

PV ICHNOSOLAR S.R.L.

Via Ettore de Sonnaz n. 19, 10121 Torino (TO) - Italy. P.I. 02379130517 - C.S. 10.000,00 i.v.
PEC pvichnosolar@pec.it
REA TO - 1293228

Impianto fotovoltaico "Macchiareddu" VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

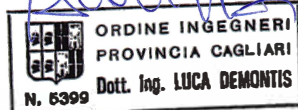


00	05/10/2021	Emissione	Gruppo di progettazione	Ing. Luca DEMONTIS	PV ICHNOSOLAR S.R.L.
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

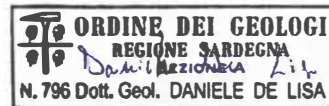
GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Luca DEMONTIS
(coordinatore)

Ing. Sandro CATTA



Dott. Geol. Daniele De Lisa



TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

R.06

ALLEGATI:

- R.06.1 - Carta geologica
- R.06.2 - Carta geomorfologica
- R.06.3 - Carta delle permeabilità
- R.06.4 - Sezioni gologiche
- R.06.5 - Sondaggi geognostici

PAGINE:

1 di - 30

FORMATO:

A4/A3

INDICE

INDICE	1
1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
2.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4 - INQUADRAMENTO CLIMATICO	7
5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO	8
6 - INQUADRAMENTO CLIMATICO	10
7 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	11
7.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	11
7.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	12
7.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME	12
8 - INQUADRAMENTO GEOPEDOLOGICO.....	16
8.1 CARATTERI GEOPEDOLOGICI	17
9 - INQUADRAMENTO P.A.I. E PSFF.....	19
9.1 P.A.I.	19
9.2 PSFF	20
10 – ANALISI E DESCRIZIONE DELLA SISMICITÀ STORICA.....	22
11 – GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO	29
12 – CONCLUSIONI	30

1. INTRODUZIONE

Su incarico conferito dalla società, **PV Ichnosolar S.r.l.** con sede in Via Ettore de Sonnaz, 19, Torino (TO) il Dott. Geologo Daniele De Lisa, ha redatto la Relazione Geologica dell'area interessata da "Realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "Macchiareddu", ascrivibile alla categoria di cui al punto 2 lettera b) ("impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda con potenza superiore a 1MW. Centrali solari termodinamiche con potenza elettrica superiore a 1 MW"), dell'Allegato B1 alla Delib.G.R. n. 45/24 del 27.9.2017. Il sito si trova nel Comune di Uta (Provincia del Sud Sardegna).

Lo scopo del presente studio è di fornire, sulla base dei dati geognostici in possesso, la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geomorfologica del settore su cui insisteranno i lavori di realizzazione dei nuovi impianti.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto di cui alla presente relazione è redatto in conformità alle disposizioni delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2018 (di seguito "N.T.C."), emesse con Decreto Ministro delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il Capo del Dipartimento della Protezione Civile, ai sensi delle Leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, così come riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della Legge 27/07/2004, n. 186 e ss. mm. ii.; è inoltre redatto in conformità alle seguenti disposizioni di legge:

- *Circolare del Ministero dei lavori Pubblici, n. 3797 (Pres. Cons. Superiore-Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967)* Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni;
- *Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3*
"Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- *Legge 2 febbraio 1974, n. 64.*
"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- *Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988*
"Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7;*
Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- *D.lgs. 9 aprile 2008, n. 8*
"Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro".
- Piano Urbanistico Comunale di UTA;
- Eurocodice 7 ("Progettazione Geotecnica");

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale complessiva pari a 41,75 MW, e delle relative opere complementari. L'impianto insisterà su una superficie totale di circa 65,20 ha, suddivisa in tre lotti principali, nell'agro dei territori del Comune di Uta all'interno del perimetro del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari – CA.C.I.P. di Macchiareddu, su aree destinate, secondo la pianificazione consortile, ad "attività industriali".

2.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto ha come obiettivo la realizzazione di campi fotovoltaici ubicati in n.3 lotti principali siti all'interno dell'area industriale di Macchiareddu. I lotti copriranno un'area complessiva di circa 65,2 ha per una potenza nominale di circa 47,7582 MWp. I pannelli, bifacciali e dotati di tracker, saranno montati su pali con altezza massima fuori terra di 2.5 m e saranno infissi ad una profondità di circa 1.5-2 m tramite sistema battipalo con un interasse variabile tra 5 e 7 m

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le zone oggetto della presente relazione si trovano a circa 14 km dall'abitato di Cagliari.

Secondo il Piano di Caratterizzazione del CA.C.I.P. le aree ricadono all'interno del "Comparto 1" "Aree a destinazione industriale contraddistinte da storico utilizzo agricolo" (Fig. 1).

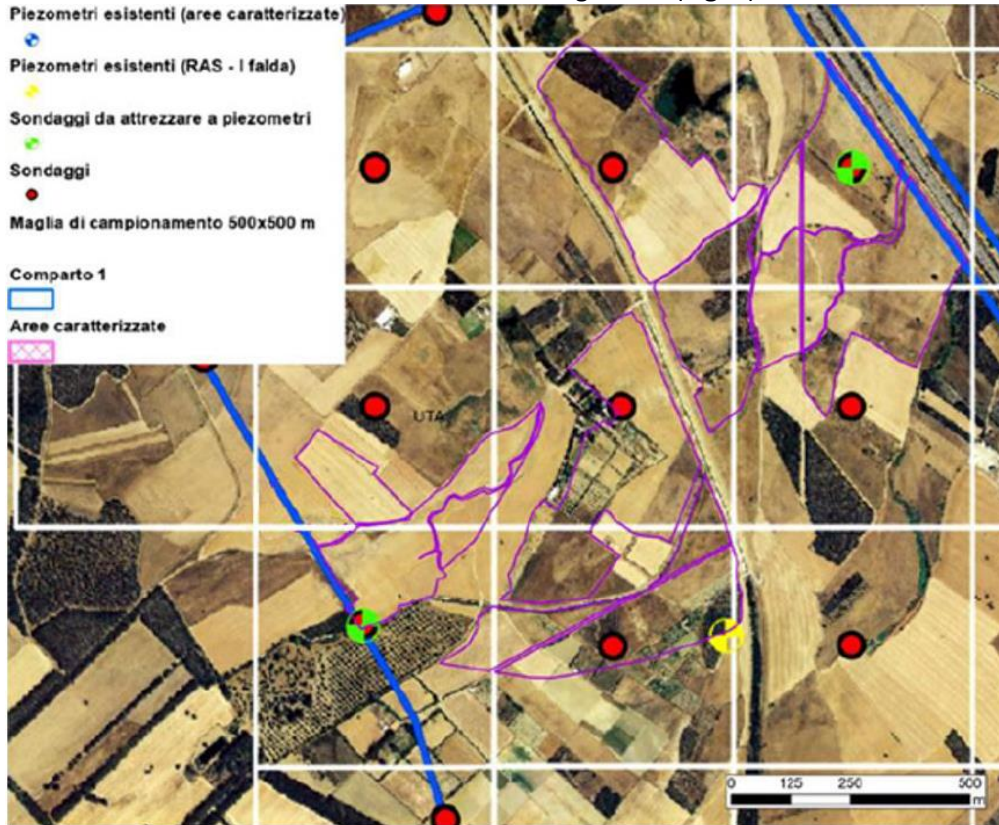


Figura 1 – Inquadramento delle aree d'interesse, in viola (stralcio Tav. 30 PdC dell'Agglomerato Industriale di Macchiareddu).

L'area in esame per quanto riguarda la cartografia nazionale ricade:

- Inquadramento aereo delle aree d'interesse (Fig. 2)
- nella carta dell'I.G.M. in scala 1:25.000, nel foglio 556 sez. II "Assemini" (Fig. 3);
- nel C. T. R. numerico della Regione Sardegna in scala 1:10.000 nella sezione 556 120 "Assemini" (Fig. 4);
- nel PUC di Uta come zona D "Aree di sviluppo industriale, artigianale e commerciale" Subzona D2.

A completamento delle informazioni sull'ubicazione della macro area di studio, in Tab. 1 si riportano le Coordinate Geografiche delle macro aree in WGS 84 e Gauss-Boaga

Coordinate	Geografiche WGS 84		Gauss-Boaga Roma 40	
	Latitudine	Longitudine	N	E
Lotti a Nord della strada	39.260503	8.961239	4345693.18	1496680.76
Lotto a Sud della strada	39.254721	8.955960	4345051.71	1496225.00

Tab. 1- Coordinate Geografiche WGS 84 e Gauss-Boaga delle macro aree.

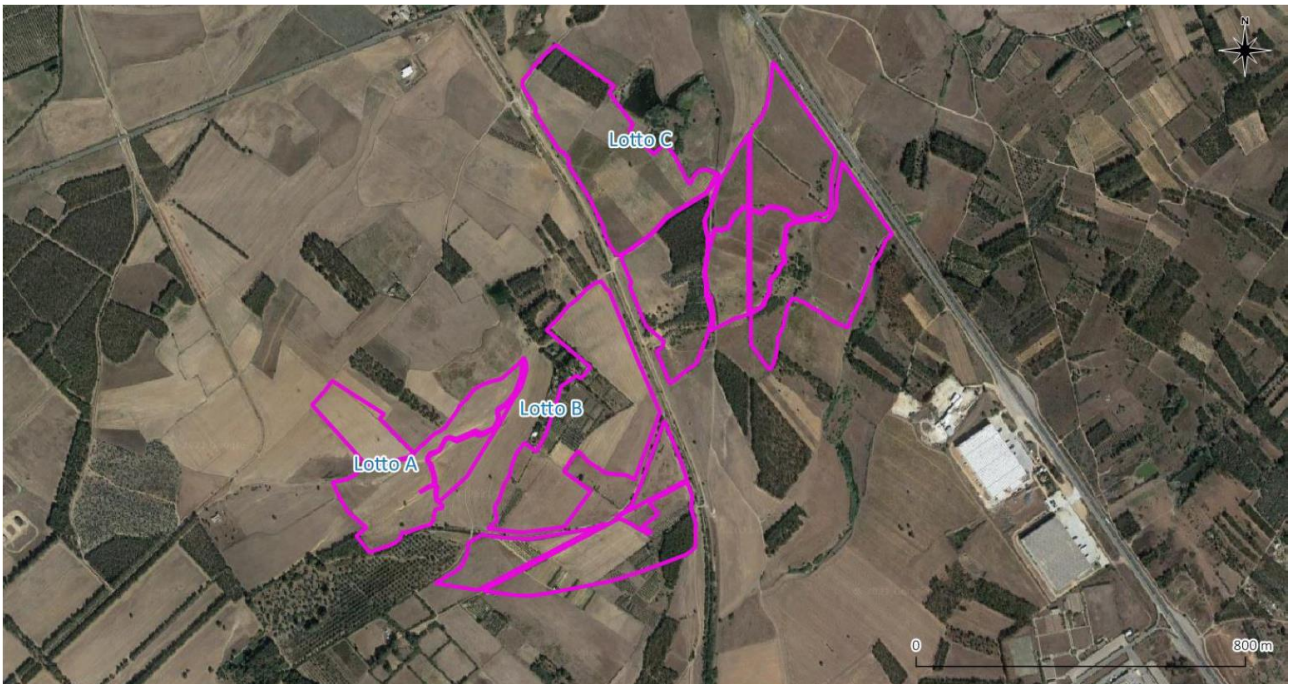


Figura 2 – Inquadramento delle aree d'interesse, in viola

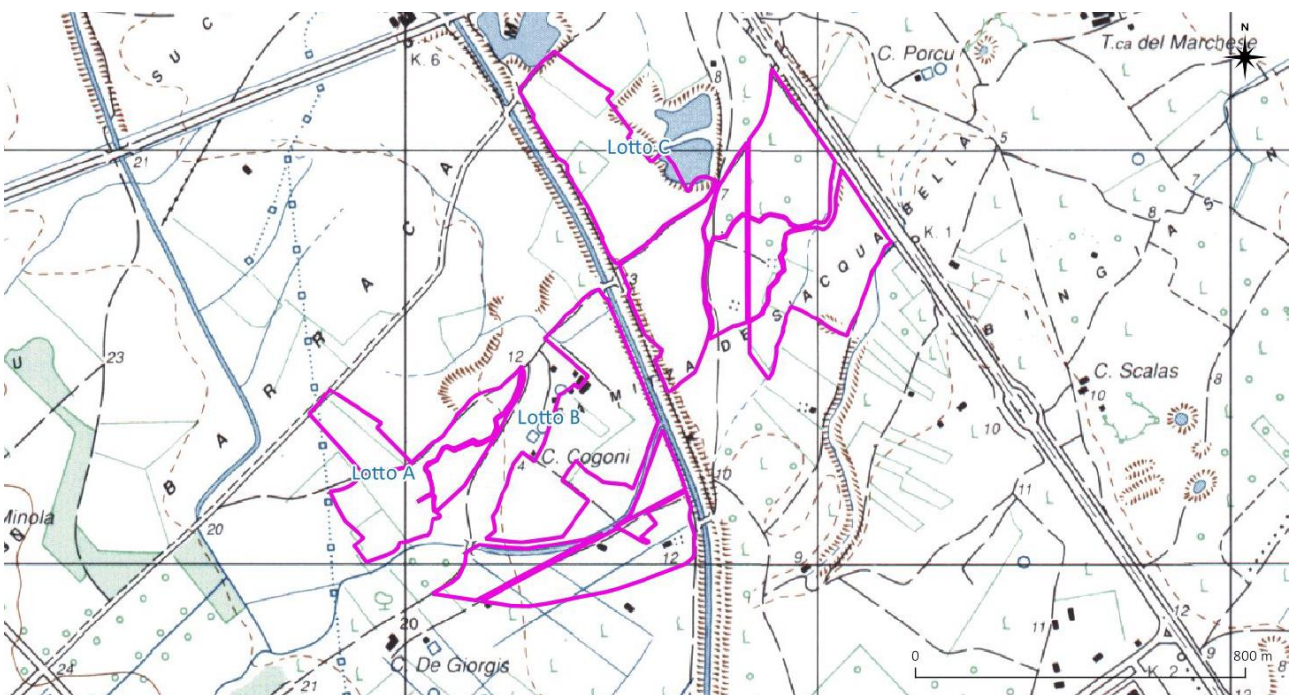


Figura 3 – Ubicazione delle aree, Stralcio del foglio N°556 sez. II "Assemini" della carta dell'IGM in scala 1:25000 (in viola si evidenziano le aree del campo fotovoltaico).

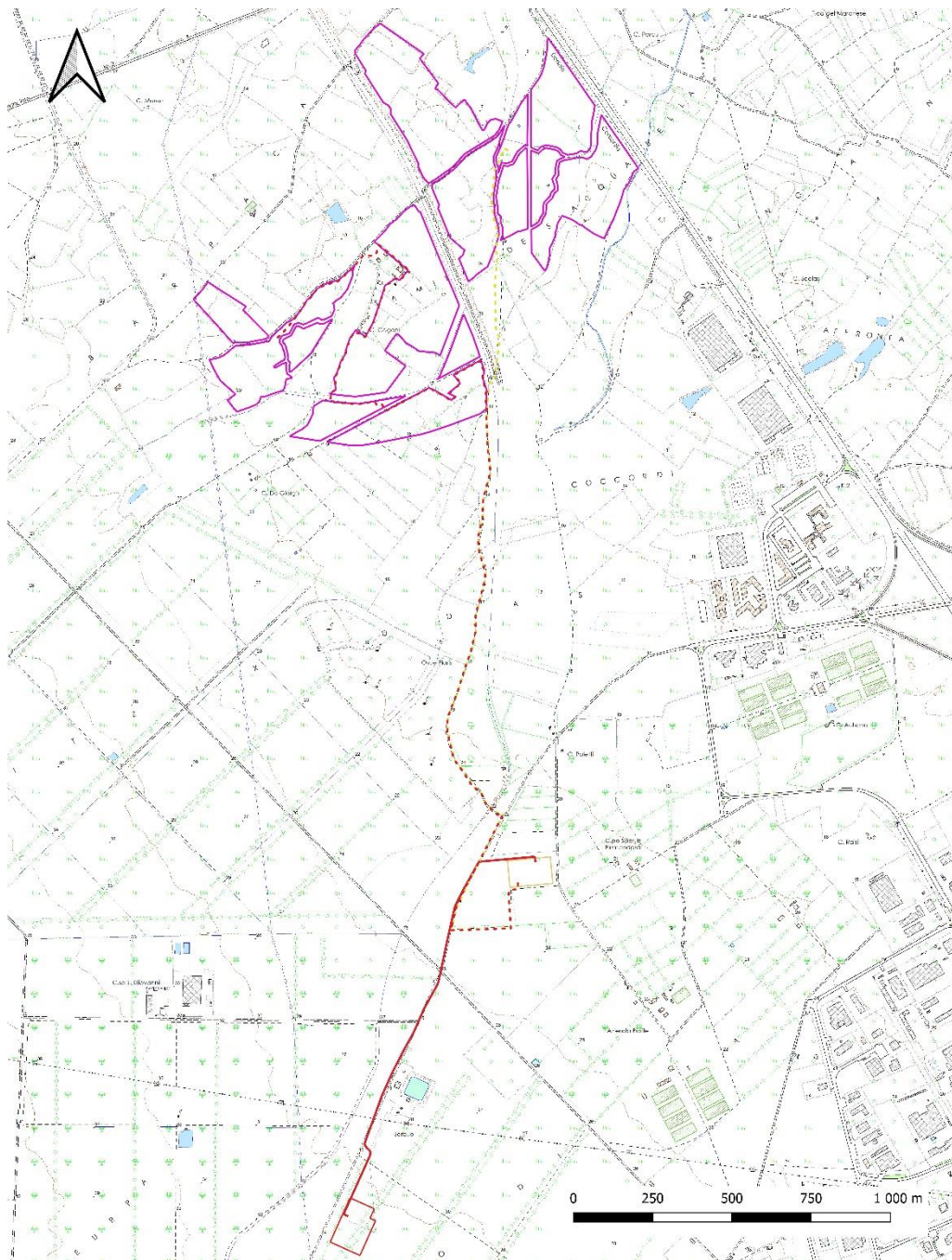


Figura 4 – Ubicazione delle aree Stralcio del foglio 556 n° 120 "Assemini" della carta CTR della Sardegna in scala 1:10000 (in viola si evidenziano le aree di progetto, in blu le aree delle degli Stalli Utente e in rosso la SE).

4 - INQUADRAMENTO CLIMATICO

La Sardegna ha un clima essenzialmente mediterraneo, che risente naturalmente della sua posizione geografica (quasi al centro del mediterraneo).

L'isola è lambita dalle famiglie cicloniche d'origine atlantica che penetrano nel Mediterraneo, specie nel semestre freddo, spostandosi da occidente verso oriente. La loro influenza è, inoltre, mitigata dall'azione termoregolatrice delle masse marine che circondano la regione. Gli influssi del mare si avvertono pressoché ovunque nell'isola, anche se, come è naturale, si indeboliscono col procedere verso l'interno.

In forza di ciò, la regione sarda è, tra quelle italiane, una delle più soleggiate durante tutto il corso dell'anno; tale fatto influisce conseguentemente sul suo clima in generale e sul clima dei suoi distretti. I tipi di circolazione sono individuati e regolati dalla posizione reciproca dell'Anticiclone delle Azzorre, dell'Anticiclone Russo-Siberiano e della depressione d'Islanda. Tali centri di azione convogliano sul Mediterraneo, nell'arco dell'anno, masse d'aria di origine e caratteristiche fisiche diverse, che quivi subiscono trasformazioni dinamiche e termodinamiche a causa delle condizioni di temperatura del mare e dell'orografia locale. Il prevalere di uno dei suddetti regolatori o la contemporanea influenza di alcuni di essi determinano condizioni meteorologiche e climatiche differenziate la cui ricorrenza scandisce i cicli stagionali del clima: durante il semestre freddo è ricorrente una configurazione barica depressionaria al suolo centrata fra la Sardegna ed il Mar Adriatico e compresa tra l'anticiclone atlantico e l'anticiclone asiatico. Questa è la condizione tipica in cui le masse d'aria freddo-umida investono le isole mediterranee producendo effetti di vorticità, marcata ventosità, nuvolosità interna e precipitazioni a carattere di rovescio, alle quali seguono, dopo breve tempo, ampie schiarite. Un altro ricorrente regime di depressione si presenta con formazioni cicloniche che si originano sull'Europa occidentale e si spostano verso est e nord-est. Tali condizioni si presentano in genere in autunno e in primavera con flusso di aria relativamente calda e umida dei quadranti sud-occidentali. L'impatto di tali masse d'aria con le coste occidentali e i rilievi montuosi dell'isola produce abbondante nuvolosità e precipitazioni intense e continue.

Nello specifico, i valori medi di temperatura e precipitazione del settore centro settentrionale da noi studiato, nonostante non si sia trovata una perfetta corrispondenza, consentono di asserire che il clima sia di tipo temperato-caldo. Infatti, la temperatura media annua è 17,5 °C, la temperatura media dei mesi più freddi è 11,5 (Tm relativa ai mesi di gennaio e febbraio), e quattro mesi hanno temperature superiori ai 20°C (giugno = 21,6 °C, luglio = 24,3°C, agosto = 24,8°C e settembre = 23,1°C), mentre il valore delle precipitazioni medie annue corrisponde a 49,85 mm/a.

I dati riportati sopra consentono di inquadrare, in seno alla classificazione climatica elaborata da W. Köppen, il clima di Sant'Antioco come "temperato caldo - mesotermico". In base alle considerazioni esposte, il codice completo di clima secondo W. Köppen è Csa tipico del clima mediterraneo

5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

La struttura geologica della Sardegna è in larga parte rappresentata dalle rocce metamorfiche e granitoidi paleozoiche affioranti lungo due principali alti strutturali separati dalle depressioni tettoniche della Fossa Sarda e del Campidano. La complessa evoluzione geologica dell'isola ha inizio in tempi prepaleozoici ed è proceduta fino al Quaternario con lo sviluppo della Fossa del Campidano colmata da sedimenti marini e continentali (Carmignani et al., 2001). In particolare, l'architettura geologica dell'isola deriva da quattro principali stadi tettonici:

- Orogenesi Varisica
- Orogenesi Alpina
- Sviluppo della Fossa Sarda
- Sviluppo della Fossa del Campidano

Focalizzando l'attenzione allo sviluppo della Fossa del Campidano è possibile notare come i depositi pliocenici-quadernari sono complessivamente poco sviluppati sull'isola ad eccezione dell'area campidanese dove colmano la depressione tettonica del Campidano (Fossa o Graben del Campidano) costituita da un semi-graben a direzione NO-SE/NO-SSE (tra Oristano e Cagliari). La geometria asimmetrica del riempimento sedimentario sin-rift del bacino e i dati geofisici portano ad identificare come “faglia maestra” il fascio di strutture fragili del margine nord-orientale che sarebbero caratterizzate nel loro complesso da un rigetto di oltre 3000 m (Balìa et al., 1984, 1991). Importanti sono, comunque, anche i sistemi di faglie normali posti a SO, ovvero quelli che limitano l'horst dell'Iglesiente-Sulcis, dei quali è definibile un rigetto complessivo di almeno 600 m (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969). Il Graben del Campidano si sovrappone sulle strutture della precedente Fossa Sarda.

I depositi marini del Pliocene inferiore sono costituiti da conglomerati, sabbie e marne di ambiente da costiero a mare aperto e relativamente profondo. Nel bacino del Campidano, sui depositi del Pliocene inferiore e su quelli miocenici, poggiano potenti depositi fluviali-deltizi potenti fino a oltre 500m e di età dal Villafranchiano inferiore al Quaternario. Questa formazione rappresenta il principale corpo sedimentario di riempimento sintettonico della Fossa del Campidano (comunque iniziata ad impostare già nel Messiniano superiore) (Carmignani et al., 2001). A questi depositi seguono quelli fluviali quadernari legati agli attuali bacini idrografici.

1.1 Geologia e stratigrafia del settore

L'area in esame si colloca nella porzione meridionale del Campidano di Cagliari e, dal punto di vista geologico, rappresenta una porzione del margine meridionale della omonima depressione tettonica (Graben del Campidano). Nel Graben del Campidano, affiorano estesamente i sedimenti clastici continentali pleistocenico-olocenici; estrapolando le informazioni geologiche di aree limitrofe all'area di progetto è verosimile ipotizzare la presenza nel sottosuolo anche di questa parte del Campidano dei sottostanti depositi continentali e marini del Pliocene/Pleistocene (Formazione di Samassi che non affiora ma è stata attraversata da sondaggi profondi, Pecorini e Pomesano Cerchi, 1969). Questi ultimi poggerebbero su di un substrato costituito in larga parte dai depositi marini miocenici e anche dalle vulcaniti calc-alcaline oligo-mioceniche, come testimoniato da alcuni sondaggi esplorativi profondi (es. il pozzo Oristano 1 della SAIS).

Infine, nella porzione sud-orientale dell'area, sono presenti affioramenti di leucomonzograniti a biotite facenti parte del Complesso intrusivo e filoniano tardo-paleozoici (VLD_b).

Al fine di definire l'assetto geologico del settore di interesse di seguito verranno descritti in senso cronologico dal più recente al più antico i litotipi affioranti (**Fig. 5**).

Dal più recente al più antico si rinvencono:

Depositi Quaternari dell'area continentale

Depositi olocenici

- Depositi alluvionali - (**b**) OLOCENE. Ghiaie prevalenti (ba); sabbie prevalenti (bb); limi prevalenti (bc). Spessore: 5 m. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati - (**bn**). Ghiaie prevalenti (bna); sabbie prevalenti (bnb); limi prevalenti, talora terrazzati con resti di ceramiche fluitate (bnc). Spessore: 5-12 m. OLOCENE

Depositi Pleistocenici

- Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME) - (PVM2A). Ghiaie con subordinate sabbie e blocchi, di conoide alluvionale, terrazzate. Spessore: 5 - 50 m. PLEISTOCENE SUP.

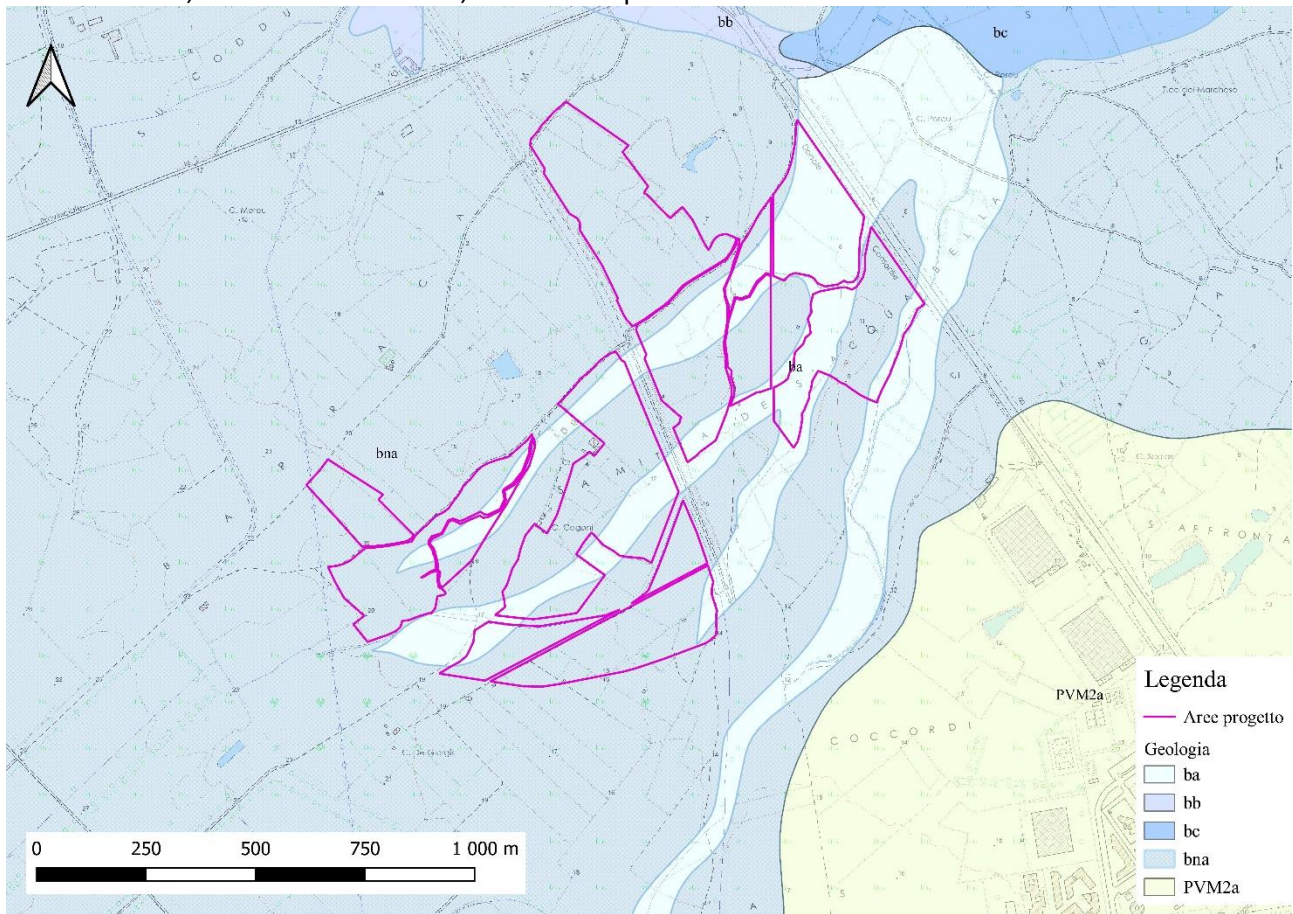


Figura 5 – Inquadramento geologico dell'area (in viola si evidenziano le aree del campo fotovoltaico)

6 - INQUADRAMENTO CLIMATICO

La morfologia dell'area risente direttamente della strutturazione tettonica più recente, ovvero dell'impostazione della Fossa del Campidano che ha avuto la sua massima attività durante il Pliocene medio-Quaternario. Le aree di progetto insistono su un vasto settore pianeggiante delimitato ad Ovest dai rilievi Cagliari. L'area presenta una morfologia sub-pianeggiante con quote che variano da 15 a 35 m s.l.m. e una pendenza media di circa l'1% derivante dall'azione dei corsi d'acqua che vi scorrono e che la delimitano.

I corsi d'acqua principali sono costituiti dal Rio Santa Lucia a Sud e dal Riu Cixerri a Nord; il primo scorre sul bordo occidentale della pianura di Capoterra dopo la confluenza del Riu Gutturreddu e del Riu Gutturu Mannu che scorrono nelle incisioni vallive dei rilievi del Sulcis e che immettendosi nell'area di pianura danno vita al conoide alluvionale; il secondo, presenta un corso rettificato prima di immettersi nell'omonimo lago artificiale che ne regola le portate prima di immettersi nel Riu Mannu e da qui nello Stagno di Cagliari.

Infine nella zona di progetto scorre il Riu s'Isca de Arcosu che nasce dal M. Arcosu e, dopo aver percorso circa 16 km, si immette nel Riu Cixerri.

L'assetto attuale della morfologia dell'area e anche il prodotto della modificazione degli interventi infrastrutturali ad opera delle attività antropiche realizzate a partire dagli anni '60 del secolo scorso

7 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

7.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area ricade nell'U.I.O. del Flumini Mannu - Cixerri. L'U.I.O. del Flumini Mannu – Cixerri è la più estesa tra le U.I.O. individuate con i suoi 3.566 kmq di superficie. Essa comprende, oltre ai bacini principali del Flumini Mannu e del Cixerri, aventi un'estensione rispettivamente di circa 1779,46 e 618,14 kmq, una serie di bacini minori costieri della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a ovest, a Capo Carbonara, a est. L'U.I.O. è delimitata a Nord dall'altopiano del Sarcidano, a Est dal massiccio del Sarrabus – Gerrei, a ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari. Il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e con una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km, rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso, che si svolge in direzione NE-SO, ha origine da molti rami sorgentiferi dall'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa attraverso la Marmilla e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del Campidano sfociando in prossimità di Cagliari nelle acque dello Stagno di S. Gilla. Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano. Gli affluenti principali del Flumini Mannu di Cagliari sono:

- a destra: il Canale Vittorio Emanuele, che drena le acque della depressione di Sanluri, e il Torrente Leni, che convoglia le acque di numerose sorgenti del Monte Linas e giunge nella piana del Campidano in territorio di Villacidro;
- a sinistra: il Torrente Lanessi, con il quale confluisce presso lo sbocco in pianura e che scorre prevalentemente negli scisti e nel Miocene della Trexenta, e il Riu Mannu di San Sperate che drena, con il Rio Flumineddu, le acque della Trexenta

Oltre ai due fiumi principali, hanno una estensione del bacino drenante e un'importanza non trascurabile i seguenti fiumi:

- il Riu di Corongiu che drena le acque della parte meridionale del massiccio del Sarrabus, si sviluppa perpendicolarmente alla linea di costa, e sfocia, dopo aver superato gli sbarramenti che danno luogo ai laghi omonimi (Corongiu II e Corongiu III), nella costa di Flumini di Quartu;
- il Riu di Sestu che drena le acque della parte meridionale delle colline del Parteolla e, dopo aver attraversato l'area pianeggiante tra Sestu e Elmas, termina il suo corso nello Stagno di Santa Gilla, come si è detto in precedenza;
- il Rio di Santa Lucia che drena le acque della parte nord - orientale del massiccio del Sulcis (monti di Capoterra) per poi sfociare nelle Saline di Capoterra;
- il Riu di Pula che drena le acque provenienti dalle pendici sud – orientali del massiccio del Sulcis, riceve le acque di numerosi affluenti, peraltro di modesta importanza data la notevole vicinanza dei rilievi al mare, e sfociano nella costa sud – occidentale della Sardegna, in prossimità dell'abitato di Pula



Figura 6 – “Unità Idrografica Omogenea” del Flumini Mannu Cixerri”

7.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L’area è contrassegnata dalla presenza di un reticolo idrografico ben sviluppato (Fig. 7), con direzione prevalente NW-SE. Si notano i due corsi d’acqua principali quali il Cixerri ed il Flumini Mannu di Cagliari che convogliano nello stagno di Santa Gilla prima di sfociare in mare. Si nota come l’area in entrata allo stagno sia stata regimata artificialmente per migliorare il deflusso dei due fiumi.

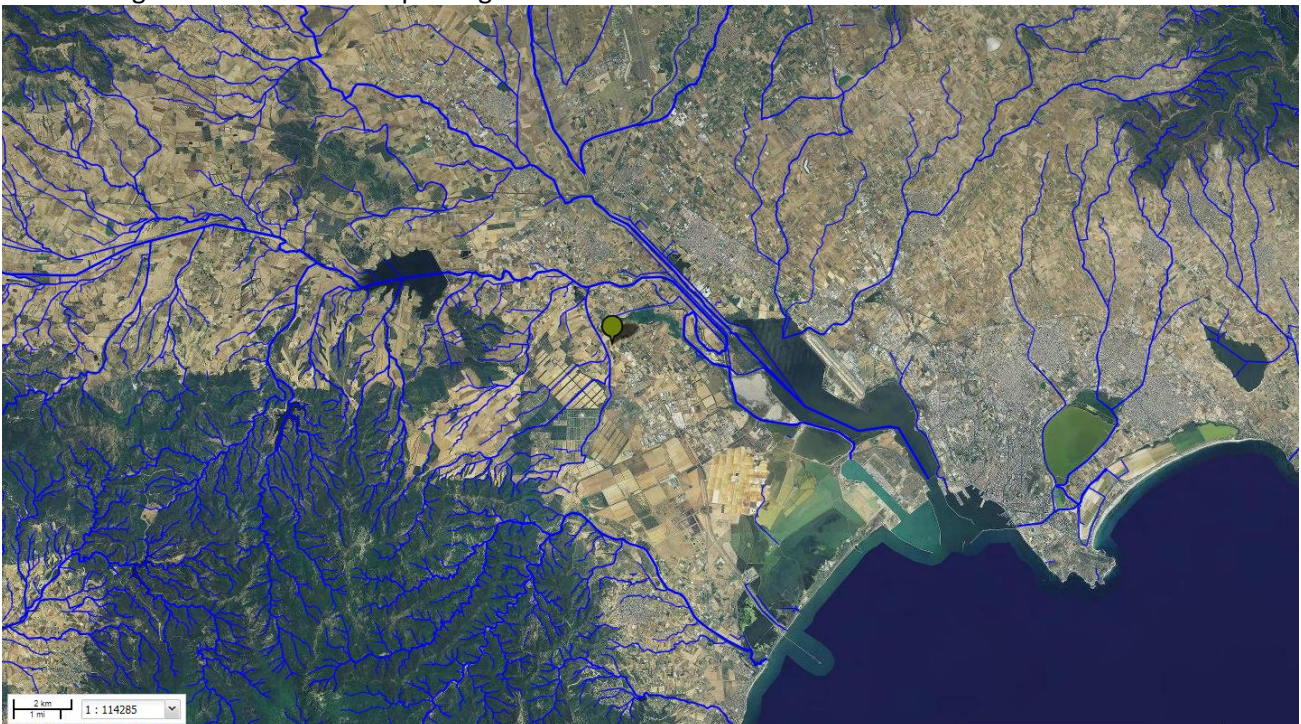


Figura 7 – Idrografia superficiale dell’areale di studio (fonte Geoportale Sardegna)

7.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL’AREA IN ESAME

Dei 37 complessi acquiferi principali individuati per la Sardegna, costituiti da una o più Unità con caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee, quelli che interessano il territorio della U.I.O. del del Flumini Mannu-Cixerri (Fig.8):

1. Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano

2. Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Villasimius
3. Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Cixerri
4. Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale
5. Acquifero Detritico-Carbonatico Eocenico del Salto di Quirra
6. Acquifero delle Vulcaniti Oligo-Mioceniche della Trexenta e della Marmilla
7. Acquifero dei Carbonati Mesozoici della Barbagia e del Sarcidano
8. Acquifero delle Vulcaniti Plio-Pleistoceniche del Monte Arci
9. Acquifero delle Vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Giara di Gesturi
10. Acquifero dei Carbonati Cambriani del Sulcis- Iglesiente
11. Acquifero delle Vulcaniti Oligo-Mioceniche di Pula- Sarroch
12. Acquifero Detritico-Alluvionale Quaternario di Capoterra-Pula



Figura 8 – Complessi acquiferi presenti nella U.I.O. del Flumini Mannu - Cixerri

L'area di progetto ricade all'interno dell'Acquifero Plio-Quaternario del Campidano, nello specifico nell'unità **Unità delle Alluvioni Plio – Quaternarie**. Questa è caratterizzata prevalentemente dalla presenza di depositi olocenici con una alternanza di livelli ghiaioso-sabbiosi e argilloso-limosi a permeabilità variabile che rappresentano un corpo acquifero multifalda dove si ritrovano un acquifero superficiale freatico e uno profondo confinato multistrato. I rapporti tra le due falde sono variabili a seconda della continuità laterale degli orizzonti impermeabili e della presenza dei pozzi che potenzialmente mettono in comunicazione i vari livelli acquiferi. Nelle ricostruzioni piezometriche esistenti i carichi idraulici associati alle due falde spesso coincidono. Lo spessore di questo corpo acquifero multifalda (noto in letteratura come Complesso idrogeologico alluvionale superiore, Ciabatti e Pilia, 2004) è caratterizzato da uno spessore variabile da 50 a 150 m.

Tra le alluvioni antiche, quelle terrazzate sono caratterizzate da bassa permeabilità per porosità; quelle non terrazzate, invece, presentano un minor grado di costipazione ed una matrice più sabbiosa, e pertanto hanno una permeabilità medio-alta per porosità. Il primo acquifero freatico è ospitato quindi nelle formazioni sabbioso-ghiaiose fino a 15-25 m di profondità e poggiano su uno strato argilloso o limoso che è assente nella parte occidentale verso Capoterra dove si configura la presenza di un sistema acquifero unico a permeabilità variabile. I sottostanti livelli sabbioso-ghiaiosi formano acquiferi semiconfinati e confinati. Alla base di questo

complesso idrogeologico è presente un potente strato di argilla ad una profondità compresa tra 40 e i 100 m.

Questi depositi presentano una permeabilità per porosità medio bassa, localmente mostrano una permeabilità medio-alta nei livelli a matrice più grossolana con valori di permeabilità definiti durante prove in sito compresi tra 5×10^{-7} m/s e 3.28×10^{-4} m/s e di trasmissività compresi nell'intervallo tra 8×10^{-5} m²/s e 2.5×10^{-2} m²/s.

Dall'analisi della morfologia della superficie piezometrica ricostruita nell'ambito del progetto RAS (2009) è possibile individuare un deflusso principale con direzione da Ovest verso Est con un gradiente idraulico variabile dal 5 al 9‰.

La falda, nella ricostruzione del 2009, risulta depressa con una forma radiale convergente incentrata nella zona caratterizzata da pozzi ad uso industriale e agricolo. La profondità della falda, come visibile anche dai pozzi presenti nell'archivio Ispra, è variabile nell'intorno dell'area di progetto da 25 m a 5 m circa di profondità da p.c. (fino a raggiungere pochi metri da p.c. spostandosi verso il Golfo di Cagliari).

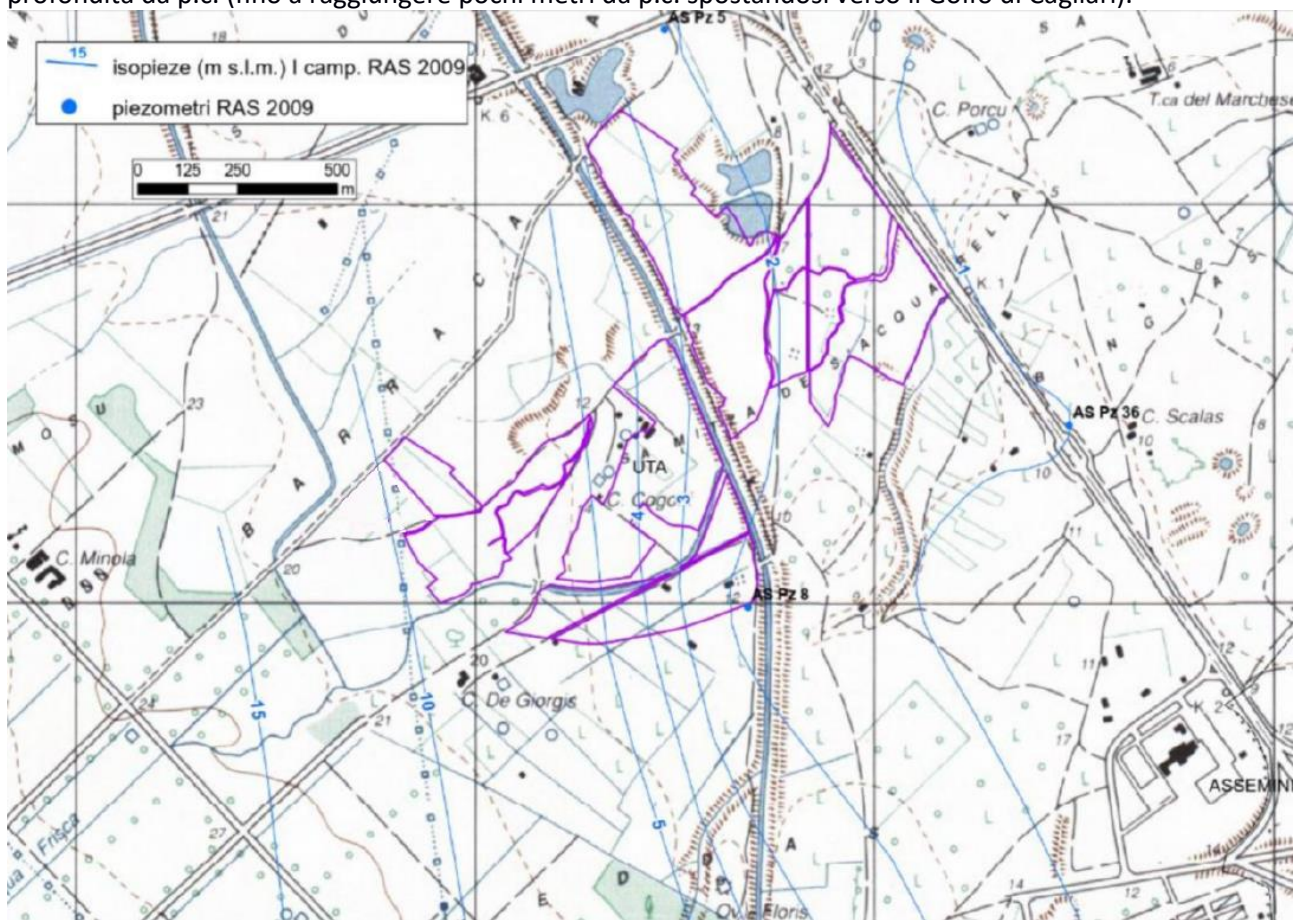
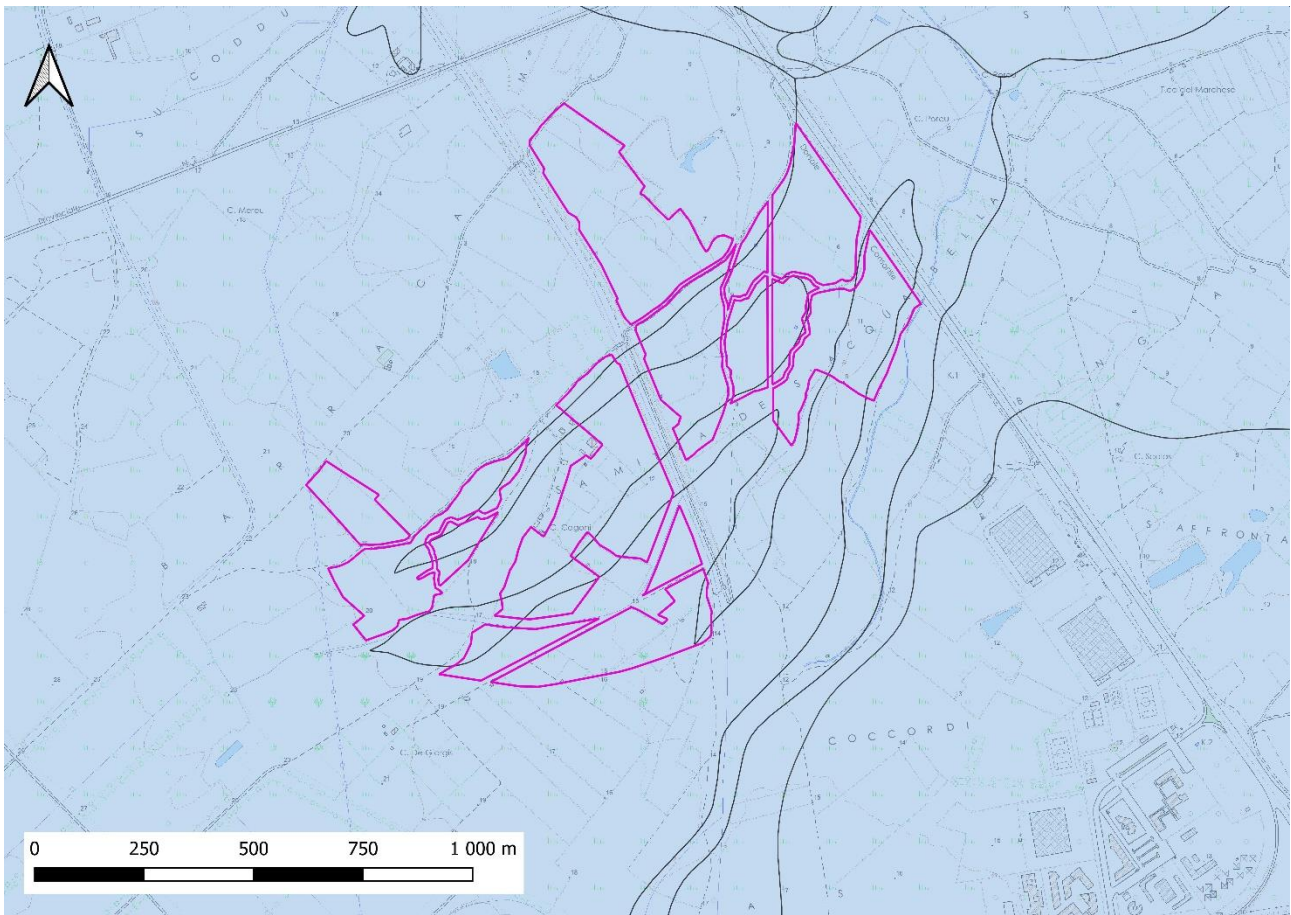


Figura 9 – Ricostruzione piezometrica dell'area (in viola si evidenziano le aree del campo fotovoltaico) da RAS 2009

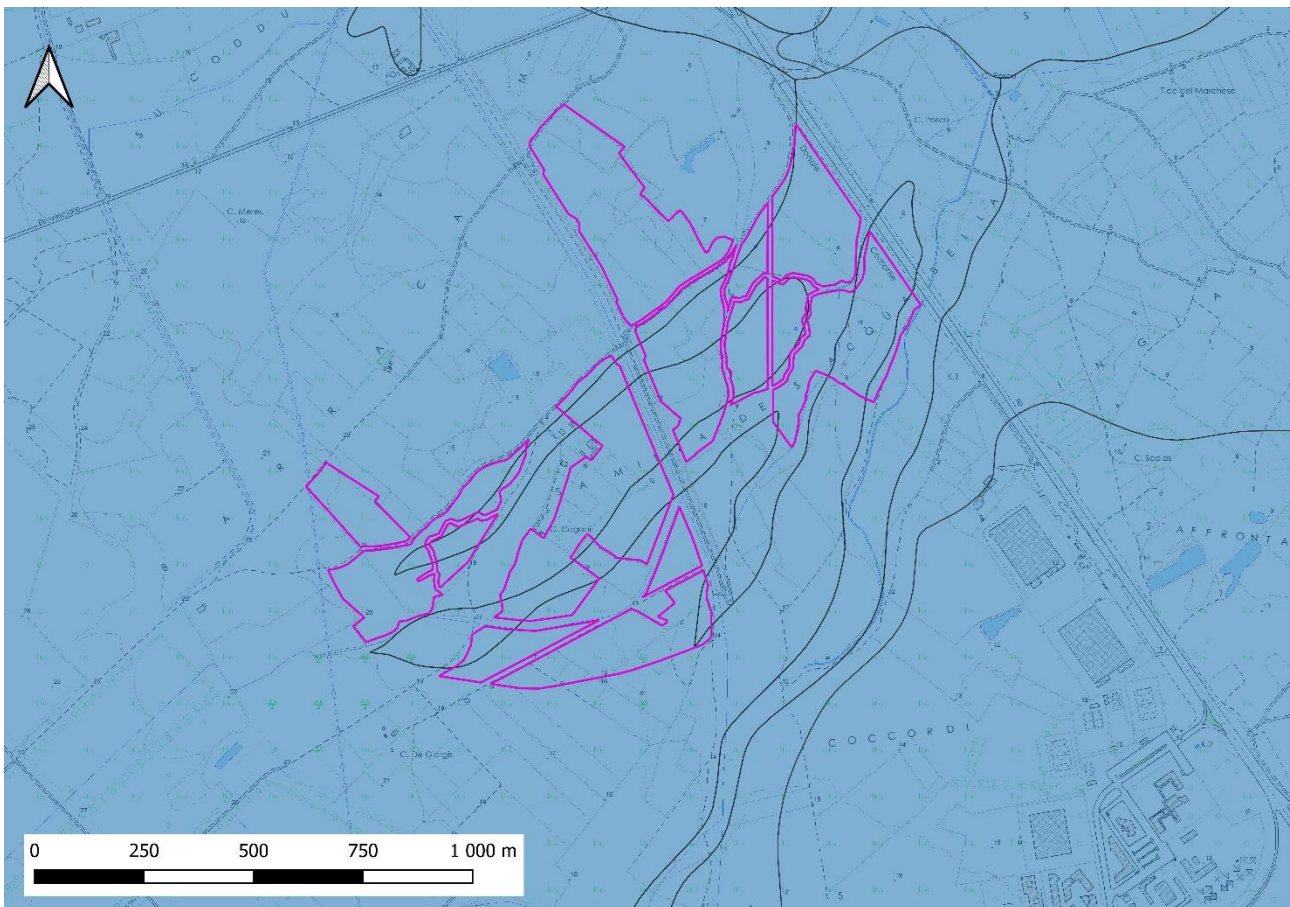


Unità idrogeologica	Litologia	RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)				
		10 ⁰	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻¹⁰
		Molto Alta	Alta	Media	Bassa	Molto Basso Impermeabile
Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie	Depositi alluvionali e terrazzati conglomeratici, argillosi (ba, bna e PVM2a)	▶				

Figura 10 – Carta permeabilità dell'area, (in viola si evidenziano le aree del campo fotovoltaico).

8 - INQUADRAMENTO GEOPEDOLOGICO

L’analisi dei dati riportati in letteratura e della cartografia ufficiale, finalizzati alla conoscenza degli aspetti geopedologici dell’area in esame e di quelle adiacenti, ha consentito, attraverso una ripartizione in grande che esclude i suoli poco indicativi per spessore ed estensione, l’individuazione di 1 unità cartografiche, rappresentate in **Fig 11** “Carta Geopedologica in scala 1: 10.000”. Ogni singola unità individuata comprende associazioni di suoli la cui suddivisione, basata primariamente sulla litologia e relative forme, è funzione del grado di evoluzione o di degradazione e dell’uso attuale del territorio. I caratteri presi in considerazione per classificare i suoli sono: profondità (**Tab. 2**), profilo, tessitura (**Fig. 12**), permeabilità, reazione (**Tab. 3**) e saturazione in basi. (**Tab. 4**). La classificazione dei suoli utilizzata è quella proposta dal Servizio del Suolo USDA, dove le associazioni di suoli consistono di due o più componenti tassonomiche principali e di alcune subordinate che si riscontrano nell’unità come inclusioni.



Legenda

UNITA'	SUBSTRATO	USO ATTUALE	FORME	SUOLI PREDOMINANTI E SUBORDINATI	CARATTERI DEI SUOLI	CLASSE DI CAPACITA' D'USO
I1	Alluvioni su arenarie eoliche cementate del Pleistocene.	Aree con prevalente utilizzazione agricola.	da subpianeggianti a pianeggianti	Typic, Aquic, Ultic Palexeralfsp Xerofluvent, Ochraqualfs	Profondità: profondi Tessitura: da FS a FSA in superficie, da FSA ad A in profondità Permeabilità: da permeabili a poco permeabili Erodibilità: moderata Reazione: da subacidi ad acidi Carbonati: medi Sostanza organica: scarsa Saturazione in basi: da saturi a desaturati	III IV


 Aree campo fotovoltaico

Figura 11 - Carta geopedologica 1: 10.000

Reazione	
	pH
Acidi	< 5,6
Subacidi	5,7 - 6,5
Neutri	6,6 - 7,3
Subalcalini	7,4 - 7,8
Alcalini	>7,8

Tab. 2

Profondità	
Poco profondi	< 50 cm
Mediamente profondi	50 - 100 cm
Profondi	> 100 cm

Tab.3

Saturazione in NH4	
Desaturati	< 35 %
Parzialmente desaturati	35 - 75 %
Saturati	> 75 %

Tab.4

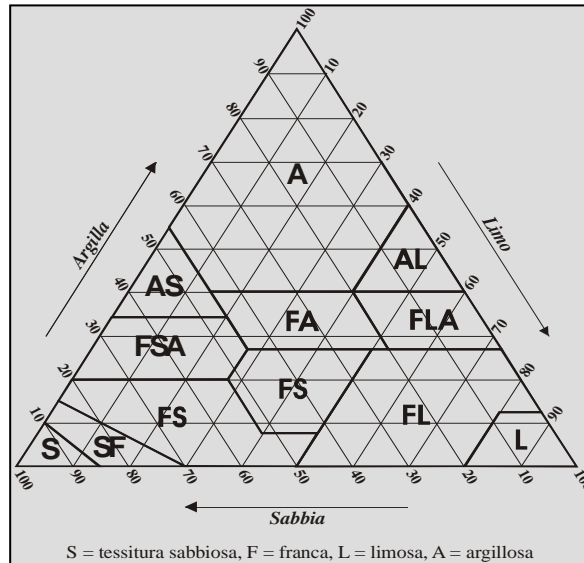


Figura 12 - Diagramma della tessitura.

8.1 CARATTERI GEOPEDOLOGICI

All'interno dell'area cartografata le cinque unità pedologiche individuate, che si differenziano per l'altimetria, la morfologia, la copertura vegetale e l'uso del territorio, sono denominate, secondo la carta dei suoli della Sardegna in I, e G.

Unità I₁ - L'unità, che si sviluppa su un substrato costituito da paesaggi su alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene, con aree da subpianeggianti a pianeggianti con prevalente utilizzazione agricola. L'evoluzione dei profili mostra una successione di orizzonti tipo A-Bt-C, A-Btg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, con tessitura da franco sabbiosa a franco sabbioso argilloso in superficie e da franco sabbioso argilloso ad argilloso in profondità. Sono dei suoli da permeabili a poco permeabili, subacidi ad acidi, da saturi a desaturati. I suoli predominanti sono Typic, Aquic, Ultic Palexeralfs, subordinatamente Xerofluvent, Ochraqualfs. Le limitazioni all'uso sono dovute principalmente al drenaggio da lento a molto lento, all'eccesso di scheletro e un moderato pericolo di erosione. In **Tab. 5** si riportano i caratteri principali di tali suoli.

Le caratteristiche riportate fanno rientrare l'unità nella classe III-IV di capacità d'uso per le quali le destinazioni ottimali sono le colture erbacee e nelle are più drenate, colture arboree anche irrigue

Profondità	<i>Da poco profondi a profondi</i>
Tessitura	<i>da franco sabbiosa a franco sabbioso argilloso in superficie e da franco sabbioso argilloso ad argilloso in profondità</i>
Permeabilità	<i>da permeabili a poco permeabili</i>
Erodibilità	<i>moderata</i>
Reazione	<i>subacidi ad acidi</i>
Carbonati	<i>elevati</i>
Saturazione in basi	<i>da saturi a desaturati</i>

Tab. 5 - principali caratteristiche pedologiche dell'unità I

In **Tab. 6** si riporta una sintesi dei principali caratteri delle classi di capacità d'uso presenti nel territorio cartografato.

Caratteri	I	II	III	VI	VIII
Scheletro	assente	da scarso a comune	da scarso a elevato	elevato	elevato
Tessitura	tutte eccetto sabbiosi, sabbiosi-franchi grossolani ed argilloso molto fine	tutte eccetto sabbiosi, sabbiosi-franchi grossolani ed argilloso molto fine	tutte eccetto sabbiosi grossolani	sabbiosi grossolani argillosi molto fini	sabbiosi grossolani argillosi molto fini
Profondità del suolo	>80 cm	80-60 cm	60-40cm	20-60 cm	<10
Drenaggio	normale	normale	lento	lento	molto lento
Profondità orizzonte petrocalcico	>100	80-40	40-20	-	-
salinità	assente	assente	assente	assente	alta
Profondità della roccia madre:					
Rocce tenere	>80	80-50	50-30	<20	<10
Rocce dure	>100	100-60	60-30	<20	<10
Pietrosità	assente	comune	comune	elevata	elevata
Rocciosità	assente	assente	assente	elevata	elevata
Pendenze	0-5%	5-15%	5-15%	30-40%	60%
Pericolo di erosione	assente	moderato	da moderato ad elevato	da moderato ad elevato	elevato

Tab. 6 - principali caratteri delle classi di capacità d'uso presenti nel territorio cartografato

9 - INQUADRAMENTO P.A.I. E PSFF

9.1 P.A.I.

Il P.A.I. è uno strumento conoscitivo che fornisce delle norme di attuazione e delle linee guida per la perimetrazione di aree a rischio sia geomorfologico sia idraulico.

Rischio geomorfologico

Il rischio da frana R_g è definito come prodotto fra la pericolosità H_g dei fenomeni di dissesto, la presenza sul territorio di elementi a rischio E_g (stabiliti dal DPCM 29.091998) la loro vulnerabilità V (quando gli elementi a rischio sono costituiti da persone la vulnerabilità si assume pari a 1).

$$R_g = H_g \times E_g \times V$$

Per il rischio e la pericolosità da frana totale R_g e H_g si è operata una quantificazione secondo 4 livelli, riportati rispettivamente in **Tab. 7** e **Tab. 8**, dove sono evidenziati gli estremi superiore delle classi.

Classe	Intensità	Descrizione effetti
Rg1	Moderato	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale
Rg2	Medio	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
Rg3	Elevato	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
Rg4	Molto elevato	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.

Tab. 7 – Classificazione del rischio da frana e descrizione degli effetti attesi.

Classe	Intensità	Descrizione
Hg1	Moderata	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali.
Hg2	Media	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi.
Hg3	Elevata	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente 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 pluridecennali.
Hg4	Molto elevata	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti.

Tab. 8 – Classificazione della pericolosità da frana e descrizione degli effetti.

Rischio idraulico

Il Rischio Idraulico (R_i) è definito dalle linee guida del P.A.I. come il prodotto di tre fattori secondo l'espressione:

$$R_i = H_i \times E \times V$$

R_i = rischio idraulico totale, quantificato secondo 4 livelli, riportati in Tab. 6.1/C, dove sono evidenziati gli estremi superiori delle classi.

H_i = pericolosità (natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo con il DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli, pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Le classi di pericolosità sono riassunte nella **Tab. 9**.

Classe	Intensità	Descrizione
Hi4	Molto elevata	aree a pericolosità molto elevata relative a portate di piena con tempi di ritorno di 50 anni
Hi3	Elevata	aree a pericolosità elevata relative a portate di piena con tempi di ritorno di 100 anni
Hi2	Media	aree a pericolosità media relative a portate di piena con tempi di ritorno di 200 anni
Hi1	Moderata	aree a pericolosità moderata relative a portate di piena con tempi di ritorno di 500 anni

Tab. 9 - Descrizione delle classi di pericolosità idraulica

E = elementi a rischio; ai sensi del citato DPCM sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi, ad ogni classe è stato attribuito un peso secondo una scala tra [0, 1].

V = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alla sollecitazione indotta dall’evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E4, E3 e parte di E2, la vulnerabilità, secondo quanto si evince dal DPCM, sarà assunta pari all’unità; per quanto concerne gli elementi di altro tipo occorrerebbe provvedere ad effettuare analisi di dettaglio sui singoli cespiti, ma esse esulano dai limiti delle attività previste dal dispositivo di legge e, pertanto, anche a tali elementi si attribuirà un valore di vulnerabilità ancora unitario.

Rischio idraulico totale			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
Ri1	Moderato	£ 0,002	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
Ri2	Medio	£ 0,005	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l’incolumità del personale, l’agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
Ri3	Elevato	£ 0,01	Sono possibili problemi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
Ri4	Molto elevato	£ 0.02	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Tab. 10 - Descrizione delle classi di rischio idraulico e loro quantificazione

In base alla cartografia allegata al Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, risulta che il sito è inquadrato nel Bacino del Mannu di Pabillonis-Mogoro.

Secondo quanto recepito per il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna l’area non è perimetrata. Per la definizione delle aree a pericolosità idraulica dei tratti dei corsi d’acqua appartenenti al reticolo idrografico che non sono stati ancora definite è stato redatto (dal Dott. Daniele Bosco) un apposito studio idrologico-idraulico ai sensi dell’art. 30bis e 20 ter delle Norme PAI; in particolare sono state perimetrare le aree a pericolosità idraulica relative ai corsi d’acqua denominati Sa Spindula, Rio Coccodi e Gora S’Acqua Frisca che hanno consentito di perimetrare le aree di progetto escludendo quelle a pericolosità idraulica elevata e molto elevata e per la definizione delle quali si rimanda al suddetto studio.

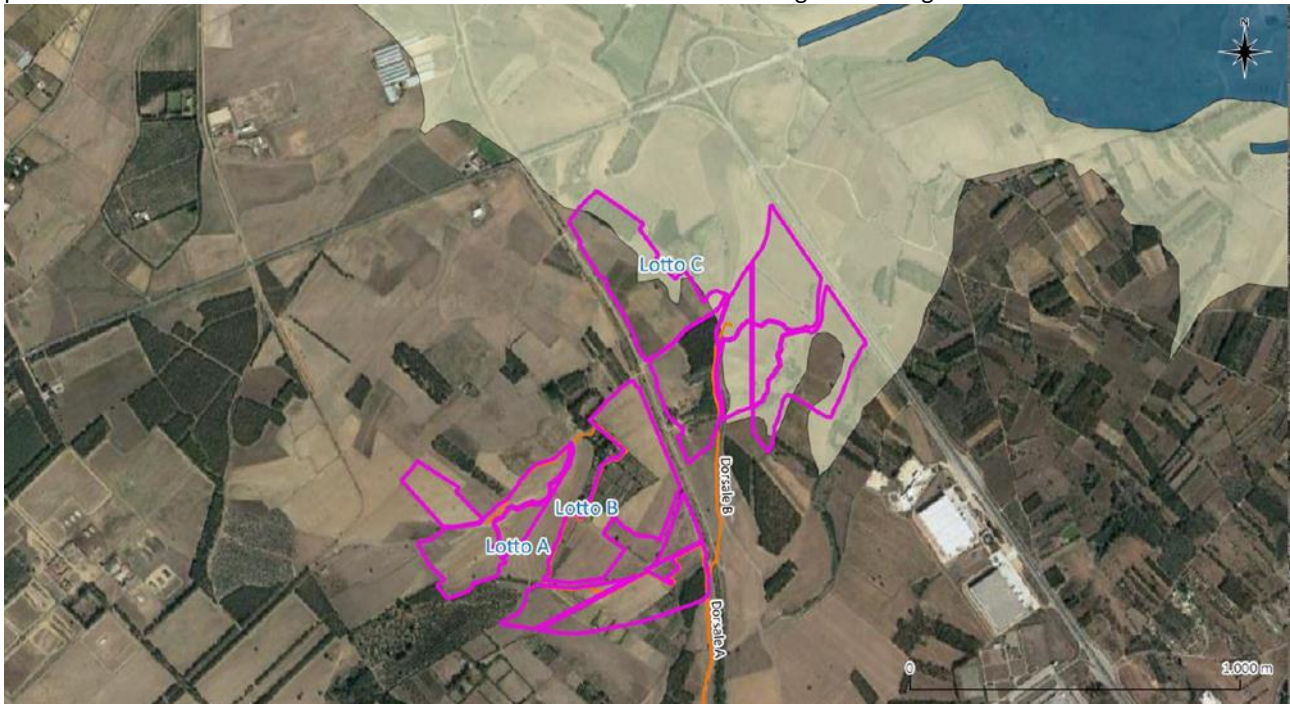
Infine dall’analisi degli strumenti urbanistici comunali l’area risulta caratterizzata dalla assenza di fenomeni franosi.

9.2 PSFF

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d’acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l’uso della risorsa idrica, l’uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Le fasce di inondabilità sono definite come porzioni di territorio costituite dall’alveo del corso d’acqua e dalle aree limitrofe caratterizzate da uguale probabilità di inondazione. La delimitazione delle fasce sarà effettuata in corrispondenza di portate di piena convenzionalmente stabilite in relazione al corrispondente tempo di ritorno. Le portate di massima piena annuali sono determinate in termini probabilistici corrispondenti a determinati valori del periodo di ritorno T, il quale fornisce una stima del valore di portata che può venire mediamente superato ogni T anni. Sulla base delle portate al colmo di piena per stabiliti periodi di ritorno si dovrà effettuare quindi l’individuazione dell’estensione areale delle possibili inondazioni. La specifica articolazione delle fasce è conforme sia per le modalità di perimetrazione sia per il merito delle prescrizioni generali alle indicazioni del D.L.180/98, convertito con modificazioni

nella L. 267/98. L'articolazione delle aree inondabili in fasce si deve eseguire attraverso la suddivisione in aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione seguendo l'articolazione prevista in fase di salvaguardia dal citato D.L. 180/98. L'analisi della cartografia ha mostrato che le aree oggetto della presente relazione sono parzialmente soggette alla perimetrazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e ricadono in Fascia geomorfologica C



PSFF 2015 (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali)

- A2: Tr < 2 anni
- A50: Tr = 2 - 50 anni
- B100: Tr = 50 - 100 anni
- B200: Tr = 100 - 200 anni
- C: Fascia Geomorfologica

Figura 13 - Carta del PSFF 2015 (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali; Geoportale della Sardegna)

10 – ANALISI E DESCRIZIONE DELLA SISMICITÀ STORICA

Per evidenziare l’influenza dei terremoti passati avvenuti nell’area di studio, è stata ricostruita la storia sismica dell’area interessata dall’opera in progetto. I dati sono stati tratti dal database disponibile sul web “DBMI15”, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana (a cura di Stucchi M. ET al., 2007), che contiene i dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti, che sono stati utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15.

Sulla base del database “DBMI15” non sono emersi eventi sismici significativi in Sardegna.

Che la sismicità della Regione Sardegna sia bassa, anzi bassissima, ce lo dicono molti indicatori: l’evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l’intero blocco sardo-corso è rimasto pressoché stabile negli ultimi 7 milioni di anni.

Il catalogo storico dei terremoti (**Tab. 11**) riporta, infatti, solo 2 eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5.

Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, rari, che possono avvenire un po’ ovunque; in particolare i terremoti localizzati in mare nel Tirreno Orientale, risultano piuttosto superficiali (profondità inferiori a 20 km). Dal punto di vista della pericolosità sismica, vale a dire della probabilità di occorrenza di questi eventi, il livello è così basso che non si riesce a valutare in maniera adeguata e affidabile. Per questi motivi si propone un valore di “default” per tutta la Sardegna di accelerazione massima pari a 0,050 g, cioè un valore di pericolosità prefissato, basso, di cautela per l’intera isola.

L’evento sismico più forte in Sardegna è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari; spaventarono la popolazione ma non fecero danni.

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015									
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia									
Year	Epicentral Area	Main Ref	TLD	Lat	Lon	Dep	Io	Tlo	Mw
1616	Sardegna meridionale	CAMAL011b	MM	39,131	9,502		6-7	bx	4,91
1771	Sardegna meridionale	CAMAL011b	MM	39,213	8,936		5	bx	4,43
1924	Mare di Corsica	ISS	II	41,7	8,5				
1948	Mar di Sardegna	AMGNDT995	MI	41,082	8,969		6	bx	4,72
1970	Mare di Sardegna	ISC	II	40,95	7,42				4,79
2000	Tirreno centrale	ISC	II	40,929	10,077	10			4,3
2000	Tirreno centrale	ISC	II	40,955	10,097	1			4,77
2000	Tirreno centrale	ISC	II	40,914	10,114	10			4,31
2001	Tirreno centrale	ISC	II	40,884	9,99	25,3			4
2001	Tirreno centrale	ISC	II	41,409	10,126	31,2			4,35
2004	Tirreno centrale	ISC	II	41,015	9,967	24,4			4,06
2004	Tirreno centrale	ISC	II	40,958	10,05	15			4,58
2006	Capo Teulada	ISC	II	38,924	8,931	10			4,03

Tab. 11 – Catalogo eventi macrosismici in Sardegna dal DBMI15 dell’INGV

La **Fig. 14** evidenzia gli eventi macrosismici registrati nel DBMI15 in Italia.

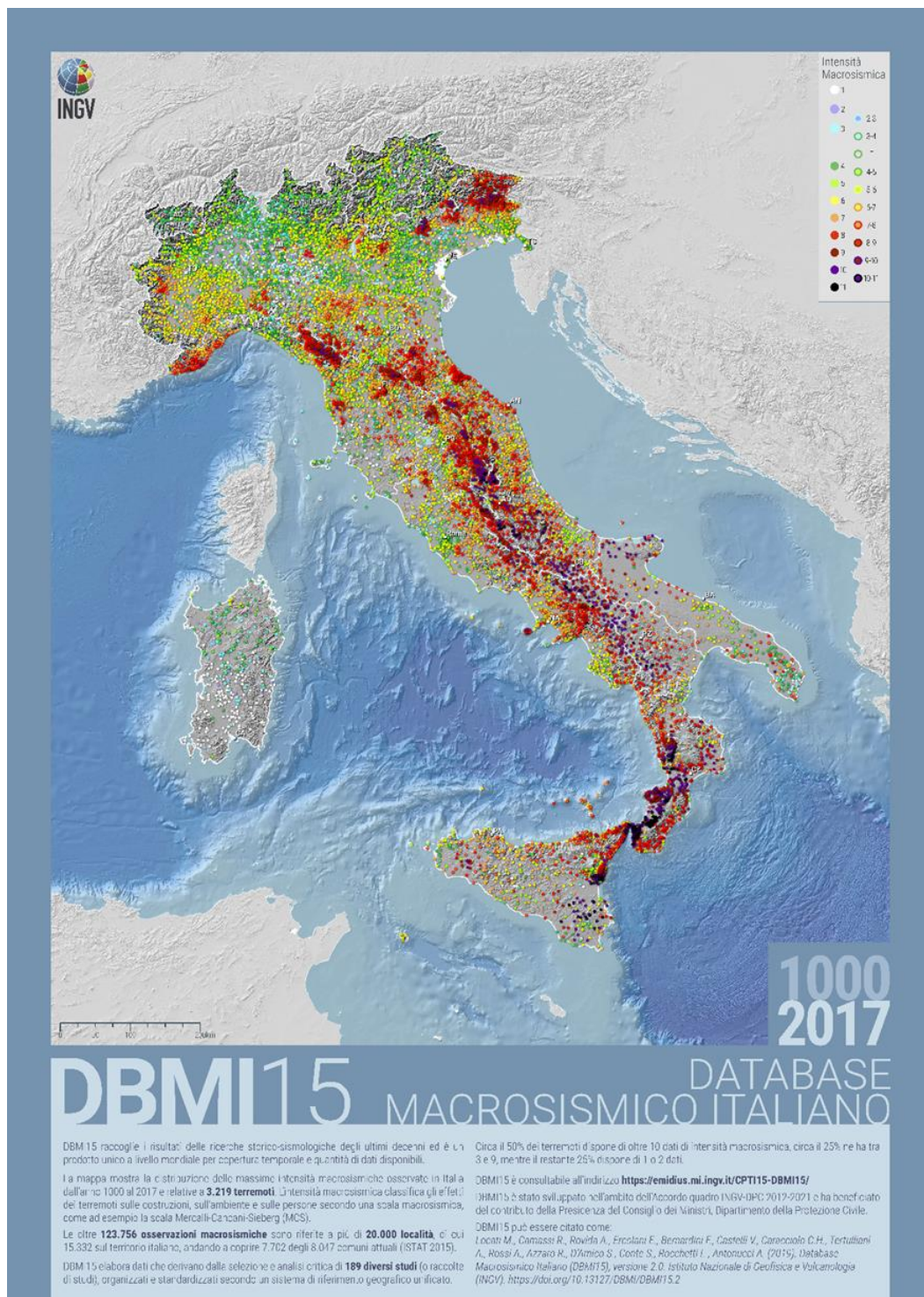


Figura 14 - Catalogo eventi macrosismici in Italia dal DBMI15 dell'INGV

Consultando la carta di Zonazione Sismogenetica ZS4 (1996) e la successiva Zonazione Sismogenetica denominata ZS9 (Fig. 15), elaborata dal gruppo di lavoro facente capo all'INGV (2004), si può evidenziare che le aree interessate dalle opere in progetto non ricadono all'interno di nessuna area sorgente.

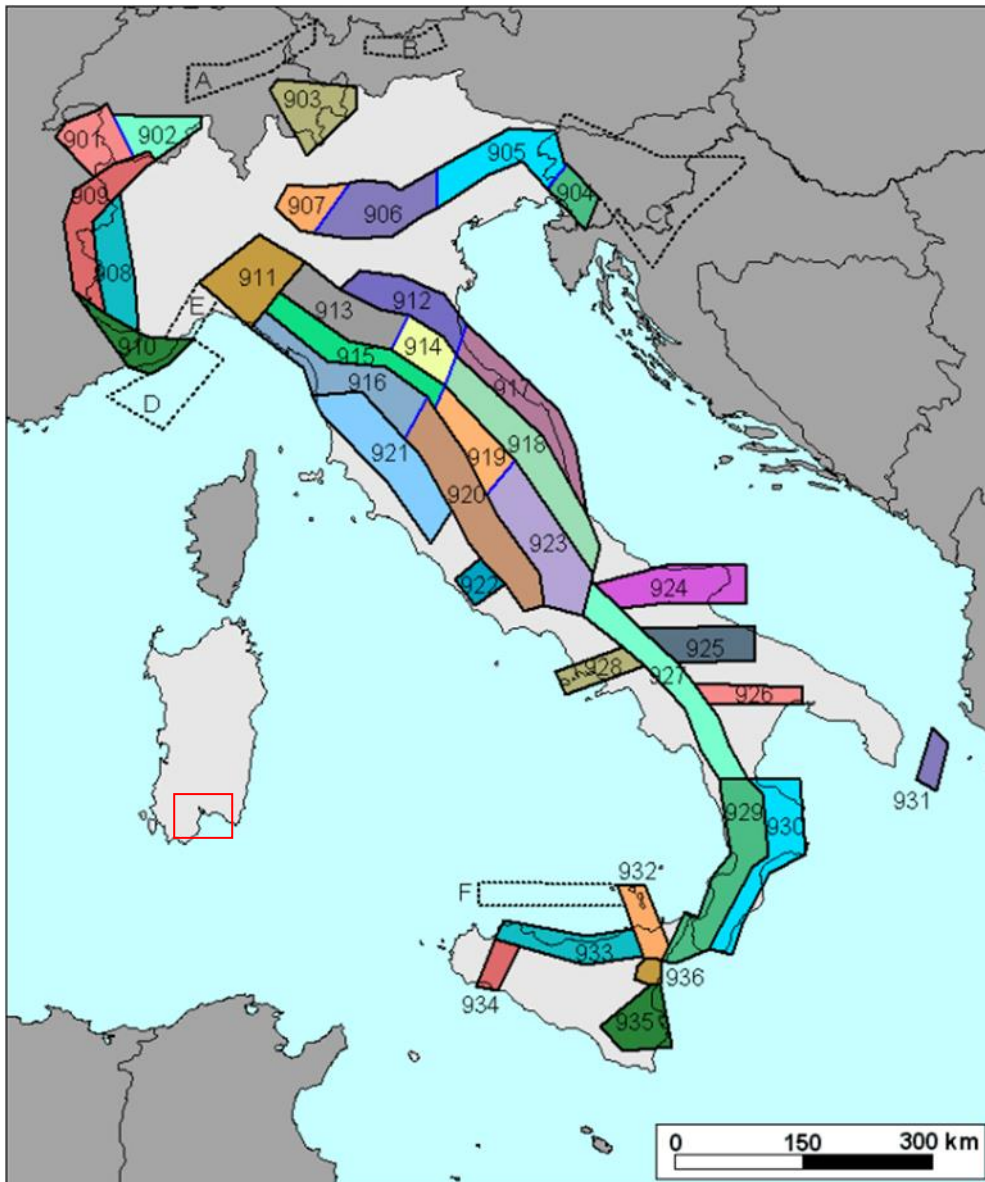


Figura 15 - Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia (Gruppo di lavoro INGV, 2004).

Per quanto riguarda la Sardegna, data la bassa sismicità dell'isola, non è stata ricostruita alcuna zona sismogenetica affidabile (Stucchi ET al., 2007), e sulla base della Classificazione sismica del 2015 realizzata dal Dipartimento di Protezione Civile, la Sardegna ricade in zona sismica con livello di pericolosità 4 (Fig. 16).

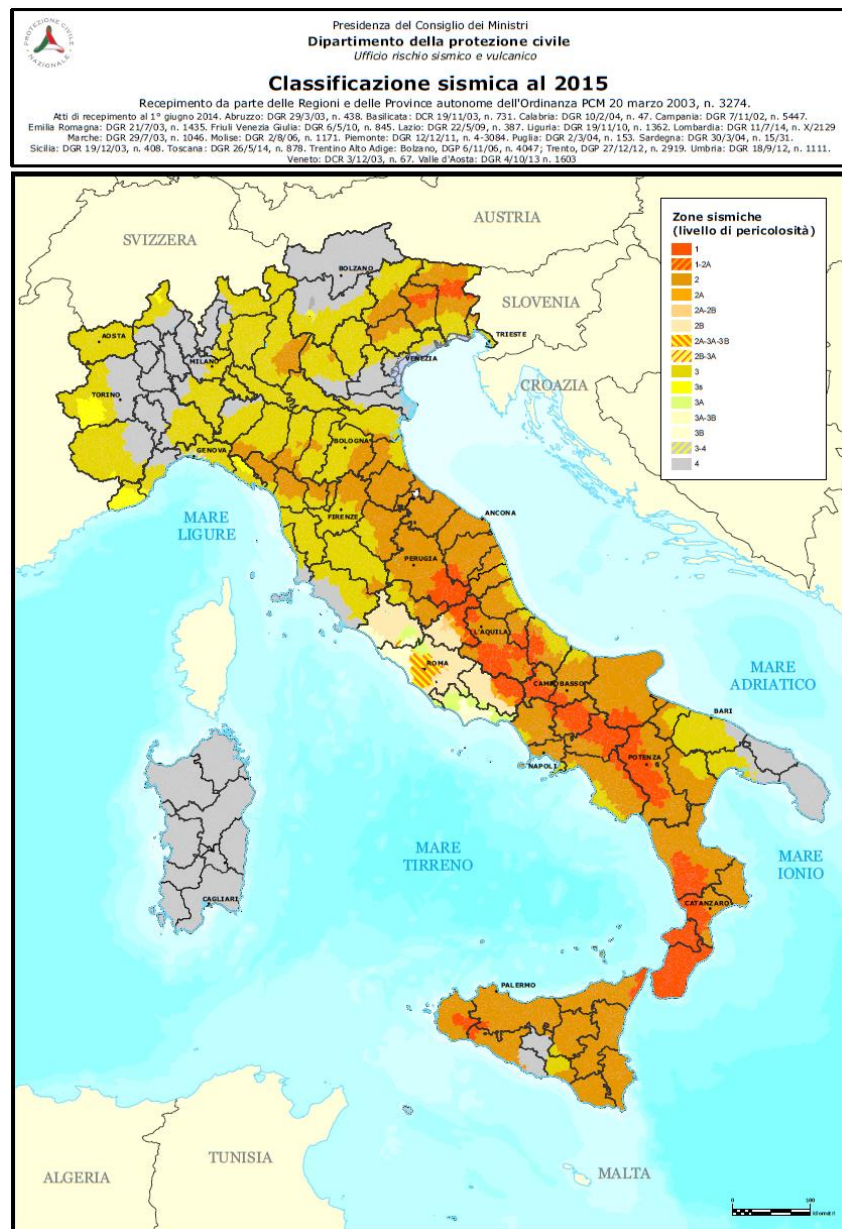


Figura 16 - Classificazione della pericolosità sismica dell'Italia (Dipartimento di Protezione Civile)

Esistono comunque le “Istruzioni per l’applicazione delle NTC di cui al D.M 14 gennaio 2008 (circolare n. 617 /2009)” e successive modificazioni, le quali danno le indicazioni progettuali per la costruzione in queste zone di pericolosità sismica bassa, nelle quali si possono adottare due diversi metodi semplificati di verifica di stabilità: il metodo 1 si basa sulle tensioni ammissibili mentre il metodo 2 adotta una verifica di sicurezza agli stati limiti.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un’accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Secondo le NTC08 e successive modificazioni, le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell’Allegato A alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore a_g , è desunto dalla pericolosità sismica di riferimento (fornita dall'INGV), mentre F_0 e T_c^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA SECONDO LE NTC 2018

Sulla base di quanto specificato nel *cap 2.4 delle NTC 2018* è possibile attribuire un valore di Vita Nominale di progetto, una classe d'uso, un conseguente periodo di riferimento caratteristico e degli stati limite caratteristici.

Vita nominale

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali (**Tab.12**).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 12 - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Questo parametro solitamente fornito dal progettista, è nel caso del seguente studio pari a 500 in quanto si tratta di un'opera che dovrà mantenere le sue caratteristiche nel tempo.

Classi d'uso

Il parametro riguardante la Classe d'uso dell'opera viene riferito alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, per questo le costruzioni sono così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel presente caso di studio si può quindi attribuire una **Classe d'uso II**. Trattandosi di un'opera con un flusso giornaliero di personale, la quale tuttavia in caso di mal funzionamento non provocherebbero situazioni d'emergenza tali da ricadere in classi d'uso più elevate.

Periodo di riferimento per l'azione sismica.

Determinata la vita nominale e la classe d'uso è possibile ricavare un periodo di riferimento per l'azione sismica V_R , che agisce sulle costruzioni e si ottiene moltiplicando la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in **Tab. 13**.

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

Tab. 13 – Valori del coefficiente d'uso C_u

Di conseguenza otterremo un valore di V_R pari a 50. Si precisa che i seguenti valori sono indicativi e devono poi essere utilizzati per il calcolo degli Stati limite e le relative probabilità di superamento nel caso si decida di costruire delle ulteriori opere lungo i versanti interessati. Infatti per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -C_U * V_N / \ln(1 - P_{V_R})$$

Dove P_{V_R} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R , a cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati. La probabilità di superamento in funzione dello stato limite è così riferita (**Tab. 14**):

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 14 – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato.

Risposta sismica locale (approccio semplificato)

Dati tutti i parametri sopra citati, è possibile ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, valutare mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel §7.11.3 l'effetto della risposta sismica locale. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella **Tab. 3.2. II del Cap 3.2.2 delle NTC 2018**, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S definita come segue:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.II, Cap 3.2.2 delle NTC 2018 – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Per la definizione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento, in via preliminare, ad una serie di indagini Masw eseguite in un'area adiacente con analoghe caratteristiche sismostratigrafiche.

In particolare la $V_{s,eq}$ varia da 411 a 518 m/s, pertanto utilizzando l'approccio semplificato il sito di progetto rientra in **categoria B** così definita dalle NTC 2018: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

L'accelerazione sismica è anche influenzata dalle condizioni topografiche in cui si trova il sito d'interesse poiché esse vanno a modificare l'azione sismica in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, incidendo sullo spettro di risposta elastico.

Condizioni topografiche.

Si prendono poi in considerazione le condizioni topografiche complesse per le quali è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Tuttavia, come in questo frangente, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione presente nella **Tab. 3.2.III, NTC 2018:**

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

Tab. 3.2.III, NTC 2018 – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Nel presente caso si ricade in categoria **T1** in quanto non abbiamo situazioni di versanti in cresta e la superficie è inclinata meno di 15° .

Potenziale di liquefazione

Nell'area esaminata è stata presa in considerazione la possibilità che possa verificarsi il fenomeno della liquefazione in concomitanza di un evento sismico.

Si tratta di un evento, peraltro abbastanza raro, che avviene soltanto nelle sabbie pulite a granulometria omogenea e provoca, in presenza di falda, la completa perdita di resistenza in seguito all'azione sismica.

Ai sensi dei punti 3 e 4 del par. 7.11.3.4.2 delle NTC2018 si può escludere il verificarsi di tale fenomeno in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g.

11 – GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il terreno proveniente dalle operazioni di scavo potrà essere utilizzato per la sistemazione ambientale dell'intorno dell'area di intervento ai sensi dell'art. 185 comma 1 lett. c-bis D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. Tale articolo prevede che non rientrano nell'ambito di applicazione della parte IV del D.Lgs. 152/2006 ovvero sono esclusi dal regime dei rifiuti *“il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato”* previa caratterizzazione. Le terre e rocce da scavo non contaminate provenienti dall'attività di scavo possono quindi essere riutilizzate a fini di costruzione allo stato naturale per riempimenti e modellamenti superficiali all'interno dell'area di cantiere. Le modifiche introdotte dall'art. 41 comma 3 del DL 69/2013, così come convertito nella legge 98/2013, prevedono comunque che, in presenza di materiali di riporto, vi sia l'obbligo di effettuare il test di cessione di cui al DM 5/2/1998 e s.m.i.

Nelle aree interessate dal Piano di Caratterizzazione, ove sia stato certificato il non superamento delle CSC, le terre e rocce oggetto di scavo possono essere valutate ai sensi del DPR 120/2017 come sottoprodotto.

Qualora via sia la necessità di utilizzare i materiali di scavo presso altri siti si potrà fare riferimento al regime del sottoprodotto ex art. 184bis D.Lgs. n. 152/2006, così come indicato anche dal comma 4 dell'art. 185 D.Lgs. n. 152/06, il quale dispone: *“Il suolo escavato non contaminato e altro materiale allo stato naturale, utilizzati in siti diversi da quelli in cui sono stati escavati, devono essere valutati ai sensi, nell'ordine, degli articoli 183, comma 1, lettera a), 184-bis e 184-ter. In attuazione dell'[articolo 184-bis del](#) suddetto decreto, l'art. 4 del D.P.R. 120/2017 al comma 1 stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo generate in cantieri di piccole dimensioni, in cantieri di grandi dimensioni e in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, siano qualificati come sottoprodotti e non come rifiuti, nonché le disposizioni comuni ad esse applicabili.*

Infine, riguardo ai materiali di riporto, il comma 3 prevede che *“Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10.”*

12 – CONCLUSIONI

L'impianto insisterà su una superficie totale di circa 63,30 ha, suddivisa in tre lotti principali, nell'agro dei territori del Comune di Uta all'interno del perimetro del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari – CA.C.I.P. di Macchiareddu, su aree destinate, secondo la pianificazione consortile, ad "attività industriali".

Nel settore d'interesse si notano dei depositi olocenici recenti sovrapposti ai più antichi Pleistocenici. Più precisamente i lotti si impostano su Depositi alluvionali (**ba**), sui Depositi alluvionali terrazzati (**ba**), seguiti dai depositi Pleistocenici (**PVM2a**).

Dal punto di vista idrogeologico, l'area ricade all'interno **Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano**, più precisamente nell'unità **Unità delle Alluvioni Plio – Quaternarie**, caratterizzata da Depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi; depositi lacustro – palustri con una permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.

In relazione ai dati ottenuti in seguito al rilievo geologico e geomorfologico e da quelli ottenuti dalla bibliografia si possono riassumere le seguenti considerazioni conclusive:

- L'opera insisterà sulle sabbie argillose, alternate a livelli argilloso sabbiosi.
- Non si evidenziano fenomeni erosivi e/o di dissesto;
- La bassa sismicità locale permette di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni in concomitanza di eventi sismici.
- i lotti ricadono parzialmente nell'area perimetrata ai sensi del PSFF come "Fascia geomorfologica C"

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, il settore di interesse può essere considerato idoneo alle opere previste.

Cagliari, 08 ottobre 2021

IL GEOLOGO