9	18	15.1	11.2	8.1
Temperatura massima (°C)	12	12.2	14.8	17.5	21.5	26.4	29.5	29.6	25.2	21.6	16.5	13.2
Precipitazioni (mm)	59	47	57	54	43	19	8	12	36	69	82	67
Umidità(%)	80%	77%	76%	75%	70%	62%	58%	61%	69%	77%	80%	79%
Giorni di pioggia (g.)	6	6	6	6	4	2	1	2	4	6	8	8
Ore di sole (ore)	6.0	7.0	8.4	10.2	11.8	12.8	12.9	11.9	10.0	8.1	6.6	6.0

La Sardegna ha notevoli problemi d'approvvigionamento idrico non potendo contare su importanti complessi acquiferi. L'isola, infatti, è in gran parte costituita da rocce cristalline e vulcaniti, in genere poco permeabili per fratturazione. Fanno eccezione alcune ristrette aree lungo la costa orientale e nella zona sud-occidentale dove acquiferi carbonatici alimentano qualche sorgente di non grande portata, con acque di scarsa qualità per la interazione dei relativi acquiferi con importanti giacimenti di solfuri misti. Nelle aree di pianura (il Campidano e l'Oristanese, la Pianura del Fiume Cixerri, il Bacino del Sulcis e le piccole aree costiere) sussistono, invece, risorse idriche sotterranee in acquiferi liberi fluenti in depositi alluvionali, a prevalente alimentazione fluviale.

Nell'area di progetto non sono perimetrati complessi acquiferi significativi. L'acquifero più vicino definito dal PTA che interessano il territorio della U.I.O. del Padrogiano è l'Acquifero Detritico Alluvionale Plio-Quaternario di Olbia a sud dell'area di interesse (Figura 3-11).

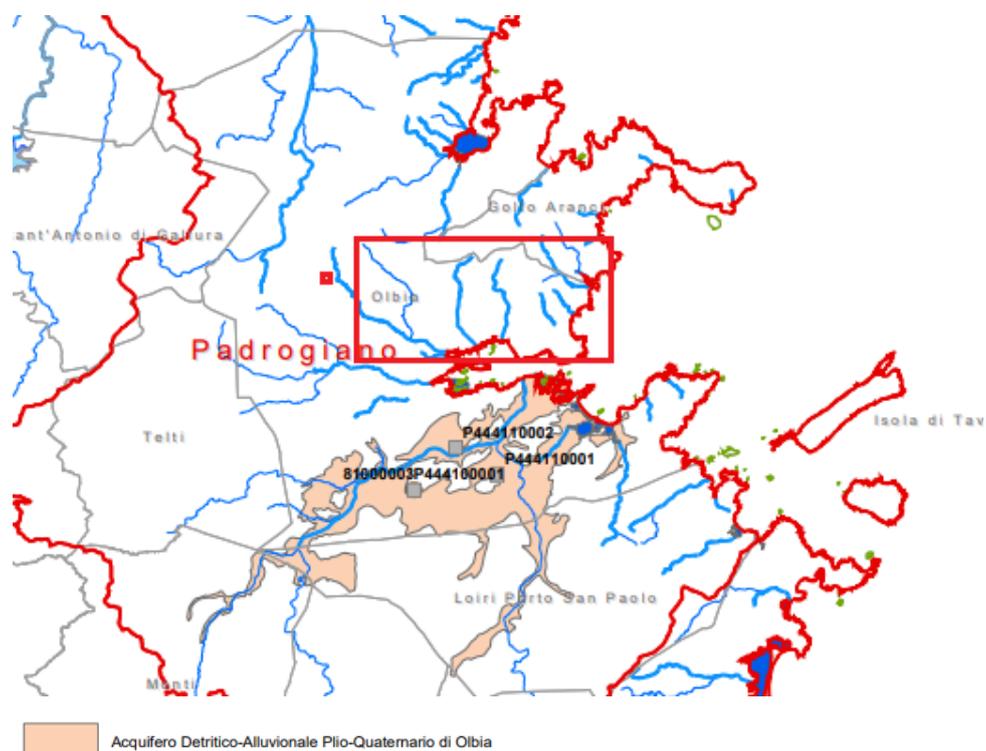
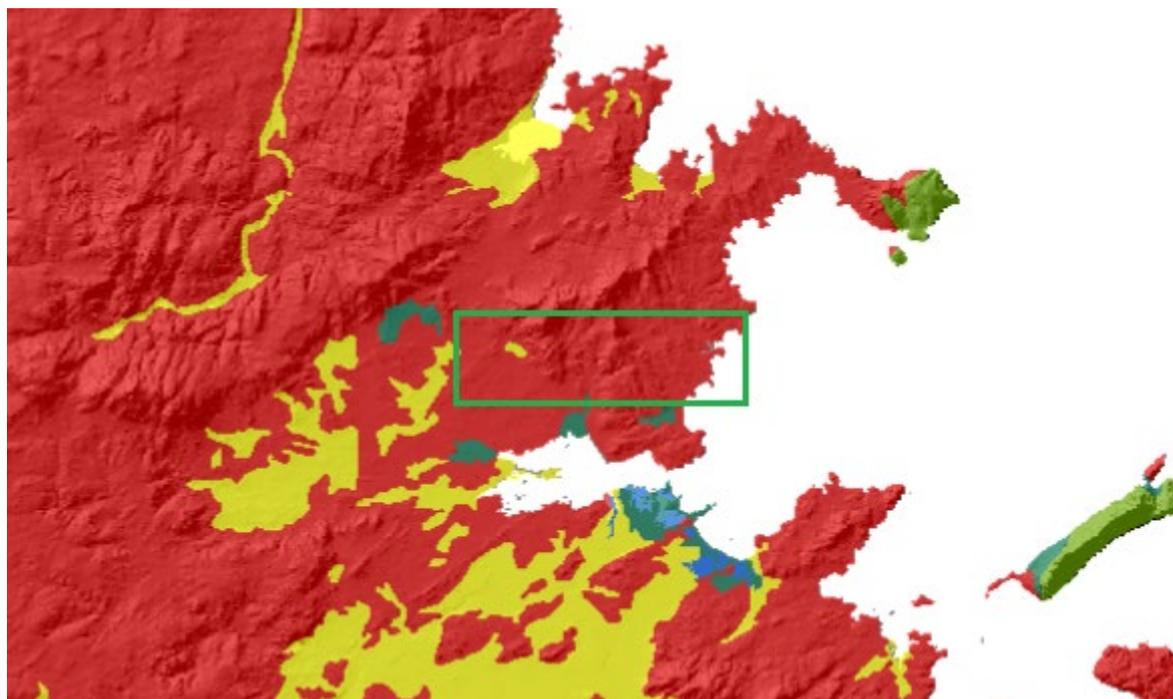


Figura 3-11: Complesso Acquifero presente nella U.I.O. del Padrogiano (PTA). Il rettangolo rosso indica l'area di progetto

La Figura seguente (Figura 3-12) riporta uno stralcio della *carta della permeabilità* (estratto dal Geoportale della Regione Sardegna)³, sviluppata da AGRIS nel 2008. Questa carta della permeabilità dei substrati deriva dal lavoro effettuato da Caboi et al. nel 1982, mentre la Carta della Permeabilità dei suoli della Sardegna deriva dalle informazioni presenti nelle Unità di Paesaggio della Carta dei suoli della Sardegna definite da Aru et al. nel 1991.

Alle rocce metamorfiche intrusive (principalmente gneiss e graniti) costituenti il substrato dell'area attraversata dal tracciato di progetto è associabile un grado di permeabilità basso ($10^{-7} > K > 10^{-9}$ m/s) per fratturazione. In corrispondenza della stazione Terna di arrivo sono presenti coperture oloceniche costituite principalmente da ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbie caratterizzate da una permeabilità media.

³ <https://www.sardegna.geoportale.it/webgis2/sardegna-mappe/?map=mappetematiche>



Legenda

-  Bassa
-  Da medio bassa a bassa
-  Medio bassa
-  Media
-  Medio alta
-  Alta

Figura 3-12: Carta delle Permeabilità (Fonte: Geoportale Regione Sardegna). Il rettangolo verde indica l'area del tracciato di progetto

3.4 TETTONICA E SISMICITA'

Nel presente capitolo vengono analizzati, sulla base della bibliografia esistente e dei dati in rete, gli aspetti relativi alla sismotettonica ed alla sismicità del sito in oggetto.

3.4.1 INQUADRAMENTO TETTONICO

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) (Ref. [13]). In base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 3-13), si evidenzia che la struttura sismogenetica più prossima all'area di studio si sviluppa circa 260 km a sud del sito ed è la CSS classificata come DZCS002 "Northern Africa Offshore East". Tale struttura è la porzione orientale del fronte di spinta in immersione verso sud della struttura al largo situato tra Algeri e Bejaia.

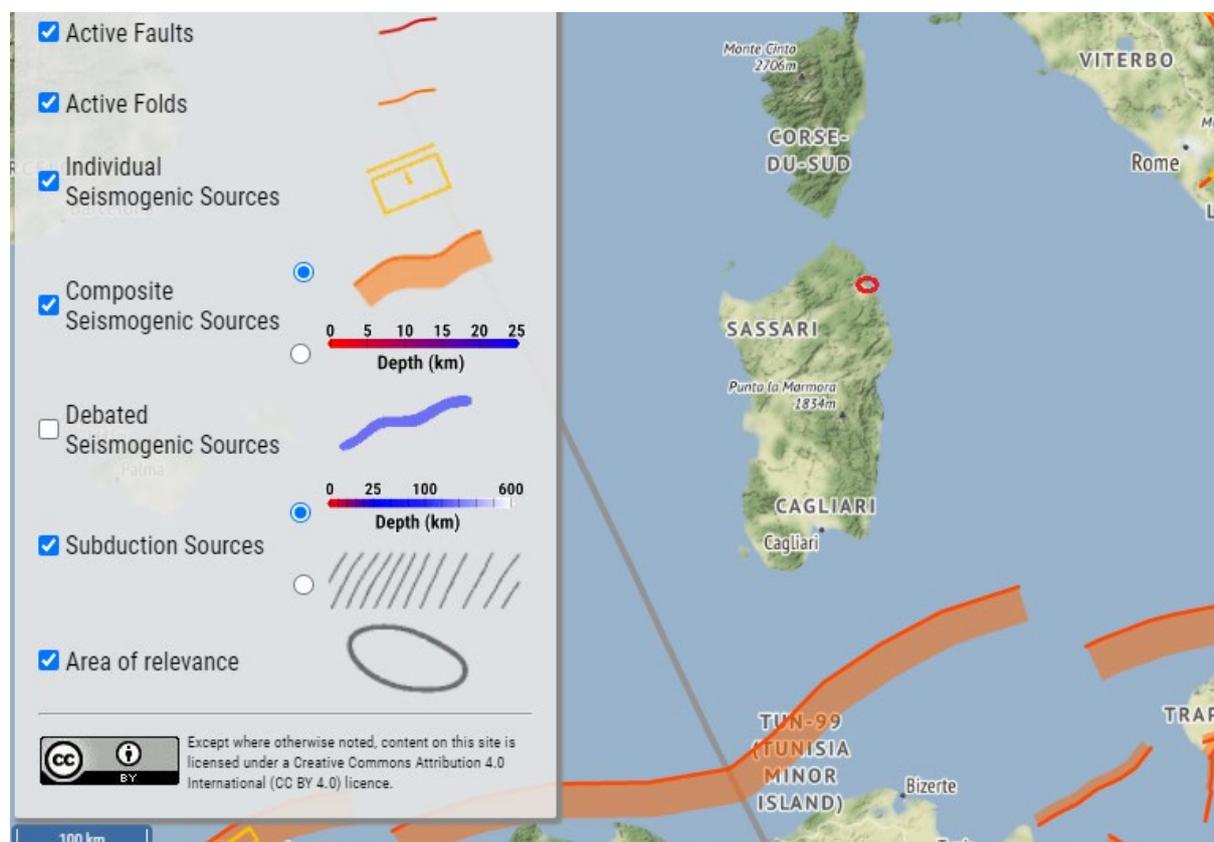


Figura 3-13: Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna (Ref. [13]) (area di progetto )

Riguardo l'aspetto tettonico, l'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (ITHACA Working Group, 2019), non riporta nelle vicinanze dell'area di studio la presenza di faglie capaci (Figura 3-14). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata.

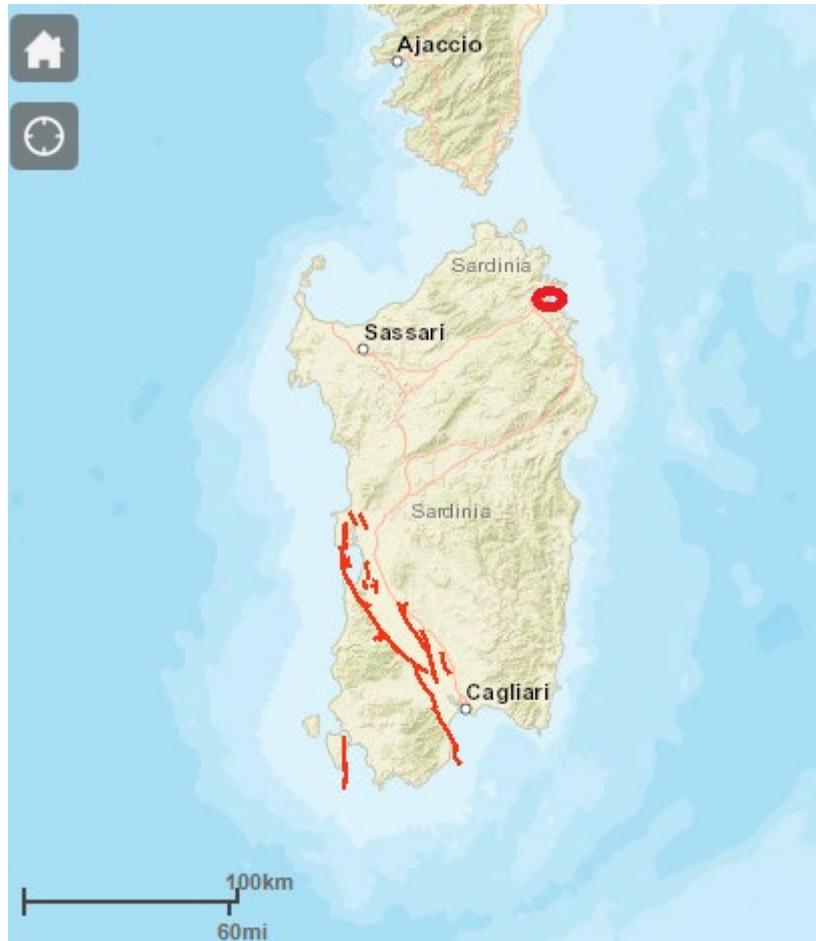


Figura 3-14: Mappa delle faglie 'Capaci' in Sardegna
(SGI - ISPRA, 2018) (area di progetto )

3.4.2 SISMICITA' STORICA

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'CPT115' ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE", Ref. [17]) (Figura 3-15) non evidenzia una sismicità significativa nell'immediato intorno del sito. Il terremoto più prossimo all'area di progetto è il terremoto del 26 Aprile 2000 di Magnitudo MW pari a 4.91 nel Mar Tirreno a circa 50 chilometri est del sito.

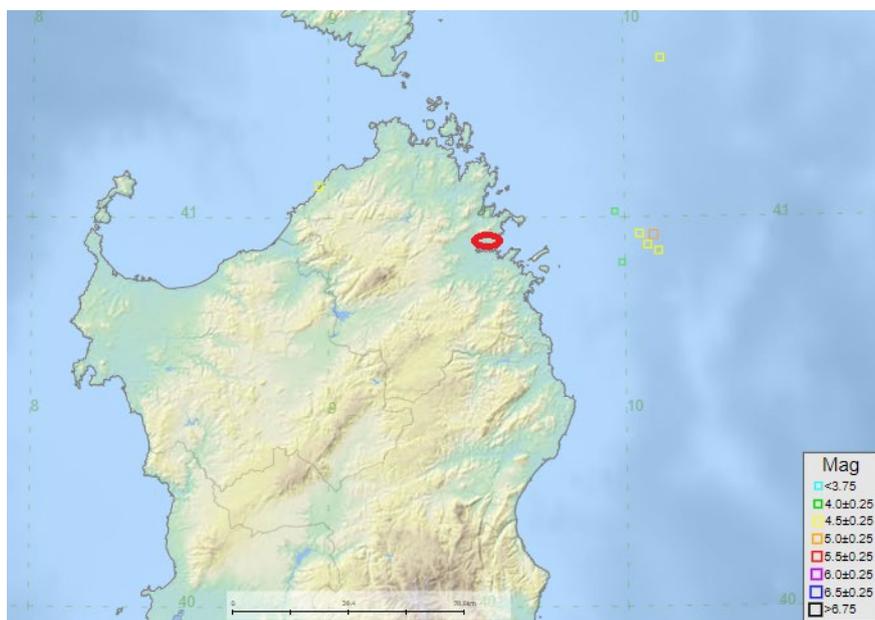


Figura 3-15: Magnitudo dei Terremoti nell'intorno dell'area di progetto estratti dal database CPT115 (Ref. [27]) (area di progetto )

La figura seguente (Figura 3-16) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio dall'area di approdo estratto dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPT115) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBM115/>). Il CPT115 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita (I_{max}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020. L'area riporta intensità risentite molto basse ($I=4$ ad Olbia).

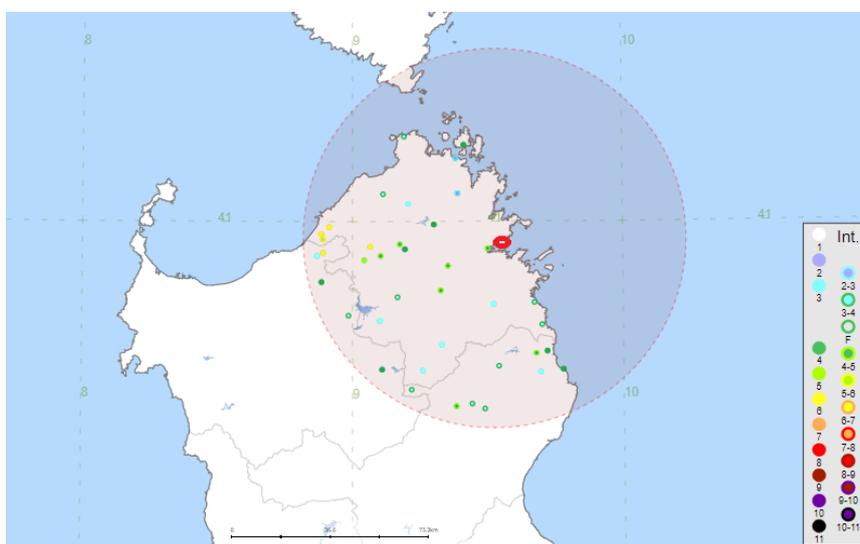


Figura 3-16: Intensità massime dei Terremoti Risentiti a nell'area vasta di progetto, estratte dal CPT115 (area di progetto )

3.4.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519/2006, è caratterizzata da pericolosità sismica molto bassa dove i terremoti possono verificarsi con valori di accelerazione (a_g) $< 0.025g$ espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800m/s$ (Figura 3-17). Tali valori di a_g permettono di classificare il Comune di Olbia in Zona Sismica 4 ($a_g \leq 0,05 g$): zona con pericolosità sismica molto bassa dove le possibilità di danni sismici sono basse.



Figura 3-17: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Ref. [27]) (area di progetto )

3.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI

Il seguente paragrafo riassume le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geomorfologiche locali, considerando il sopralluogo in sito effettuato in data 7 Aprile 2022 nell'area dell'approdo e lungo il percorso previsto a terra per i cavidotti fino alla stazione Terna di Olbia, tenendo conto delle informazioni di inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico descritte nei precedenti paragrafi.

L'approdo a mare dei cavidotti è previsto nella baia a nord della località di Nodu Piane (Figura 3-18) in corrispondenza di una spiaggia di massi e scogli granitici (Figura 3-19) per proseguire lungo un pendio costiero che risale con debole pendenza fino a Via Molara alla quota di circa 26m s.l.m. del promontorio della località denominata 'le Casette' (Figura 3-20). Il pendio, alla cui quote intermedie è prevista l'area della sottostazione (un locale tecnico presumibilmente prefabbricato di dimensioni circa 200 m²) è ricoperto da vegetazione cespugliosa con un substrato costituito da graniti. Questa zona di approdo non presenta criticità di carattere geologico o geomorfologico.



Figura 3-18: Baia della zona di approdo



Figura 3-19: Spiaggia di approdo dei cavidotti e massi granitici del substrato



Figura 3-20: Pendio primo tratto di tracciato interessato dalla sottostazione

Il tracciato dopo aver raggiunto la sommità del pendio in corrispondenza della strada asfaltata di Via Molare prosegue verso l'interno su questa strada di crinale del rilievo del promontorio de 'le Casette' per circa 300m, elevandosi da quota 26m a quota 30m s.l.m., per poi seguire una strada carrabile privata che discende l'opposto versante collegandosi con Via Spiaggia Sos Aranzos (Figura 3-21 e Figura 3-22).



Figura 3-21: Strada carrabile privata tra Via Molare e Via Spiaggia Sos Aranzos



Figura 3-22: Via Spiaggia Sos Aranzos

Da Via Spiaggia Sos Aranzos il tracciato del cavidotto risale il versante lungo la strada asfaltata fino alla strada panoramica S.P.82 passando dalle quote di 13m s.l.m. a 40m s.l.m., con una pendenza media di 2,7%. Anche in questo tratto non sono presenti criticità.

Nell'immediato intorno di questo tratto dall'approdo alla strada panoramica S.P.82 non sono evidenti affioramenti; tuttavia, in base alle informazioni bibliografiche disponibili (si veda par.3.1), il substrato sotto lo strato di terreno vegetale e un ridotto spessore di coltre eluviale dovrebbero essere costituiti prevalentemente da roccia a composizione granitica, salvo un breve tratto costituito da anfiboliti.

Riguardo il proseguimento del tracciato a terra lungo la strada panoramica S.P. 82 fino alla stazione Terna di Olbia, quantunque la cartografia dell'inventario del progetto Iffi in termini di pericolosità geomorfologica e da esondazioni (par. 3.2) riporti:

- ✓ l'attraversamento di un'area di pericolo esondazione, nel primo tratto di strada panoramica in corrispondenza del ponte sul rio Riu de Bados (Figura 3-23), e, successivamente,
- ✓ l'attraversamento di una perimetrazione di sola attenzione ai fenomeni di instabilità (Figura 3-24);

il sopralluogo non ha rilevato criticità lungo il percorso.

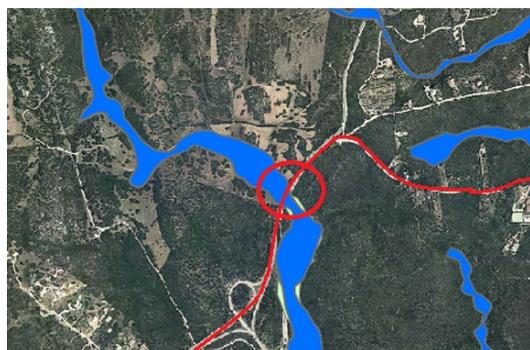


Figura 3-23: Attraversamento area pericolo di esondazione in corrispondenza del rio Riu de Bados



Figura 3-24: Attraversamento area di attenzione instabilità media

Dopo il superamento della valle del Riu de Cabu Abas, il tragitto mantiene un percorso sub-pianeggiante fino all'arrivo alla stazione Terna (Figura 3-25). Dalle informazioni bibliografiche disponibili (si veda par. 3.1), il substrato sotto lo strato di terreno vegetale e un ridotto spessore di coltre eluviale risulta costituito prevalentemente da roccia a composizione granitica, salvo un brevissimo tratto in corrispondenza dell'incrocio tra Via Fra Giacomo Veronese e Via Mosca dove è stato rilevato un affioramento di riolite a massa di fondo granulare (Figura 3-26).



Figura 3-25: Veduta tratto finale dalla valle del Riu de Cabu Abas alla stazione Terna di Olbia



Figura 3-26: Affioramento di roccia riolitica, in corrispondenza dell'incrocio tra Via Fra Giacomo Veronese e Via Mosca

Idrogeologicamente, lungo tutto il tragitto di progetto il substrato è formato da rocce metamorfiche intrusive (principalmente gneiss e graniti) caratterizzate da un grado di permeabilità basso ($10^{-7} > K > 10^{-9}$ m/s) con assenza di una falda acquifera sotterranea.

4 CONCLUSIONI

La definizione del contesto geologico nel quale si sviluppa l'area in studio ha permesso di dedurre che:

- ✓ Il sito offshore, alla scala di risoluzione dei dati disponibili, presenta alcune criticità legate a processi morfodinamici e di mass wasting atti ad interferire con le opere di cui in progetto;
- ✓ Gli elementi morfologici descritti per i due canyon (C.di Posada e C.di Molara) portano ad interpretare questi sistemi come attualmente attivi, in quanto probabilmente alimentati da materiale sedimentario trasportato da correnti lungo costa, frane in corrispondenza della zona di testata e da fenomeni di mass wasting lungo i fianchi. Non può essere quindi esclusa una variazione morfologica nel tempo anche delle zone di accumulo delle conoidi, situate nel bacino delle Baronie.
- ✓ Affioramenti di substrato possono essere presenti lungo il cavidotto sottomarino, a profondità comprese tra circa 75 e 95 m.
- ✓ Il cavidotto, inoltre, attraversa zone interessate da erosione diffusa e possibili nicchie di distacco in corrispondenza del ciglio della piattaforma.
- ✓ La caratterizzazione del substrato e dei sedimenti affioranti nell'area interessata dal parco eolico risulta generica ai fini della progettazione.
- ✓ Il sito a terra non presenta criticità

Ai fini del progetto, la conoscenza del sito dove verranno allocate le turbine del parco e lungo il cavidotto di collegamento con la sottostazione a terra dovrebbe essere implementata con indagini dirette e indirette di dettaglio.

Tali operazioni dovrebbero includere come minimo le seguenti indagini offshore:

- ✓ Multibeam Echosounder: per identificare con scala di dettaglio maggiore le caratteristiche morfobatimetriche del fondale marino e definire l'attività o meno dei processi morfosedimentari presenti;
- ✓ Sidescan Sonar: per individuare le caratteristiche dei fondali marini tra cui i sedimenti presenti sul fondale marino, la mappatura degli habitat, la presenza di detriti, relitti, residui dell'attività di pesca etc.;
- ✓ Sub-bottom Profiler: per identificare e caratterizzare la stratigrafia superficiale dei sedimenti e l'eventuale presenza di altri elementi di pericolosità quali ad esempio risalite di gas;
- ✓ Campagna di indagini in sito con prelievo di campioni del fondale e analisi di laboratorio, per redigere un quadro completo del sito in esame con conseguente definizione delle caratteristiche geotecniche dell'area necessarie in fase di progettazione esecutiva.

Sulla base del sopralluogo in sito effettuato in data 7 Aprile 2022 nell'area dell'approdo e lungo il percorso previsto a terra per i cavidotti fino alla stazione Terna di Olbia, tenendo conto delle informazioni di inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico, non si rilevano criticità per l'esecuzione del progetto. Si segnalano solamente le seguenti due indicazioni con riferimento alla cartografia dell'inventario del progetto Iffi in termini di pericolosità geomorfologica e da esondazioni e alla cartografia relativi alla pericolosità da frana e rischio alluvioni del Piano di Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale:

- ✓ l'attraversamento di un'area di pericolo esondazione, nel primo tratto di strada panoramica in corrispondenza del ponte sul rio Riu de Bados; e
- ✓ l'attraversamento della strada panoramica S.P. 82 di una perimetrazione di sola attenzione ai fenomeni di instabilità, rappresentata da un pendio di taglio stradale protetto lato nord della strada.

MCC/RP/FRZ/AGNMU:cla02

REFERENZE

- [1] Marani M. P. & F. Gamberi, 2004, "Structural Framework of the Tyrrhenian Sea Unveiled by Seafloor Morphology", *Memorie Descrittive Carta Geologica d'Italia*, Vol. XLIV, pp. 97-108.
- [2] Bosellini, A., 2005, "Storia geologica d'Italia : gli ultimi 200 milioni di anni", Zanichelli. Pp. 183.
- [3] Kastens K. A., & J. Mascle, , 1990, "The Geological Evolution of the Tyrrhenian Sea: an Introduction to the Scientific Results of ODP Leg 107", In Kastens, K. A., Mascle, J., et al. *Proc. ODP, Sci. Results*, 107: College Station, TX (Ocean Drilling Program), pp. 3-26.
- [4] Malinverno A. & W. B. F. Ryan, 1986, "Extension in the Tyrrhenian Sea and Shortening in the Apennines as Result of Arc Migration Driven by Sinking of the Lithosphere", *Tectonics*, Vol. 5, n°2, pp. 27-245.
- [5] Locardi E., & R. Nicholich, 1992, "Geodinamica del Tirreno e dell'Appennino Centromeridionale: la Nuova Carta della Moho", *Memorie della Società Geologica Italiana*, Vol. 41, pp.121-140.
- [6] Wang C-Y., W-T. Hwang, and Y. Shi, 1989, "Thermal Evolution of a Rift Basin: the Tyrrhenian Sea", *Journal Geophysical Research*, Vol. 94, 3, pp. 991-4,006.
- [7] Ryan W.B.F, K. J. Hsu, et al., 1973, "Init. Repts. DSDP", 13, Pt. 2: Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- [8] Hsu K. J., L. Montandert et al., 1978, "Init. Rep. DSDP", Vol. 42(1), pp. 1037-1050.
- [9] Kastens, K. A., & J. Mascle, 1990, "The Geological Evolution of the Tyrrhenian Sea: an Introduction to the Scientific Results of ODP Leg 107", In Kastens, K. A., Mascle, J., et al. *Proc. ODP, Sci. Results*, 107: College Station, TX (Ocean Drilling Program), pp. 3-26.
- [10] Sartori R., 1990, "The Main Results of ODP Leg 107 in the Frame of Neogene to Recent Geology of Peri-Tyrrhenian Areas", In: K.A.M. Kastens, J. (Editor), *Proc. ODP, Sci. Results*, 107 College Station, TX, pp. 715-730.
- [11] Spadini, G., G. Bertotti, S. Cloetingh, 1995, "Tectonostratigraphic Modelling of the Sardinian Margin of the Tyrrhenian Sea", *Tectonophysics*, Vol. 52, pp. 269-284.
- [12] Mascle J. & J.P. Rehault, 1990, "A revised seismic stratigraphy of the Tyrrhenian Sea; implications for the basin evolution", *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, pp. 617-636.
- [13] DISS Working Group, 2018, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas", <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.
- [14] Arvidsson, R. e G. Grunthal, 2010, "Compilation of Existing Regional and National Seismic Sources", SHARE Project Deliverable D3.1, 19pp.
- [15] Meletti, C., F. Galadini, G. Valensise, M. Stucchi, R. Basili, S. Barba, G. Vannucci e E. Boschi, 2008, "A Seismic Source Zone Model for the Seismic Hazard Assessment of the Italian Territory", *Tectonophysics*, Vol. 450, pp. 85-108.
- [16] Santulin, M., A. Tamaro, A. Rebez, D. Slejko, F. Sani, L. Martelli, M. Bonini, G. Corti, M.E. Poli, A. Zanferrari, A. Marchesini, M. Buseti, M. Dal Cin, D. Spallrossa, S. Barani, D. Scafidi, G. Barreca e C. Monaco, 2017, "Seismogenic Zonation as a Branch of the Logic Tree for the New Italian Seismic Hazard Map-MPS16: A Preliminary Outline", *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, Vol. 58, pp. 313-342.
- [17] Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lollì e P. Gasperini, 2016, "The 2015 Version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes (CPTI15)", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

- [18] Dipartimento della Protezione Civile, 2021, “Classificazione Sismica al 30 Aprile 2021”, <https://rischi.protezionecivile.gov.it/static/e7312a649afd22a33cab15408e16ccbd/mappa-classificazione-sismica-aprile-2021-provincia.pdf>
- [19] EMTC, 2014, Italian Tsunami Effects Database / Euro Mediterranean Tsunami Catalogue v2, https://tsunamiarchive.ingv.it/emtc.2.0/index_it.php
- [20] Basili, R., B. Brizuela, A. Herrero et al., 2021, “The Making of the NEAM Tsunami Hazard Model 2018 (NEAMTHM18)”, *Frontiers in Earth Science*, Vol. 8, Doi:10.3389/feart.2020.616594.
- [21] Würtz, M., Rovere, M., 2015, “Atlas of the Mediterranean Seamounts and Seamount-like Structures”, Gland, Switzerland and Málaga, Spain: IUCN. 276 pages.
- [22] Dipartimento Protezione Civile, 2020, “Note Illustrative del Foglio F55 “Tavolara” e del Foglio F56“Orosei””, Portale: <https://github.com/pcm-dpc/MaGIC>.
- [23] ISPRA-SGI, 1965, Carta Geologica d’Italia Foglio 182 “Olbia” Sc. 1:100:000;
- [24] L. Carmignani, G. Oggiano, A. Funedda, P. Conti & S. Pasci, 2016, “The geological map of Sardinia (Italy) at 1:250,000 scale”, *Journal of Maps*, 12:5, 826-835, DOI: 10.1080/17445647.2015.1084544
- [25] Autorità di Bacino (AdB), 2018, Regionale della Sardegna. Piano stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico (PAI) approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006, e s.m.i.
- [26] Regione Autonoma della Sardegna (RAS), 2006, Piano di Tutela delle Acque (PTA). Piano Stralcio di Settore del Piano di Piano di Bacino. Linee Generali – Relazione di Sintesi e Cartografia correlate; <https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=510&s=149030&v=2&c=8376&t=1&tb=8374&st=13>
- [27] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2008, ‘Mappe interattive di Pericolosità Sismica’ (Progetto DPC-INGV-S1)



RINA Consulting S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.