

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

**Realizzazione di un Parco Agrivoltaico
di potenza nominale pari a 30 MWp
denominato "SINDIA 2" sito nel
Comune di Macomer (NU)**

Località "Pittigunnis" e "SA Urtiga"

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 4 s.r.l.

Rev00		Data ultima elaborazione: 21/04/2022	
Redatto	Formattato	Verificato	Approvato
Dott. Geol. Nicola Pili		Dott. Agr. P. Vasta	ENERLAND ITALIA
Codice Elaborato		Oggetto	
SINDIA2-IAR10		STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	

TEAM ENERLAND:

Dott. Agr. Patrick VASTA
Ing. Annamaria PALMISANO
Dott.ssa Nausica RUSSO
Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI

Ing. Emanuele CANTERINO
Dott. Claudio BERTOLLO
Dott. Guglielmo Quadrio

GRUPPO DI LAVORO:

Geol. Nicola PILI
Ing. Marta ZICCHEDDU
Dott. Rosario PIGNATELLO
Ing. Gianluca VICINO
Dott.ssa Agnese Elena Maria CARDACI
Ing. Graziella TORRISI

Dott. Agr. Gaetano GIANINO
Ing. Fabio Massimo CALDERARO
Ing. Vincenzo BUTTAFUOCO



**Comune di Macomer
Provincia di Nuoro**

REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE PARI A
30 MWP DENOMINATO "SINDIA 2" SITO NEL COMUNE DI MACOMER (NU)

SINDIA2-IAR10
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

INDICE

PREMESSA	2
1. GENERALITÀ	3
1.1. <i>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</i>	3
1.2. <i>RIFERIMENTI NORMATIVI</i>	6
2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	7
2.1.1. <i>RICERCA BIBLIOGRAFICA</i>	7
2.1.2. <i>RILEVAMENTO GEOLOGICO DI CAMPAGNA</i>	8
3. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	9
3.1. <i>CARATTERI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA</i>	9
3.2. <i>CARATTERI STRATIGRAFICI</i>	12
3.3. <i>CARATTERI GEOMORFOLOGICI</i>	14
3.4. <i>CARATTERI IDROLOGICI</i>	30
3.5. <i>CARATTERI IDROGEOLOGICI</i>	32
4. MACROZONAZIONE SISMICA	33
CONCLUSIONI	36



PREMESSA

La presente RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA si redige su incarico della ditta ENERLAND ITALIA SRL ad opera dello scrivente dott. NICOLA PILI iscritto all'albo dei Geologi della Sardegna con il N° 761, in riferimento allo Studio di Impatto Ambientale del progetto di "REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE PARI A 30 MWP DENOMINATO "SINDIA 2" SITO NEL COMUNE DI MACOMER (NU)".

L'elaborato redatto ai sensi delle NTC 2008 e delle NTC 2018 definisce il MODELLO GEOLOGICO del terreno, da recepire come schema delle condizioni litologiche, stratigrafiche, strutturali, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche generali e del sito, finalizzato all'analisi quantitativa delle pericolosità geologiche nella valutazione di impatto ambientale.

1. GENERALITÀ

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

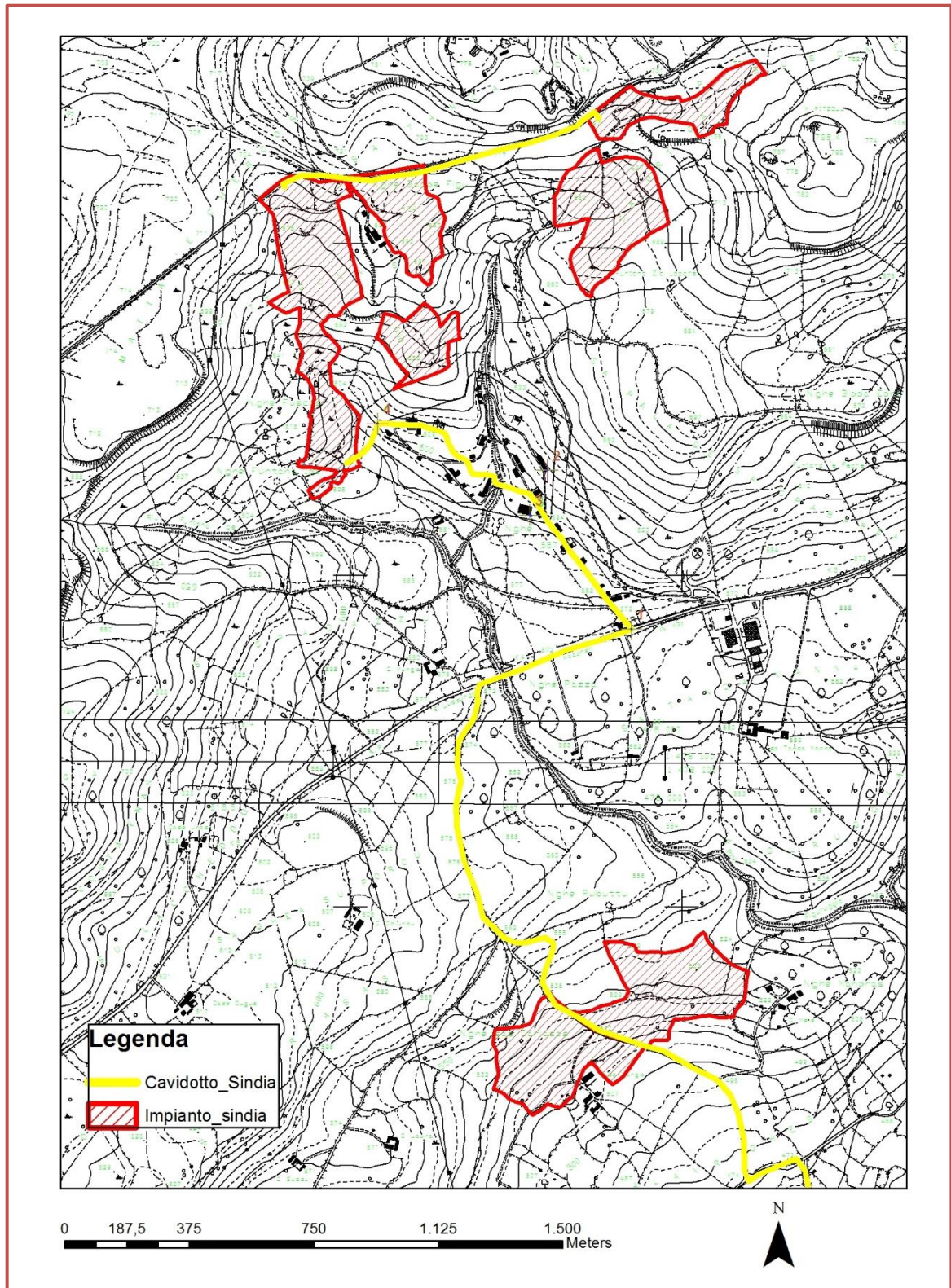


FIGURA 1- Stralcio Carta Tecnica Regionale– n° 498130 “MONTE SANT’ANTONIO” e n° 498090 “CRASTU LADU”

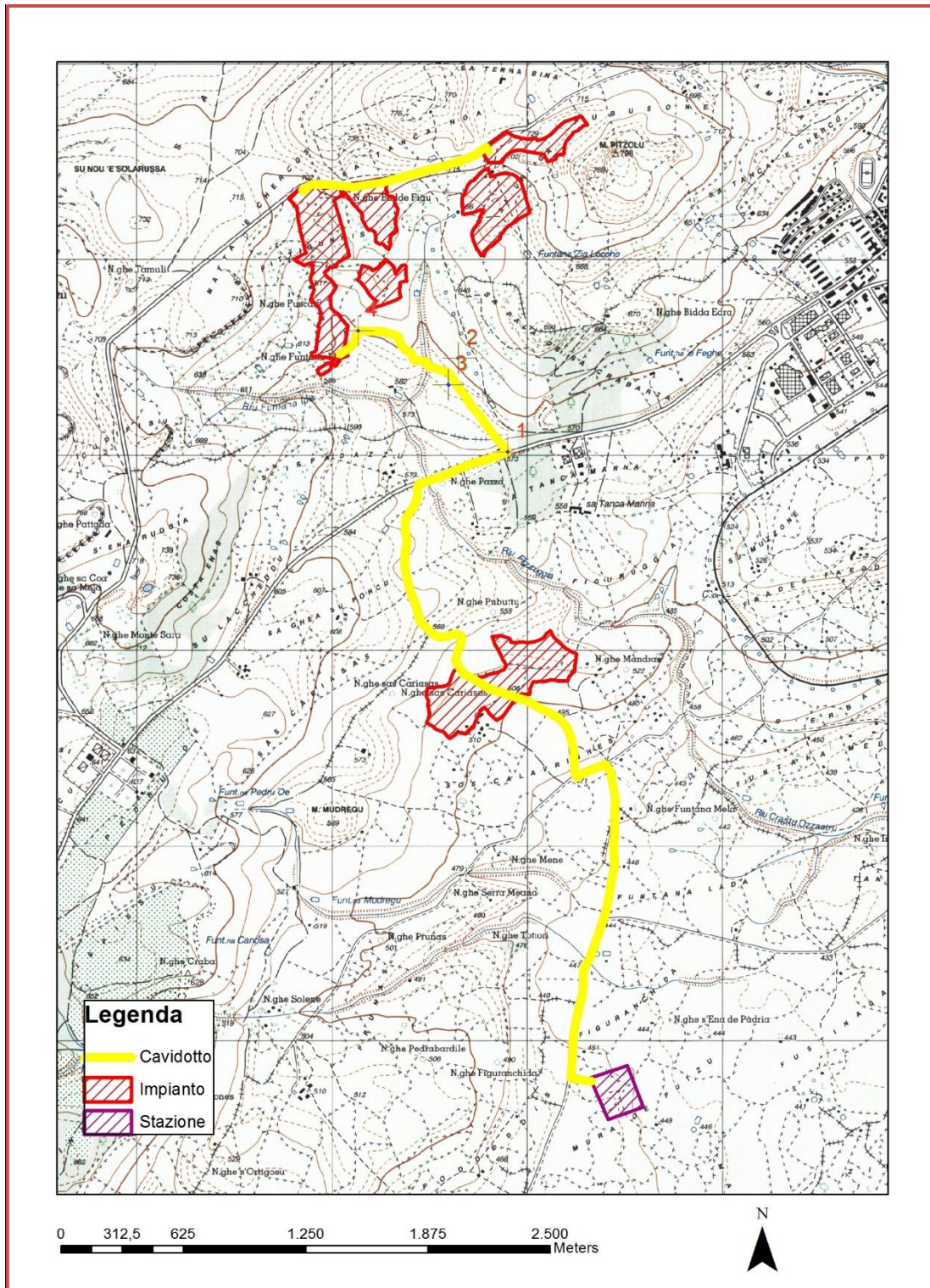


FIGURA 2- Stralcio Carta IGM scala 1:25000 foglio 498 tavoletta III "MACOMER"

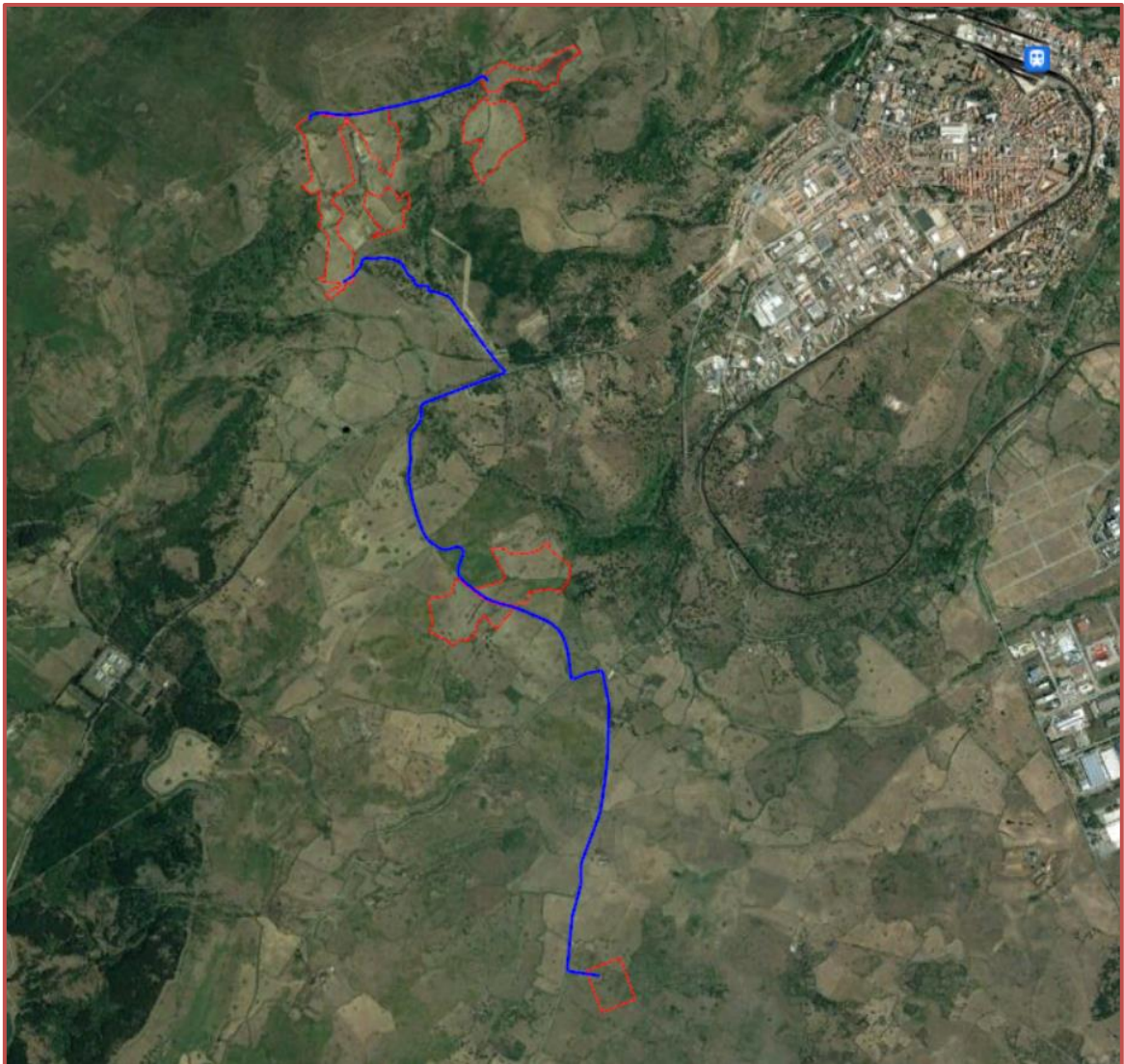


FIGURA 3- Stralcio fotografia aerea dell'area di progetto

L'areale di progetto geograficamente ricade all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

- ❖ Foglio IGM scala 1:50000 = 498 "MACOMER",
- ❖ Tavoleta IGM 1:25000 = FOGLIO 498 SEZIONE III "MACOMER",
- ❖ Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 = n° 498130 "MONTE SANT'ANTONIO" e n° 498090 "CRASTU LADU".

1.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'elaborato è redatto ai sensi del DM 17-01-2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Le NTC 18 definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo di tutti i tipi di costruzione rispetto alle prestazioni richieste in termini di sicurezza, regolare utilizzo e durabilità. Il progetto delle opere e dei sistemi geotecnici deve articolarsi secondo diverse fasi, partendo da una CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO contenuti nella relazione geologica, così come riportato al capitolo 6.2.1 NTC 18.

2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geologica è stata compiuta nel mese di marzo 2022. La definizione della stessa ha tenuto conto della conoscenza pregressa dei terreni presenti nell'intorno e della tipologia di opere da realizzarsi. Sono state effettuate le seguenti indagini:

- ❖ **Ricerca bibliografica**
- ❖ **Rilevamento geologico di campagna**

2.1.1. RICERCA BIBLIOGRAFICA

La conoscenza geologica – geomorfologica e la realizzazione di una cartografia tematica rappresentativa, costituiscono la base di lavoro del presente studio al fine di definire il modello geologico del sito.

La **carta geolitologica** è stata realizzata in scala 1:15.000 portando a termine una ricerca bibliografica delle carte geologiche esistenti che interessano il territorio in esame, in particolare:

- ❖ la carta litologica 1:25.000 costruita a partire dalla Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000 e aggiornamenti successivi derivati dal CARG (CARTografia Geologica - Progetto di realizzazione della cartografia geologica nazionale);
- ❖ Carta geolitologica del comune di Macomer, scala 1:10.000.

La **carta geomorfologica** è stata realizzata in scala 1:15.000 prendendo spunto dai seguenti documenti:

- ❖ Carta geomorfologica della Sardegna in scala 1:500.000 (A. Ulzega, 1988);
- ❖ Calibrating fluvial erosion laws and quantifying river response to faulting in Sardinia, Italy (J. Quye-Sawyer *, A.C. Whittaker, G.G. Roberts, 2020);
- ❖ Structural features of the Middle Tirso Valley (Adriani, 2001).

La **carta idrologica** è stata realizzata in scala 1:25.000 prendendo spunto dai seguenti documenti:

- ❖ strato informativo **04_ELEMENTO_IDRICO.shp** del DBGT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000) della regione Sardegna.

La **carta di inquadramento del PAI e del PSFF** è stata realizzata in scala 1:20.000 prendendo spunto dai seguenti documenti:

- ❖ Delimitazione delle aree di pericolosità idraulica del PAI estratte da Sardegna geoportale (revisione 41 del 2018);
- ❖ Delimitazione delle aree di pericolosità idraulica del PAI estratte da Sardegna geoportale (revisione 42 del 2018);
- ❖ Studio di Compatibilità idraulica e geologica-geotecnica relativo alla proposta di variante del Piano di Assetto Idrogeologico del territorio comunale di Macomer (art. 4, 8 Commi 2 e dell'Art. 26 delle NTA del PAI), approvato in via definitiva con deliberazione di Consiglio Comunale n°76 del 16-11-2016).

2.1.2. RILEVAMENTO GEOLOGICO DI CAMPAGNA

La campagna d'indagine ha permesso di definire con maggior dettaglio i limiti tra i litotipi e di osservare sul posto gli affioramenti descritti in bibliografia.

3. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

3.1. CARATTERI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA

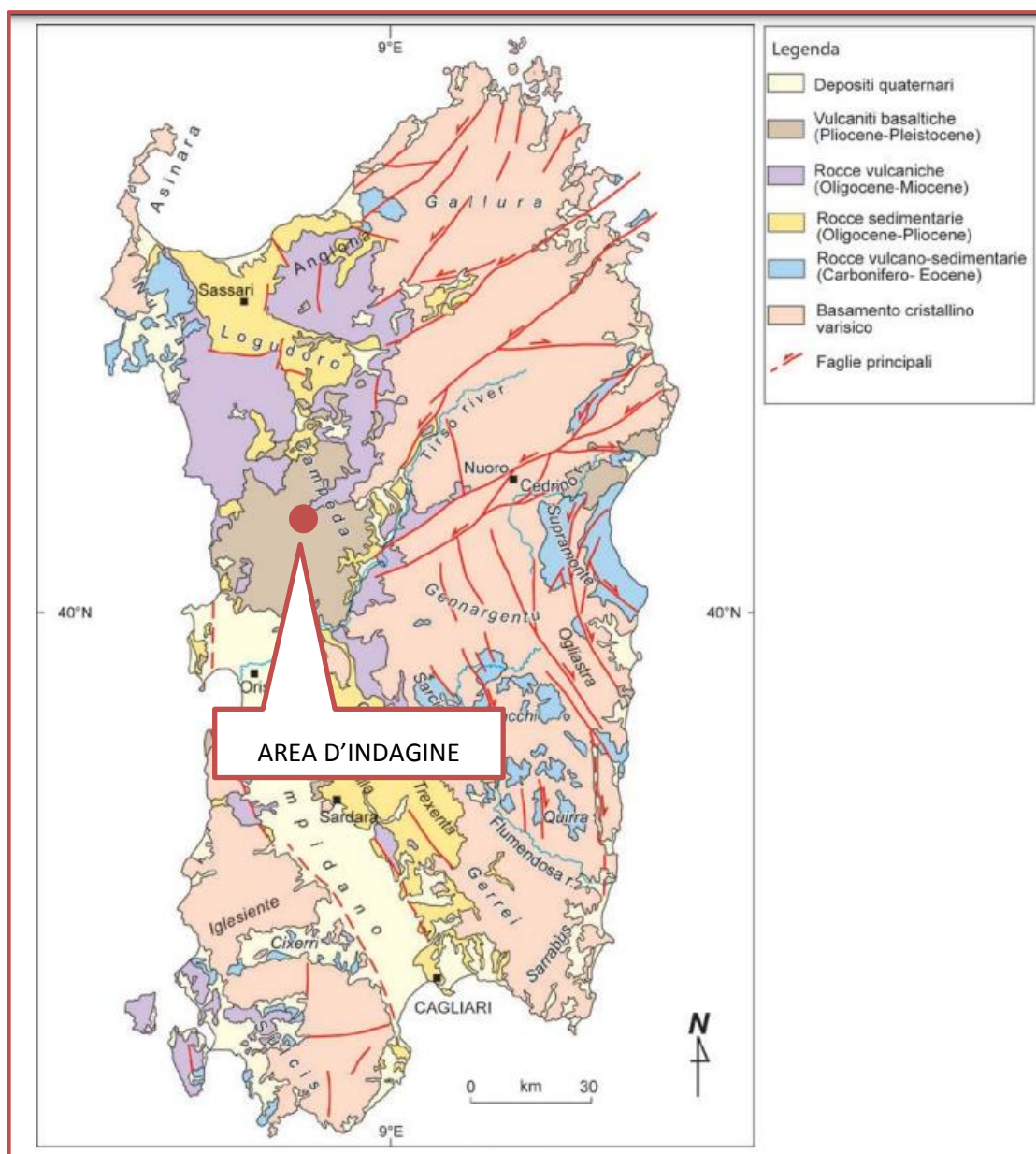


FIGURA 4- Schema geologico semplificato della Sardegna

Il settore di studio si caratterizza da un punto di vista geologico come un'areale di ricoprimento post-ercinico, che interessa un periodo relativamente recente che va dall'epoca oligo-miocenica sino all'Olocene (circa 25 milioni di anni).

L'evoluzione geodinamica parte dall'oligocene-aquitano, quando inizia in Sardegna un periodo di grande instabilità da riferire alla collisione continentale terziaria tra la placca apula ed il margine sud-europeo che generò in tutta l'isola una diffusa tettonica compressiva e trascorrente cui seguì un generale ringiovanimento dei rilievi e una diffusa continentalità (CARMIGNANI et alii, 1992b; 1994a; PASCI, 1997).

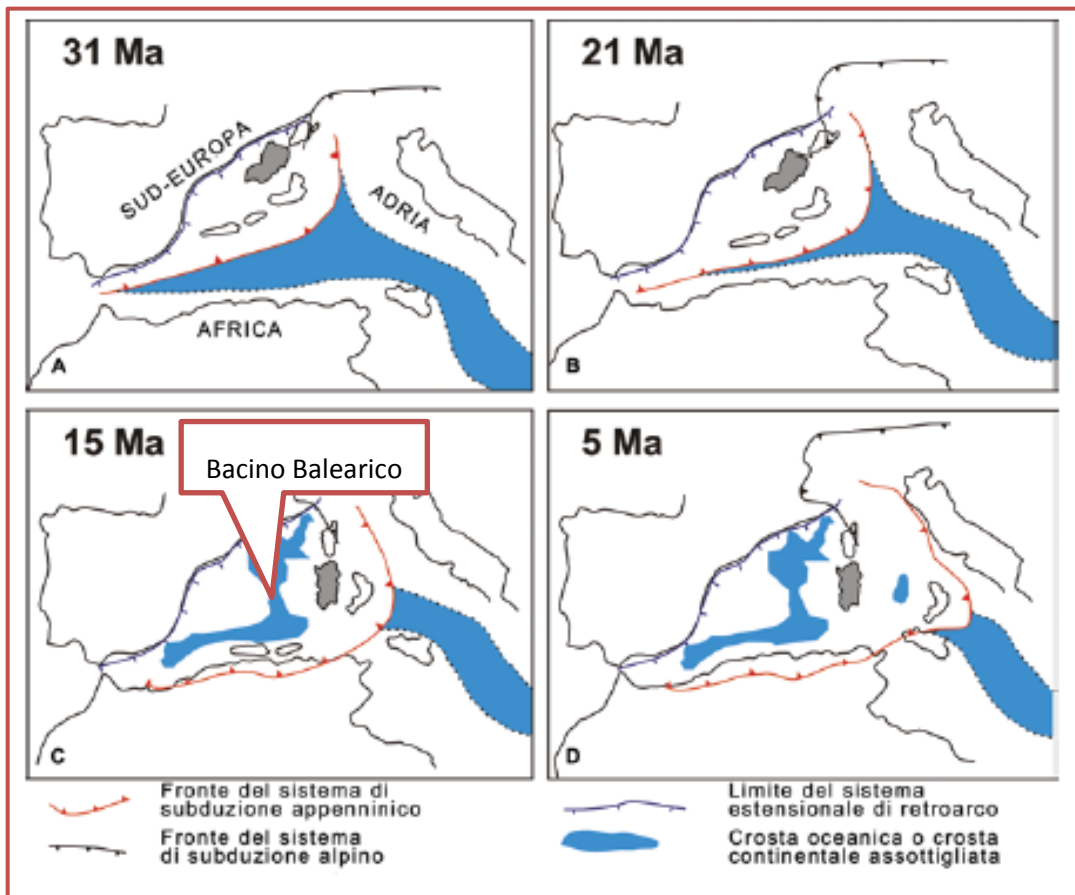


FIGURA 5- Evoluzione geodinamica della Sardegna a partire dall'Oligo-Miocene

Nell'oligocene, infatti, termina la comunione del massiccio Sardo-Corso con l'Europa, ed inizia il movimento di deriva assieme a buona parte del fondale del Tirreno. Durante questa deriva, associata ad una rotazione antioraria di 30°-35° (DE JONG et alii, 1969; BOBIER & COULON et alii, 1970; ALVAREZ, 1972; 1973; COULON et alii, 1974; MANZONI, 1974; 1975; BELLON et alii, 1977; EDEL & LORTSHER, 1977; EDEL, 1979; MONTIGNY et alii, 1981, CHERCHI & MONTADERT, 1982; BURRUS, 1984; REHAULT et alii, 1984; VIGLIOTTI & LANGENHEIM, 1995), ha inizio il sistema di rift all'origine della **fossa Sarda**, che oggi è rappresentata dalla depressione allungata che si estende dal golfo di Cagliari a quello dell'Asinara. Al suo interno s'innesca un intenso vulcanismo andesitico e riodacitico che perdura dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore (BECCALUVA et alii, 1987), intercalato a depositi di flusso piroclastico che hanno contribuito a colmare il rift.

Tali sequenze affiorano nel settore settentrionale dell'area di progetto e sono rappresentate dalle ignimbriti dell'**UNITÀ DI MACOMER (Burdigaliano)**: si tratta di depositi di flusso piroclastico, saldati con strutture da vitroclastiche a eutaxitiche.

Conseguenza della formazione della depressione fu l'ingressione del mare che contribuì anch'essa a colmare la fossa con i suoi sedimenti (**secondo e terzo ciclo sedimentario oligo-miocenico**).

Durante il Pliocene medio, all'interno di una nuova fase tettonica distensiva, si ebbe la formazione del graben campidanese, con direzione Nord/Ovest – Sud/Est e conseguente parziale riattivazione delle faglie oligo-mioceniche lungo il borgo orientale.

Nel Plio-Pleistocene l'apertura del Tirreno meridionale favorì un'intensa attività vulcanica di magmi basaltici ad affinità alcalina e tholeitica che portò alla formazione del plateau di Abbasanta-Paulilatino-Campeda (3,7-3,5 Ma), suddiviso in 2 blocchi: uno a sud, attestato a 350 m s.l.m., uno a nord, attestato a 650 m s.l.m..

Questi blocchi hanno ricoperto le formazioni vulcaniche più antiche, riconducibili agli episodi vulcanici differenziati di natura prevalentemente acida avvenuti nell'Oligo-Miocene, di cui è costituita la vicina catena del Marghine; le effusioni plio-pleistoceniche intersecano infatti il sistema di faglie Tavolara-Marghine, suggerendo che il vulcanismo plio-pleistocenico abbia sfruttato questa pregressa deformazione crostale (ES. BECCALUVA ET AL., 1977; ANDRIANI ET AL., 2001; FACCENNA ET AL., 2002; LUSTRINO ET AL., 2004).

I caratteri giacitureali dell'**UNITÀ DEI BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA** riflettono un'attività essenzialmente fessurale, legata a direttrici tettoniche con orientazione submeridiana o anche importanti fratture con direzione NE-SW, lungo le quali si allineano, nell'area in esame, plateaux basaltici di discreta estensione.

L'emissione delle lave è di tipo lineare e ha dato origine a superfici tabulari o leggermente ondulate localmente costituite dalle seguenti sub-unità:

- ❖ **Sub-Unità di Dualchi (BPL2)** - Andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx. PLIOCENE – PLEISTOCENE.
- ❖ **Sub-unità di Funtana Perdu Oe (BPL3)** - Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. PLIOCENE SUPERIORE.

- ❖ **Sub-unità di Sindia (BPL4)** - Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, e rari xenocristalli quarzosi; in colate. Trachibasalti debolmente alcalini, olocristallini. PLIOCENE – PLEISTOCENE.

I processi erosivi di modellamento dei versanti pliocenici hanno dato origine alle coltri di ricoprimento quaternarie, localmente rappresentate da dei **detriti di versante** ubicati alla base delle colate laviche e da una **coltre eluvio-colluviale** su cui si è impostato il **suolo**.

3.2. CARATTERI STRATIGRAFICI

La campagna d'indagine, ha messo alla luce la seguente successione litostratigrafica:

- ❖ **LIVELLO A – Coltri eluvio-colluviale**

Depositi detritici costituiti da blocchi di ignimbrite e di basalto immersi in una matrice limoso argillosa, accumulatisi lungo il fondovalle del Riu Figuruggia.

- ❖ **LIVELLO B – Basalti del Plateau**

I basalti affiorano lungo tutta la superficie strutturale del plateau, nella porzione centrale e meridionale delle aree di progetto.

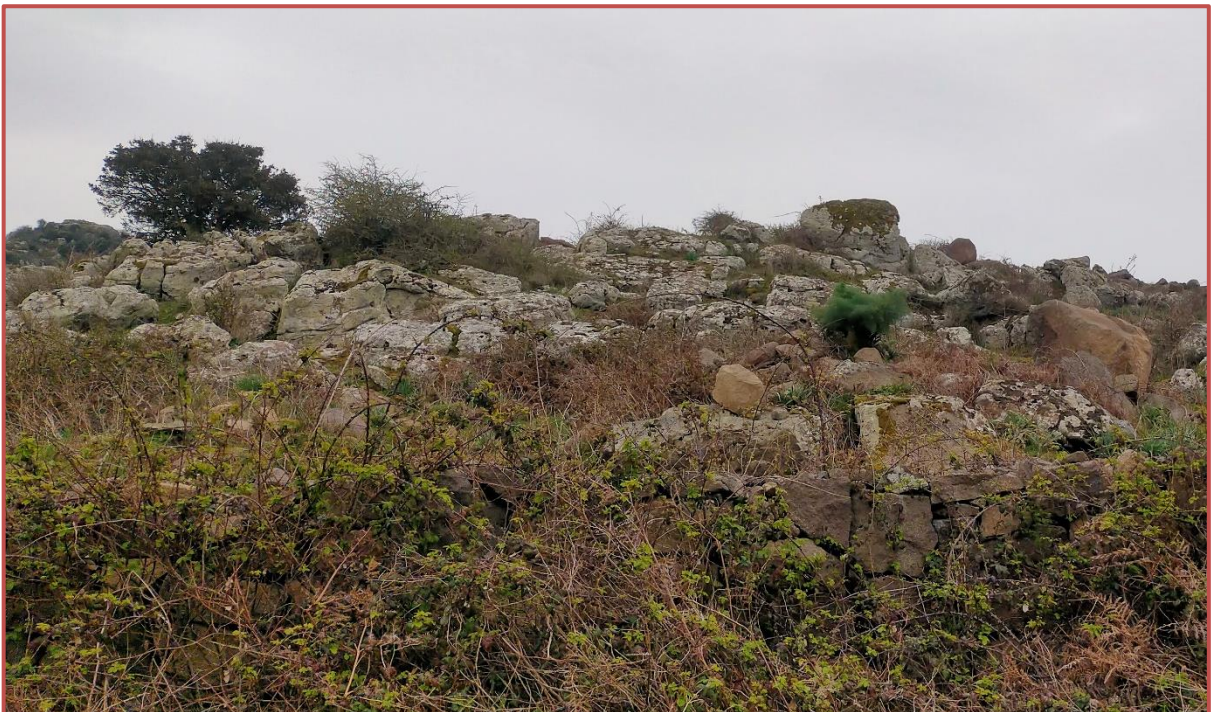


FIGURA 6 – Affioramento di basalto rilevato in sito

La roccia lapidea si presenta, al taglio fresco, di colore grigio nerastro, dura e compatta. Appare sostanzialmente afanitica, fatta eccezione la presenza di microcristalli olivinici di 4-5mm e rari microcristalli plagioclasici; è caratterizzata da una certa fluidità con struttura minutamente porfirica. Il raffreddamento è avvenuto dopo la messa in posto e ha generalmente prodotto una fessurazione verticale sub ortogonale, isolando grossi blocchi a forma di colonne più o meno regolari. La fratturazione è ben visibile ai bordi dell'espandimento, oppure lungo le principali incisioni vallive. Il passaggio tra le colate successive, spesso, è segnato da livelli argillosi anche molto arrossati, interpretabili o come paleosuoli o più spesso come porzioni scoriacee dei bordi delle colate.

❖ LIVELLO C – Depositi piroclastici

Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, saldati, a composizione dacitica, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche, intercalati da livelli discontinui piroclastici pomiceo-cineritici con relative epiclastiti, di flusso, caduta e di onda basale. Affiorano nel settore settentrionale dell'area d'indagine.



FIGURA 7 – Blocchi Ignimbritici dell'Unità di Macomer

3.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area si trova nel mezzo del Plateau basaltico dell'altopiano Planargia-Campeda, caratterizzato da una tipica **piattaforma strutturale** continua leggermente ondulata, generata dalla sovrapposizione delle colate basaltiche, talora resa evidente dalla presenza di gradini morfologici nelle aree incise dai corsi d'acqua, che hanno fissato le forme planari preesistenti preservandone l'erosione.



FIGURA 8 – Piattaforma strutturale: si osserva la roccia in affioramento lungo la superficie planare

L'espandimento si presenta quindi come un debole pianoro degradante verso la valle del Tirso a est, tagliato in direzione ovest-est da corsi d'acqua che nelle rotture di pendio delineano delle incisioni e delle forre.

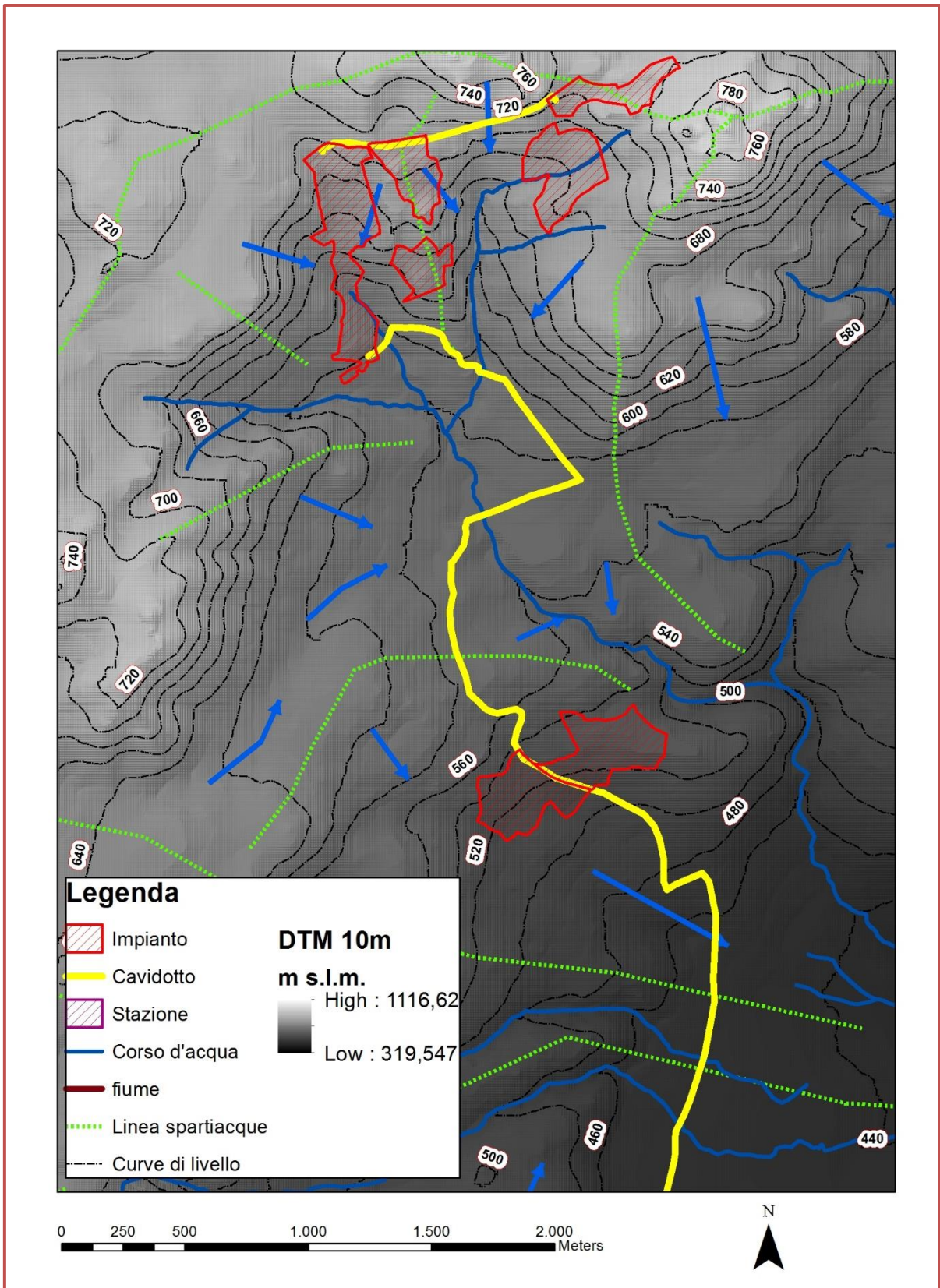


FIGURA 9 – Modello digitale del terreno con rappresentate le direzioni di flusso del ruscellamento superficiale

In tutta la Sardegna è noto che l'inversione di rilievo ha giocato un ruolo chiave nel modellare la topografia delle regioni vulcaniche (es. Funedda et al., 2000; Duncan et al., 2011; Deiana et al., 2015). Nell'area si identificano dei pattern di drenaggio di tipo sub-dendritico (Figura 10) che sono simili alle morfologie viste in altri distretti vulcanici dove la lava al momento dell'eruzione scorreva attraverso le valli (OLLIER, 1982; VELDKAMP ET AL., 2012).

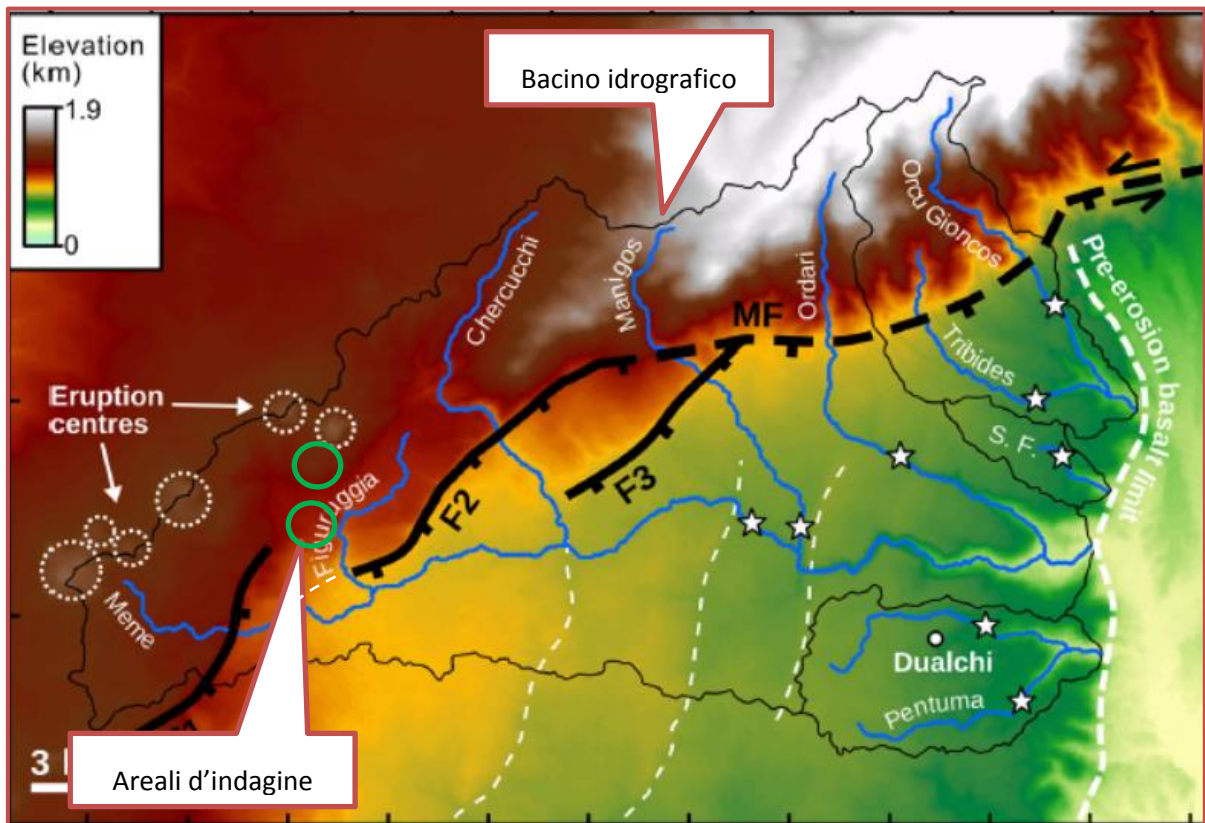


FIGURA 10 – Interpretazione geologica e geomorfologica dell'area di studio (estratto da *Calibrating fluvial erosion laws and quantifying river response to faulting in Sardinia, Italy* - J. Quye-Sawyer *, A.C. Whittaker, G.G. Roberts. Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London, SW7 2AZ, UK). **Linee sottili bianche tratteggiate** = confini dedotti dei singoli flussi di lava. **Linea spessa bianca tratteggiata** = Interpretazione del limite del plateau antecedente all'incisione fluviale. **F1-3**=Faglie normali. **MF**=Faglia del Marghine. **Le linee blu** rappresentano i corsi d'acqua. **Le stelle** indicano l'estensione a monte dell'incisione fluviale dal confine affiorante delle pinne basaltiche.

Sulla base di queste osservazioni, si può dedurre che il gradino morfologico al margine dell'altopiano basaltico è il risultato di un'inversione di rilievo tra strati di bacino più facilmente erodibili e le più resistenti litologie basaltiche.

Quanto sopra è ben rappresentato in figura 10 in cui si nota come la rete di drenaggio del plateau convogli a est verso la valle del Tirso, definendo, nella rottura di pendio, il limite dell'effusione basaltica precedente alla fase erosiva d'inversione.

Nella stessa figura sono state rappresentate delle faglie dirette, verosimilmente connesse con il sistema di faglie Tavolara-Marghine; sono stati inoltre rappresentati dei possibili centri eruttivi,

comprendenti la zona di Monte Sant'Antonio (m 808), Punta Rugia (762), N. ghe Ascusa (774), Sa Tanca Noa (770), sa Verca Bianca (743) e il Monte Pitzolu (798), che possono essere considerati come centri di emissione (nek) che sono emersi dalle vulcaniti acide oligo-mioceniche, presentando delle forme tipicamente a duomo.



FIGURA 11 – immagine del monte Pitzolu ripreso dalla strada SC Monte

La loro posizione geografica implicherebbe che i flussi di lava siano stati più spessi verso occidente, spiegando in questo modo l'aumento di spessore del plateau basaltico in questa regione.

I centri eruttivi risultano essere intercettati dalla linea spartiacque principale, il che suggerisce che la geometria della rete di drenaggio si sia sviluppata in risposta alla variazione topografica causata dalle effusioni magmatiche.

Le linee tratteggiate bianche sottili indicano continue interruzioni di pendenza all'interno del basalto: presentano lo stesso orientamento delle faglie normali e sono approssimativamente parallele al confine estrapolato dell'affioramento pre-erosivo (Linea tratteggiata bianca spessa); da tutto ciò ne consegue che le suddette rotture di pendio, rappresentano i bordi della sovrapposizione di diverse colate laviche; ciò si può meglio osservare nella carta delle pendenze di figura 13; ad una geometria

nel complesso sub pianeggiante, con pendenze inferiori ai 10 %, si interpongono diverse aree ad elevata pendenza, con valori compresi tra il 20÷50%; si distinguono:

- ❖ rotture di pendio generate dalla **sovrapposizione delle colate basaltiche**, già precedentemente descritta.



FIGURA 12 – immagine scattata dalla strada sita in località Funtana Lada

- ❖ rottura di pendio riconducibile a una faglia diretta che ha generato un semi graben con **ringiovanimento del rilievo** nella parte occidentale dell'area.
- ❖ Versanti dei centri eruttivi.

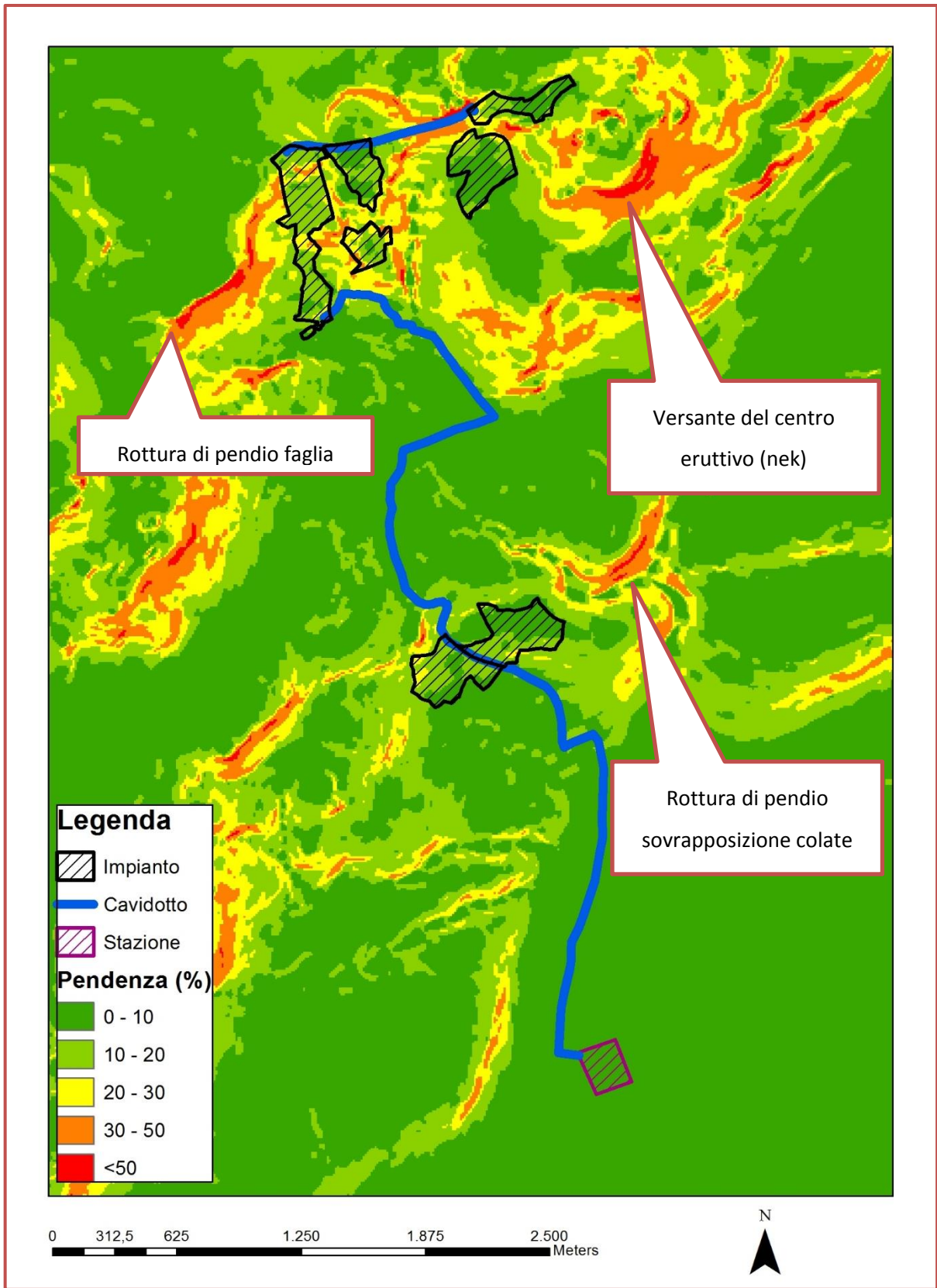
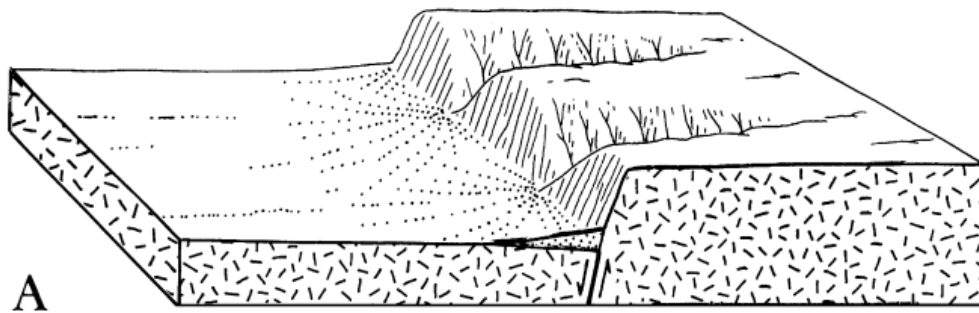


FIGURA 13 – Carta delle pendenze

Lungo i versanti dominano i **processi erosivi di incisione fluviale**, tali da generare delle valli a V lungo la rottura di pendio: i processi erosivi sono particolarmente evidenti nel settore nord dell'area d'indagine, in cui si evidenzia la presenza di diversi impluvi che convergono nel Riu Figuruggia.

Le incisioni diventano invece trascurabili a valle, in cui dominano i **processi di trasporto e deposizione** dei sedimenti erosi.

FIGURA 14 - Rappresentazione grafica dell'evoluzione morfologica di una faglia diretta associata alle dinamiche erosive per ruscellamento concentrato e correlazione con quanto osservato in campagna



I processi di disfacimento meteorico del Plateau sono associati sia a processi di **degradazione fisica** che a processi di **alterazione chimica**.

Tra i processi di degradazione fisica, oltre al già citato ruscellamento concentrato, sono da annoverare tutti i processi legati all'azione della pioggia battente (***splash erosion***) e al **ruscellamento diffuso** che causano distacco e trasporto del materiale di copertura dando luogo al ruscellamento, su superfici aventi una, seppur minima, pendenza. In questo tipo di processo il terreno risulta coperto da una lama d'acqua con conseguente erosione areale accentuata.

I processi di degradazione chimica sono invece ascrivibili all'**idrolisi dei silicati** sulla porzione corticale del basalto: gli ioni H^+ e OH^- contenuti nell'acqua piovana, attaccano i silicati della roccia portando, quale prodotto dell'alterazione, alla formazione di minerali argillosi (Al, Si) e ossidi di ferro.

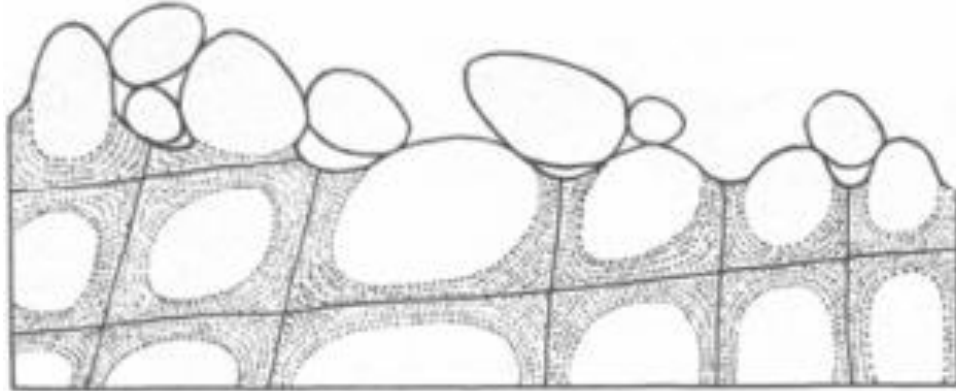
Da evidenziare anche l'**azione di muschi e licheni**: essi riescono con le proprie radici a penetrare nella roccia rilasciando sostanze organiche di decomposizione legate alle normali funzioni vitali (acidi umici) dando luogo a processi di degradazione chimica.



FIGURA 15 – Affioramento di basalto ricoperto da muschio

Nel settore nord-occidentale, ove si registrano le maggiori pendenze, l'agente morfogenetico dominante è **la gravità**, si tratta di zone potenzialmente soggette a rotolamento di blocchi: nei basalti infatti, a seguito della fratturazione della roccia e la successiva alterazione chimica si possono produrre dei blocchi sferoidali isolati e liberi di muoversi.

FIGURA 16 - Genesi di blocchi sferoidali a partire dal basalto fratturato in blocchi parallelepipedi: schema grafico e immagine acquisita dal rilievo in campagna (loc. Pittigunnis)



Lo studio geomorfologico di dettaglio è stato integrato dall'analisi delle informazioni fornite dagli strumenti di pianificazione noti. Essi riguardano:

- ❖ Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, è stato approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006.
- ❖ Piano Stralcio Fasce fluviali, DELIBERAZIONE n° 1 del 20.06.2013.
- ❖ Studio di Compatibilità idraulica e geologica-geotecnica relativo alla proposta di variante del Piano di Assetto Idrogeologico del territorio comunale di Macomer (art. 4, 8 Commi 2 e

dell'Art. 26 delle NTA del PAI), approvato in via definitiva con deliberazione di Consiglio Comunale n°76 del 16-11-2016.

Dalla carta di figura 17 si osserva che:

- ❖ Parte dell'impianto ubicato lungo i versanti del monte Pitzolu ricade in area a **pericolosità geologica-geotecnica moderata (Hg1) e media (Hg2)**.
- ❖ Buona parte dell'impianto ubicato in località Pittigunnis ricade in area a **pericolosità geologica-geotecnica moderata (Hg1) e in misura minore in area a media (Hg2) e elevata (Hg3) pericolosità**.
- ❖ A sud, l'impianto ubicato in località Nuraghe Sas Cariasas è situato in area sostanzialmente sub pianeggiante e unicamente una esigua porzione ricade in area a **pericolosità geologica-geotecnica moderata (Hg1)**.

Il perimetro **Hg1** identifica delle aree in cui i fenomeni franosi sono assenti o marginali.

Le aree a media pericolosità **Hg2** identificano zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate, non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno degli interventi antropici e zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti, ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi.

Le aree a pericolosità elevata **Hg3** identificano zone in cui sono presenti solo frane quiescenti per la cui riattivazione si aspettano tempi pluriennali o pluridecennali, zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti, zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennale.

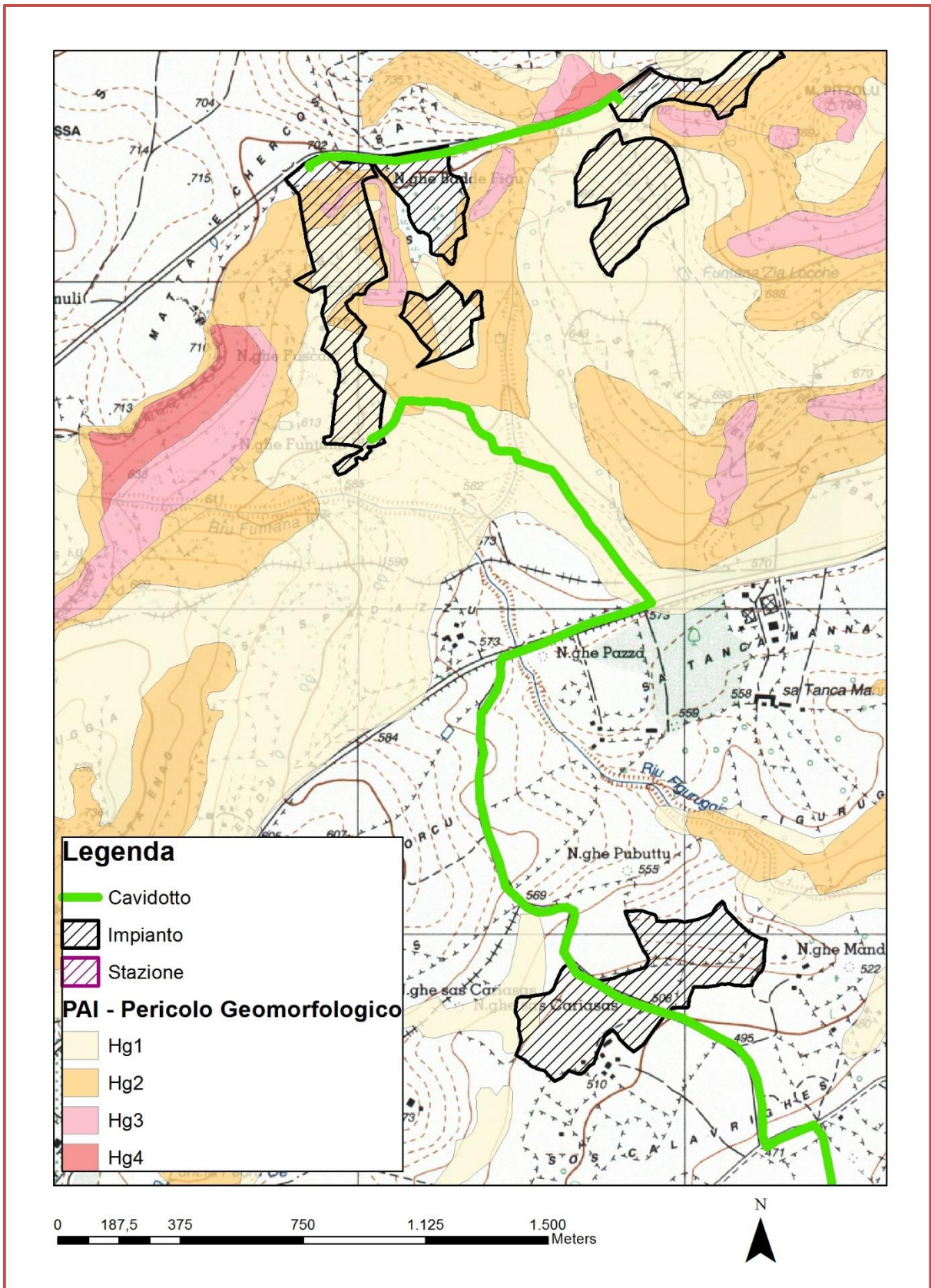


FIGURA 17 – Carta della pericolosità geologica e geotecnica PAI art. 8 comma 2

La carta di pericolosità idraulica (figura 18) mostra che il cavidotto interseca per 3 volte delle fasce a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4).

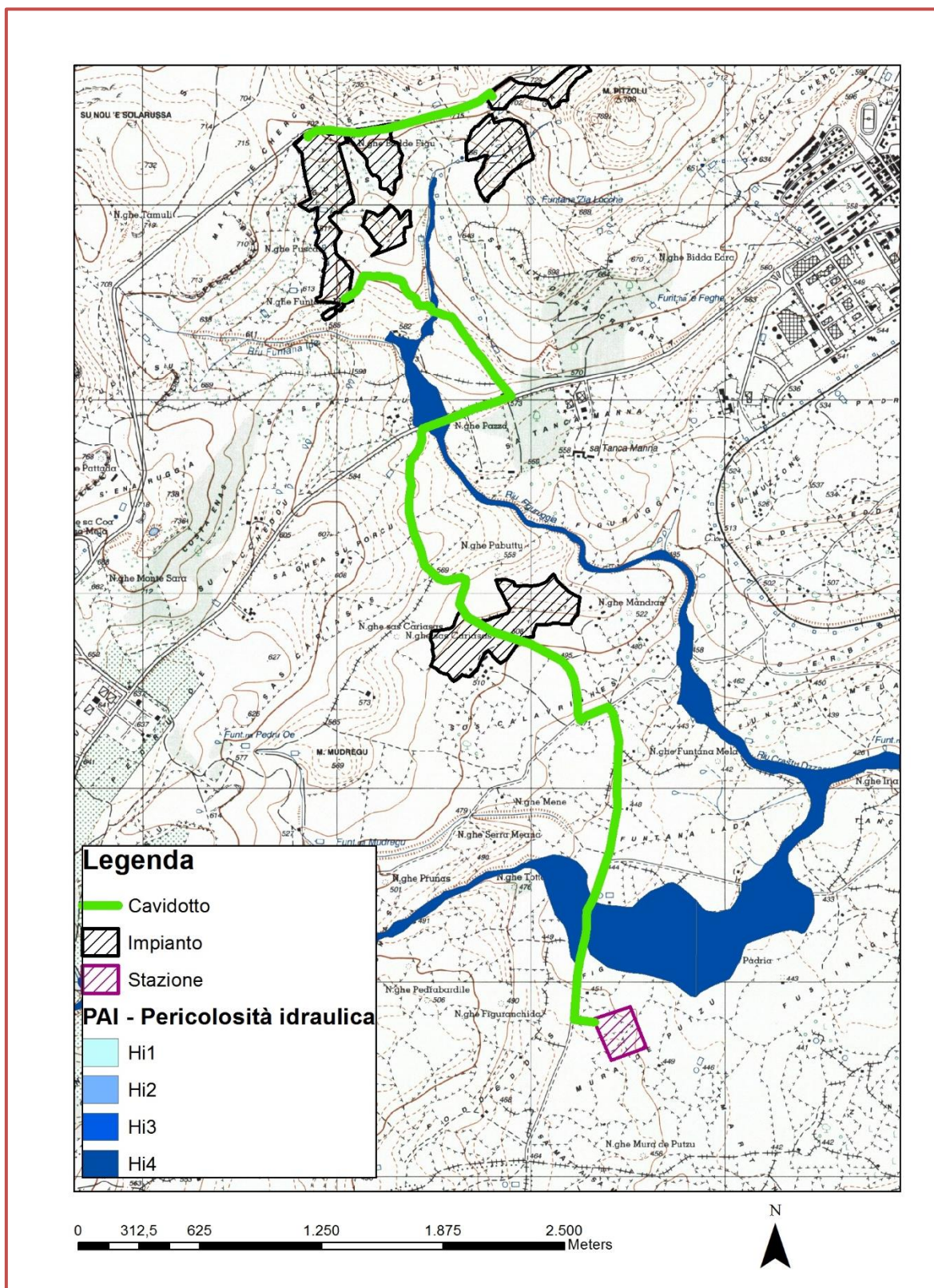


FIGURA 18 – Carta della pericolosità idraulica PAI art. 8 comma 2

Nel settore in studio **non sono presenti aree delimitate dal Piano Stralcio Fasce Fluviali.**

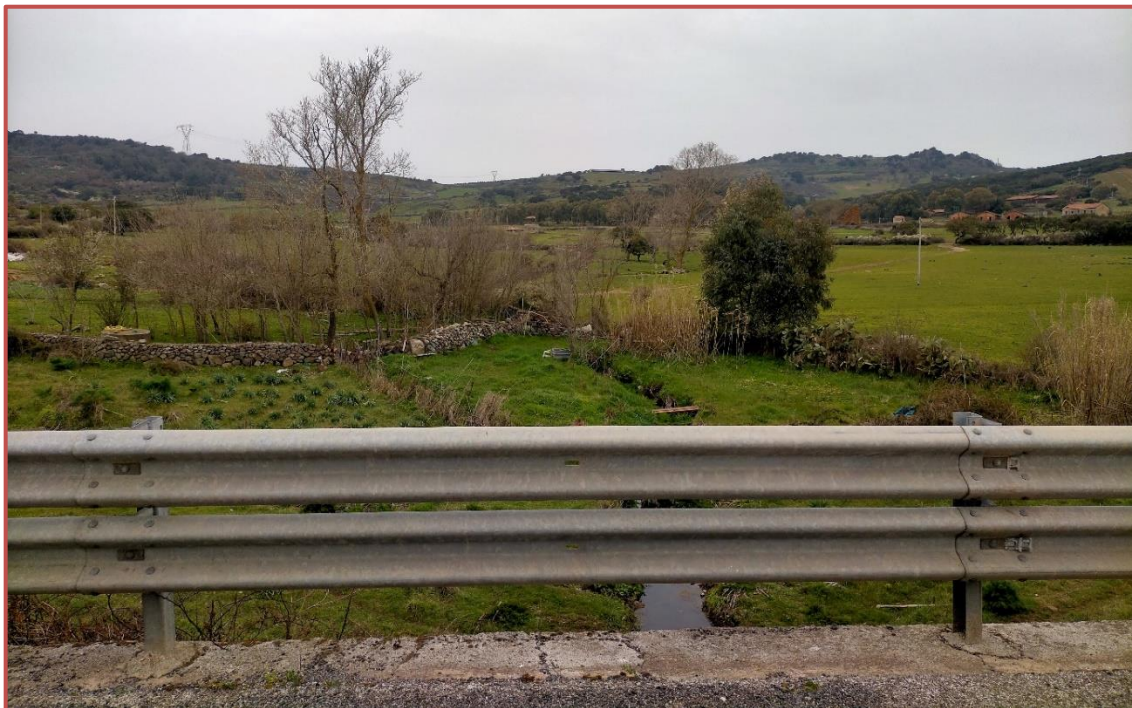


FIGURA 19 – Punto di intersezione tra il cavidotto in progetto (strada) e il Riu Figuruggia.



FIGURA 20 – Punto di intersezione tra il cavidotto in progetto (strada) e il Riu Mene

Secondo quanto disposto dall'art. 30ter delle norme di attuazione del PAI, per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale di cui all'articolo 30 quater, per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto:

ordine gerarchico (numero di Horton- Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

TABELLA 1 – Ordine gerarchico e fascia di prima Salvaguardia

Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 30.07.2015 per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, è stato identificato quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo **04_ELEMENTO_IDRICO.shp** del DBGT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000).

Lo shape file fornito dalla regione identifica 2 corsi d'acqua non studiati dal PAI, il **Fiume_79436** e il **Fiume_190501** entrambi con ordine gerarchico 1 e con fascia di prima salvaguardia (Hi4) pari a 10 m su entrambi i lati.

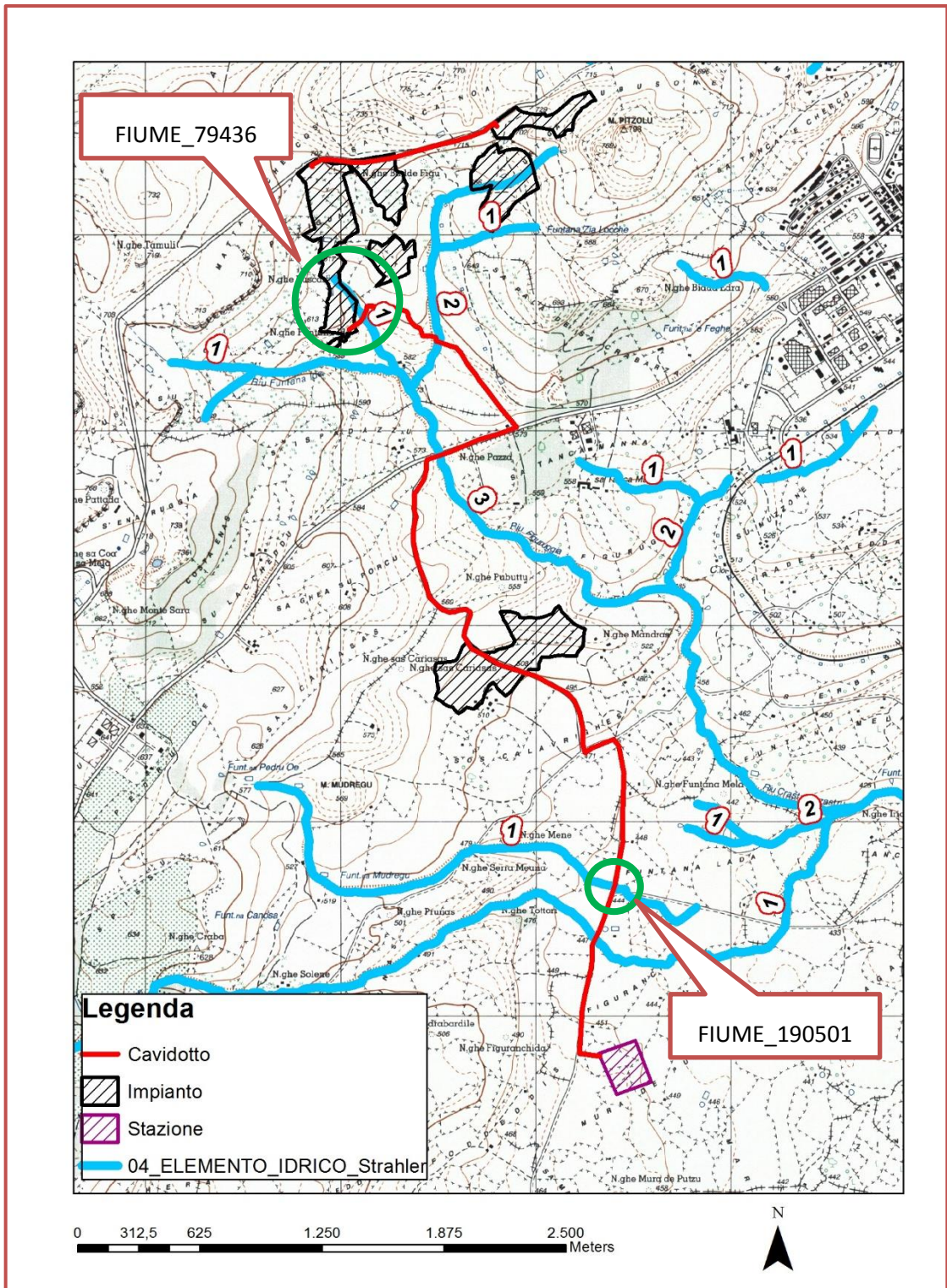


FIGURA 21 – Stralcio dello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp che identifica la rete idrografica regionale



FIGURA 22 – Punto di intersezione tra il cavidotto in progetto (strada) e il Fiume_190501.

Nelle aree Hg2,Hg3 e Hi4 sopra descritte, le norme di attuazione stabiliscono una verifica della coerenza del progetto con le finalità del PAI indicate nell'art. 23 comma 6 lettera B (Gli interventi, le opere e le attività ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili soltanto subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica di cui agli articoli 24 e 25, nei casi in cui lo studio è espressamente richiesto dai rispettivi articoli prima del provvedimento di approvazione del progetto, tenuto conto dei principi di cui al comma 9), attraverso:

- ❖ **uno studio di compatibilità idraulica** disciplinato dall'art.24 e redatto secondo i contenuti indicati nell'ALLEGATO E delle norme di attuazione (per le aree in Hi4);
- ❖ **uno studio di compatibilità geologica e geotecnica** disciplinato dall'art.25 e redatto secondo i contenuti indicati nell'ALLEGATO F delle norme di attuazione (per le aree in Hg2 e Hg4).

3.4. CARATTERI IDROLOGICI

L'idrografia superficiale è caratterizzata da corsi d'acqua che hanno un bacino idrografico assai più esteso dell'areale di studio, identificato come bacino del Tirso (RAS, PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE - PIANO STRALCIO DI SETTORE DEL PIANO DI BACINO-LINEE GENERALI, 2000) che comprende i bacini imbriferi dell'omonimo fiume Tirso, del Taloro e del Massari.

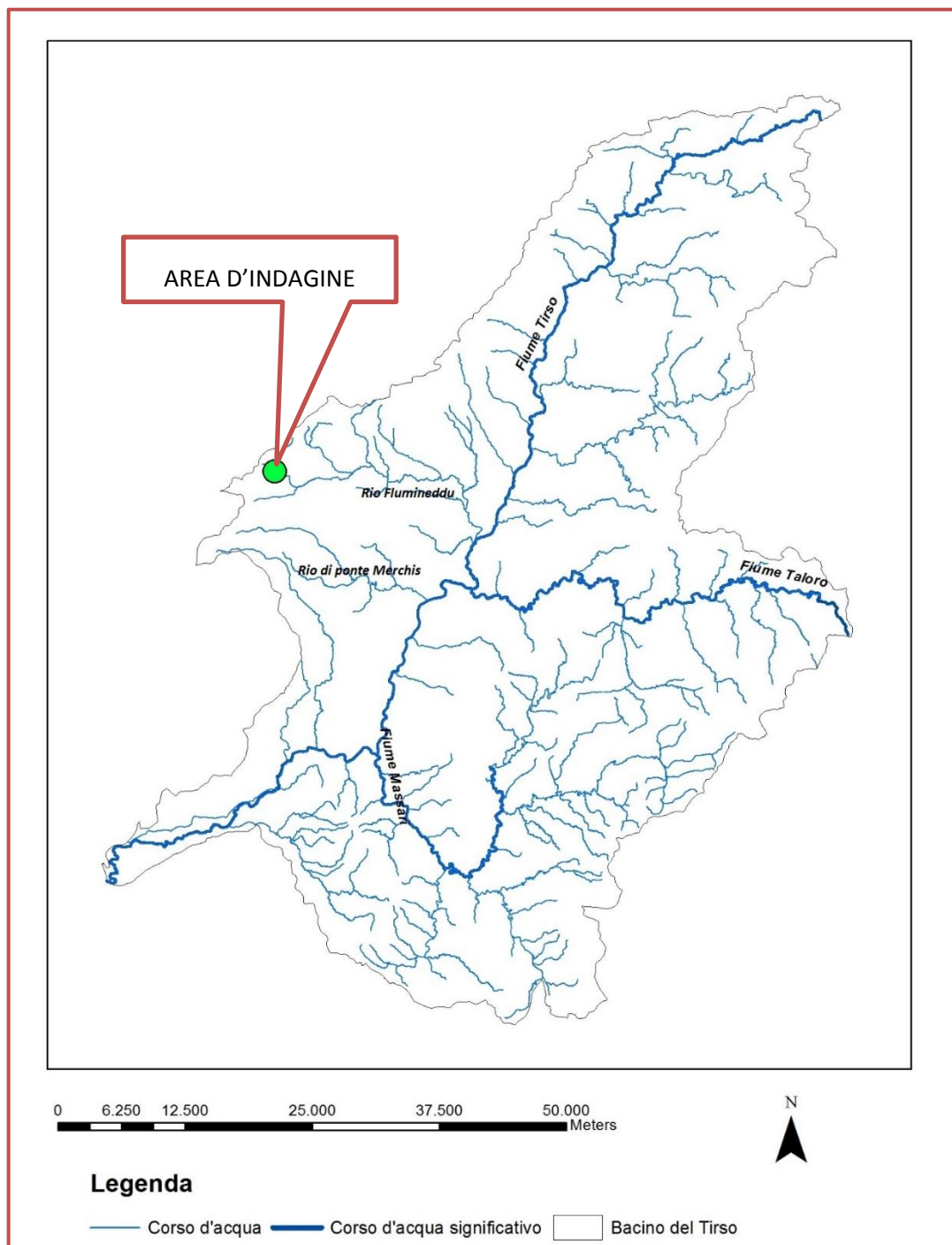


FIGURA 23 – Bacino del Tirso

L'area in studio è ubicata nella porzione più occidentale del bacino ove la rete di drenaggio assume un aspetto sub-dendritico, regimata dai due affluenti del Tirso, denominati Rio Flumineddu e del Rio Ponte Merchis: essi scorrono sul plateau basaltico in direzione est, sino ad immettersi in sponda destra nel Tirso.

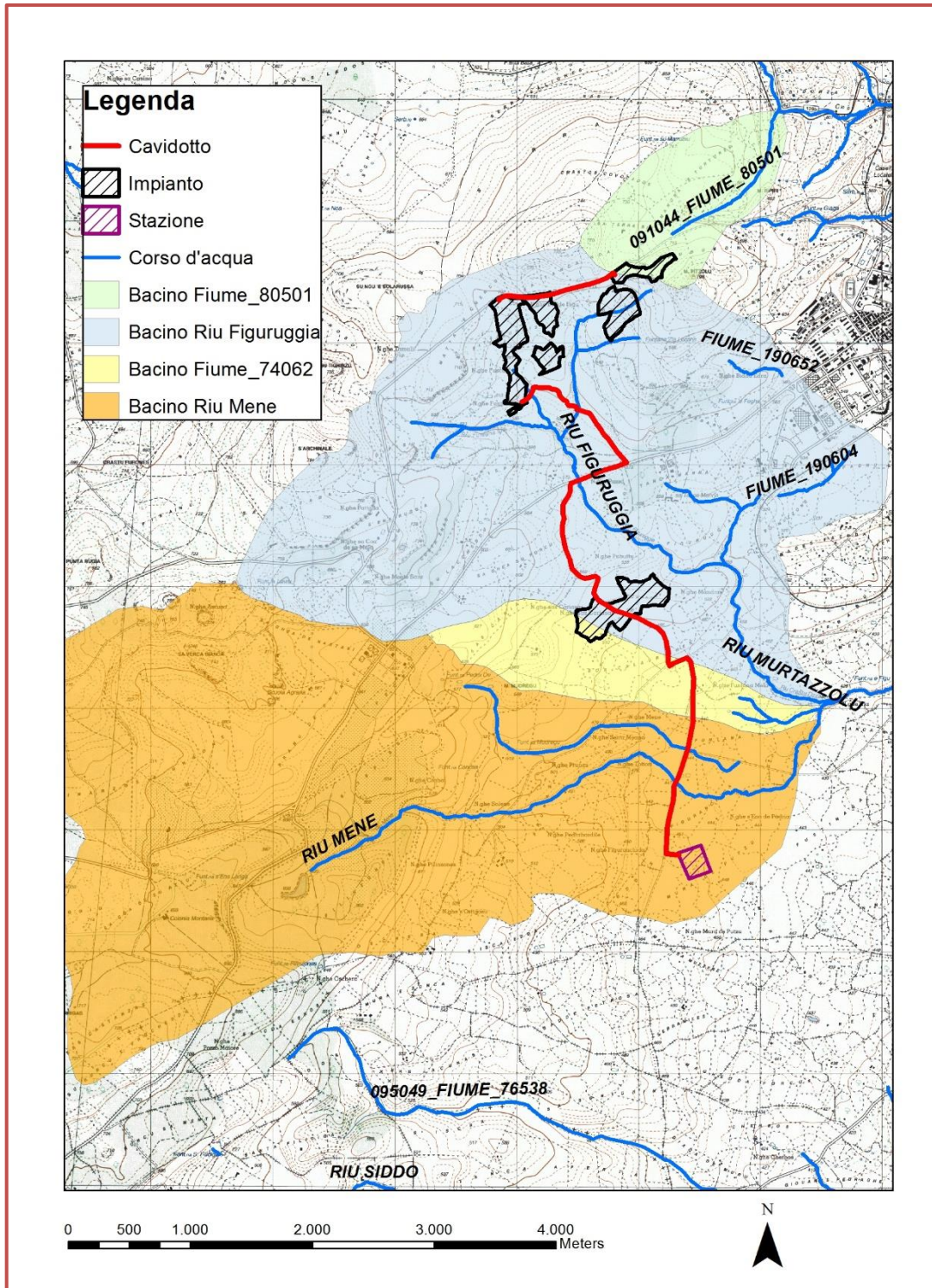


FIGURA 24 – Suddivisione dell'area d'indagine nei bacini imbriferi di riferimento

Nel dettaglio si distinguono 4 bacini imbriferi minori sochiusi immediatamente a valle dell'area di progetto:

- ❖ Il bacino del Rio Arraghina (fiume 80501), di 1,40 km² che interessa la porzione nord;
- ❖ Il bacino del Riu Figuruggia, di 11,92 km² che interessa la porzione centrale;
- ❖ Il bacino del fiume 740102, di 1,42 km² che interessa la porzione centro-meridionale;
- ❖ Il bacino del Riu Mene, di 15,13 km² che interessa la porzione meridionale.

Il Rio Mene, il Fiume 74062 e il Riu Figuruggia sono tutti affluenti del Rio Tossilo, mentre le acque del Fiume 80501 convergono nel Rio S'Adde (denominato a valle Rio Macomer).

Sia il Rio Tossilo che il Rio di Macomer si immettono a valle nel Rio Flumineddu (Riu Murtazzolu).

Questi corsi d'acqua sono caratterizzati da un regime torrentizio con portate generalmente limitate o nulle e piene violente ed improvvise in occasione di precipitazioni intense che avvengono con una frequenza abbastanza ravvicinata.

3.5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'area in studio sono presenti 2 unità acquifere:

- ❖ L'unità **Acquifera delle vulcaniti Oligo-Mioceniche;**
- ❖ L'unità **Acquifera delle vulcaniti Plio-Quaternarie.**

Per entrambi si tratta di acquiferi a permeabilità secondaria, costituito frequentemente da falde in pressione e da una buona qualità delle acque, di norma adatte anche al consumo umano.

Nel complesso la permeabilità per porosità è dell'ordine di **k= 10⁻⁹ m/s**, mentre la permeabilità nei giunti di frattura varia in funzione del riempimento: si hanno bassi valori di conducibilità per riempimenti a tessitura argillosa, elevati valori di conducibilità per giunti privi di riempimento o costituiti da ghiaie e ciottoli.

4. MACROZONAZIONE SISMICA

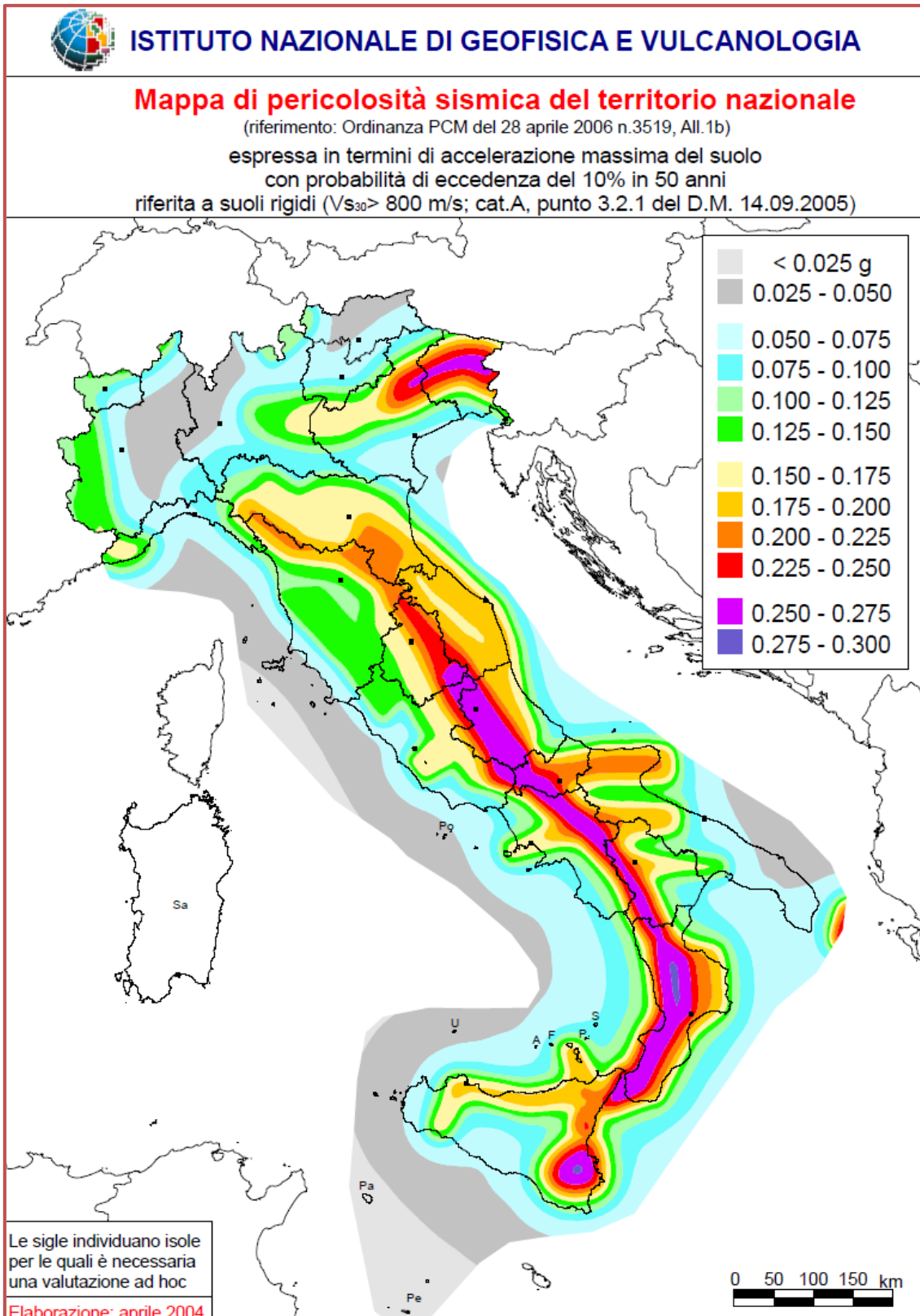


Figura 25 - Mappa di pericolosità sismica nazionale

La mappa di pericolosità sismica italiana è stata ricavata a partire dalla carta della zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale (In Figura 15), ottenuta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, in cui è possibile notare la totale assenza di zone sismogenetiche all'interno del territorio della Sardegna.

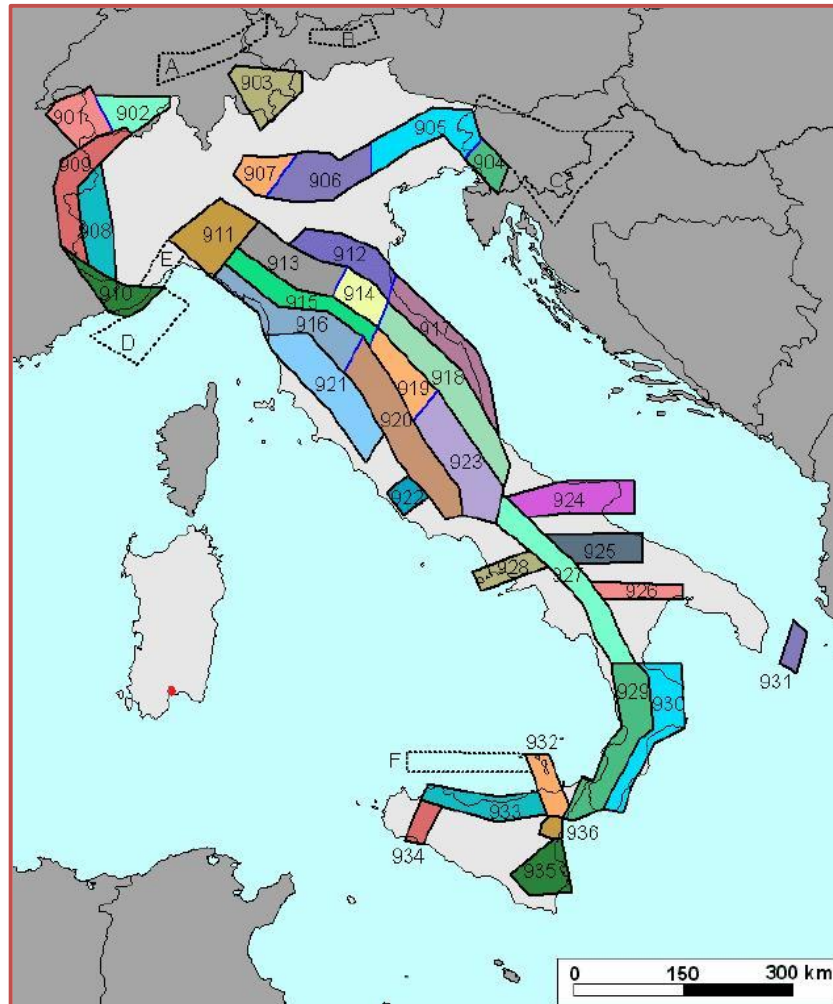


Figura 26 – Zonazione sismogenetica ZS9

Con l'applicazione della normativa antisismica nella progettazione (Ordinanza PCM 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», Allegato 1, Tabella A), tutta l'Italia è considerata sismica e suddivisa in 4 zone alle quali si applicano norme tecniche differenziate.

Allo stato attuale l'attività tettonica nel settore considerato, come per tutta l'Isola, è molto bassa. Il catalogo CPTI04 riporta solo due eventi di magnitudo $\leq 5Mw$ avvenuti in Sardegna nel 1924 e 1948). In occasione dell'evento del 1948 sono state osservate intensità pari a 6MCS in alcune località della Sardegna nordoccidentale. I terremoti più recenti (avvenuti nel 2000, 2004 e 2006), tutti di $Mw < 5$ e localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma effetti di modesta intensità.

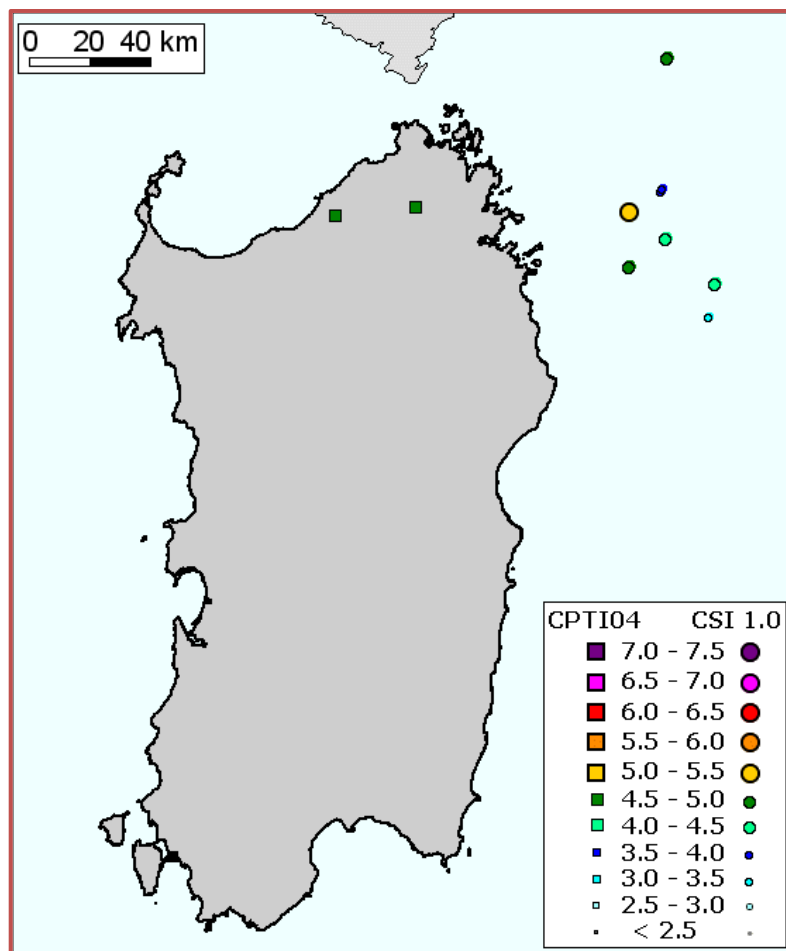


Figura 27 - Distribuzione dei terremoti in Sardegna e nei mari adiacenti.

Nel documento D1 (Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., 2007. Valutazione standard (10%, 475 anni) di a_{max} (16mo, 50mo e 84mo percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D1, <http://esse1.mi.ingv.it/d1.html>) al punto 2C.2 si sottolineano le caratteristiche di bassa sismicità della Sardegna, anche in relazione all'assenza di danni significativi in seguito ai rari eventi registrati, **si ritiene ragionevole inserire l'intera isola in Zona sismica 4** contraddistinta da un valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo pari o inferiore a 0,05g, zona a bassa sismicità evidenziata anche dai risultati degli studi condotti da diversi autori e sinteticamente riportati in tabella:

	Slejko et al. (1999)	Albarelo et al. (2000) valore mappa	Albarelo et al. (2000) valore capoluogo	Romeo et al. (2000)	MPS04	Prestininzi et al. (2005)
Sardegna Nord	0.040-0.080	<0.050	0.000	<0.050	<0.025	<0.050
Sardegna Sud	NC	<0.050	0.000	<0.050	<0.025	<0.050

Tabella 2 – Valori di a_{max} forniti da diversi studi per la Sardegna

CONCLUSIONI

L'elaborato in argomento è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Esso concerne la relazione geologica e geomorfologica, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito riguardante il progetto di "REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE PARI A 30 MWP DENOMINATO "SINDIA 2" SITO NEL COMUNE DI MACOMER (NU)".

Le opere in progetto sono allocate all'interno del **Plateau basaltico della Campeda [LIVELLO B]** e dei **Depositi Piroclastici Oligo-miocenici [LIVELLO C]** parzialmente ricoperti da una **coltre eluvio-colluviale [LIVELLO A]**.

Da un punto di vista geomorfologico il sito è caratterizzato da una tipica **piattaforma strutturale** leggermente ondulata, generata dalla sovrapposizione delle colate basaltiche. Il gradino morfologico al margine dell'altopiano è il risultato di un'inversione di rilievo tra strati di bacino più facilmente erodibili e le più resistenti litologie basaltiche.

Sul tavolato si è impostato un reticolo idrografico con pattern sub-dendritico diretto verso il Tirso ad est. I corsi d'acqua presenti sono caratterizzati da un regime torrentizio con portate generalmente limitate o nulle e piene violente ed improvvise in occasione di precipitazioni intense.

Dall'analisi delle informazioni fornite dagli strumenti di pianificazione si desume che:

- ❖ Parte dell'impianto ubicato lungo i versanti del monte Pitzolu ricade in area a **pericolosità geologica-geotecnica moderata (Hg1) e media (Hg2)**.
- ❖ Buona parte dell'impianto ubicato in località Pittigunnis ricade in area a **pericolosità geologica-geotecnica moderata (Hg1) e in misura minore in area a media (Hg2) e elevata (Hg3) pericolosità**.
- ❖ A sud, l'impianto ubicato in località Nuraghe Sas Cariasas è situato in area sostanzialmente sub pianeggiante e unicamente una esigua porzione ricade in area a **pericolosità geologica-geotecnica moderata (Hg1)**.
- ❖ Il cavidotto interseca per 3 volte delle fasce a **pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)**.

Tali criticità impongono la stesura di apposito studio di compatibilità idraulica per le opere ricadenti in area Hi4 e di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica per quelle ricadenti in Hg2 e Hg3, redatti conformemente all'Allegato E ed F delle Norme di Attuazione del PAI".

Tuttavia, è intenzione dei proponenti, allocare i pannelli fotovoltaici esternamente alle perimetrazioni a pericolosità elevata e molto elevata.

Ciò premesso, si ritiene che le opere in progetto siano compatibili con i caratteri fisico-ambientali del territorio a contorno.

IL GEOLOGO

NICOLA PILI

