



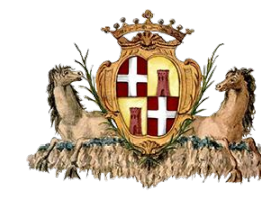
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



PROVINCIA DI SASSARI



COMUNE DI PORTO TORRES



COMUNE DI SASSARI

"Progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto Agrivoltaico nel Comune di **Porto Torres** (SS) e delle relative opere di connessione alla RTN.

Sito in regione *Luzzana e Cherchi*, presso SP56 *Bancali - Abbacurrente*.

Potenza complessiva di campo pari a circa **24 MWp**, insediata su circa **47 ha** e capacità di generazione pari a **21,12 MW**.

Sistema Agrivoltaico avanzato con i moduli elevati da terra per il mantenimento e miglioramento delle attività agro-zootecniche esistenti".

FASE DI PROGETTO :  
DEFINITIVO PER A.U.

**OTTENIMENTO AUTORIZZAZIONE UNICA**  
con associata  
**VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE**

(Art.12, D. Lgs 387/03)

(Art.23, D. Lgs 152/06)

Proponente dell'impianto FV:

**SKI 27 S.r.l.**

Via Caradosso, N.9  
20123 Milano (MI)  
PEC: ski27@pec.it

del gruppo



Gruppo di Progettazione:

*Ing. Silvestro Cossu*

Coordinatore e Progettista responsabile dell'intervento.  
Analisi degli impatti elettromagnetici.  
Studio di Impatto Ambientale - S.I.A.

*Dott. Geologo Giovanni Calia*

S.I.A e Analisi Territoriale  
Studi e indagini geologiche  
Cartografia e shape file

*Dott. Roberto Cogoni*

Analisi e valutazioni naturalistiche,  
caratterizzazione biotica.

*Dott. Agronomo Giuliano Sanna*

Analisi e valutazioni agronomiche.

*Ing. Luca Soru*

Analisi emissioni in atmosfera.  
Indagini e valutazioni acustiche.

*PhD Archeol.Ivan G.M. Lucherini*

Verifica preventiva dell'interesse archeologico.

*Ing. Roberto Murgia*

Inserimento nel territorio e opere di mitigazione.

*Ing. Marietta Lucia Brau*

Progettazione tecnica e analisi producibilità.

Partner progetto agricolo, Progettazione  
e Coordinatore generale :



**M2 ENERGIA S.r.l.**

Via C. D'Ambrosio N.6  
71016 - San Severo (FG)  
PEC: m2energia@pec.it

Professionisti Responsabili

*Dott. Geologo Giovanni Calia*

Spazio riservato agli uffici:

**VIA  
AU**

Nome Elaborato:

**Alleg. 2 al SIA.**

**Relazione geologica e idrogeologica**

Codice Elaborato

**VA\_A2-SIA**

N. Progetto  
SKI 27

N. Commessa  
Z3D

Codice Pratica

Protocollo

Scala

Formato di Stampa

Rev. 00 del  
19/01/2024

Rev. 01 del

Rev. 02 del

Rev. 03 del

Verificato il

Approvato il

Rif. file :  
**35\_SKI27\_VA\_A2-SIA\_00**

**“Progetto per la costruzione e l’esercizio di un Impianto Agrivoltaico nel Comune di Porto Torres (SS) e delle relative opere di connessione alla RTN.  
Sito in regione *Luzzana e Cherchi*, presso SP56 *Bancali - Abbacurrente*.  
Potenza complessiva di campo pari a circa **24 MWp**, insediata su complessivi circa **47 ha** e capacità di generazione pari a **21,12 MW**.  
Sistema Agrivoltaico avanzato, con i moduli elevati da terra, per il mantenimento e il miglioramento delle attività agro-zootecniche esistenti”.**

## **RELAZIONE GEOLOGICA E DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA**

### **INDICE**

#### **0. PREMESSA**

#### **1.0 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE**

#### **2.0 UBICAZIONE DELL’INTERVENTO**

#### **3.0 INQUADRAMENTO DELL’AREA NEL PIANO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO**

#### **4.0 ASSETTO GEOLOGICO D’INQUADRAMENTO**

##### **4.1 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO**

##### **4.2 CENNI SULL’IDROGEOLOGIA DEL SISTEMA**

##### **4.3 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA**

#### **5.0 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO**

##### **5.1 ANALISI INDICI SCLEROMETRICI**

##### **5.2 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE**

#### **6.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI (NTC 2018).**

#### **7.0 CONCLUSIONI**

## **0. PREMESSA**

La SKI 27 S.R.L. – CF/P.IVA 1212890962 con sede legale in: MILANO (MI) – ITALIA, C.A.P.20123, Via Caradosso, 9, PEC: ski27@pec.it, ha conferito al sottoscritto Geologo Giovanni Calia, iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n. 184, l'incarico per la redazione della presente relazione geologica, e di caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dalla realizzazione di una Centrale Agrivoltaica a terra, denominata Luzzana e Cherchi, e relative opere di connessione alla RTN, con potenza del campo fotovoltaico pari circa **24 MWp**, insediata su complessivi circa **47 Ha** e capacità di generazione **21,12 MW**; da realizzare in zona agricola del Comune di Porto Torres (SS), in regione Luzzana e Cherchi, presso SP 56. **Si tratta di un Sistema Agrivoltaico avanzato, con i moduli elevati da terra, per il mantenimento e il miglioramento delle attività agro-zootecniche esistenti.**

I dati necessari all'elaborazione della presente relazione, sono stati acquisiti sulla base di precedenti indagini geologiche e geotecniche eseguite nella zona e dalle osservazioni geomorfologiche e geologiche condotte in sito, nonché dall'esecuzione di n. 10 pozzetti geognostici all'interno del lotto di terreno in esame.

Il presente studio geologico, in accordo con le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e la relativa circolare, deve essere condotto tenendo in considerazione i seguenti punti, indispensabili per una analisi completa delle problematiche relative sia alle fasi di progettazione che alle fasi di esecuzione delle opere:

- ✓ la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
- ✓ i caratteri geostrutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità;
- ✓ i lineamenti geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva;
- ✓ lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea
- ✓ Caratterizzazione sismica del sito.

## **1.0 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE**

### **- Normativa e raccomandazioni tecniche**

- 1) Circolare Min. LL.PP. 31/10/1986 - "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche"
- 2) D.M. 11/03/1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- 3) Circ. LL.PP. n. 30483 (Pres. Cons. Sup. - Servizio Tecnico Centrale) 24/09/88 " Legge 2/2/64 n. 64 art. 1 - D.M. 11/03/88 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".
- 4) O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni ed integrazioni.
- 5) A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - 1977 - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- 6) A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - 1994 - "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio".
- 7) D.M. 17 Gennaio 2018: Norme Tecniche per le costruzioni

### **- Normativa Regionale**

- 8) Piano Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna aggiornato con Delibera G.R. n. 54/33 del 30/12/04.

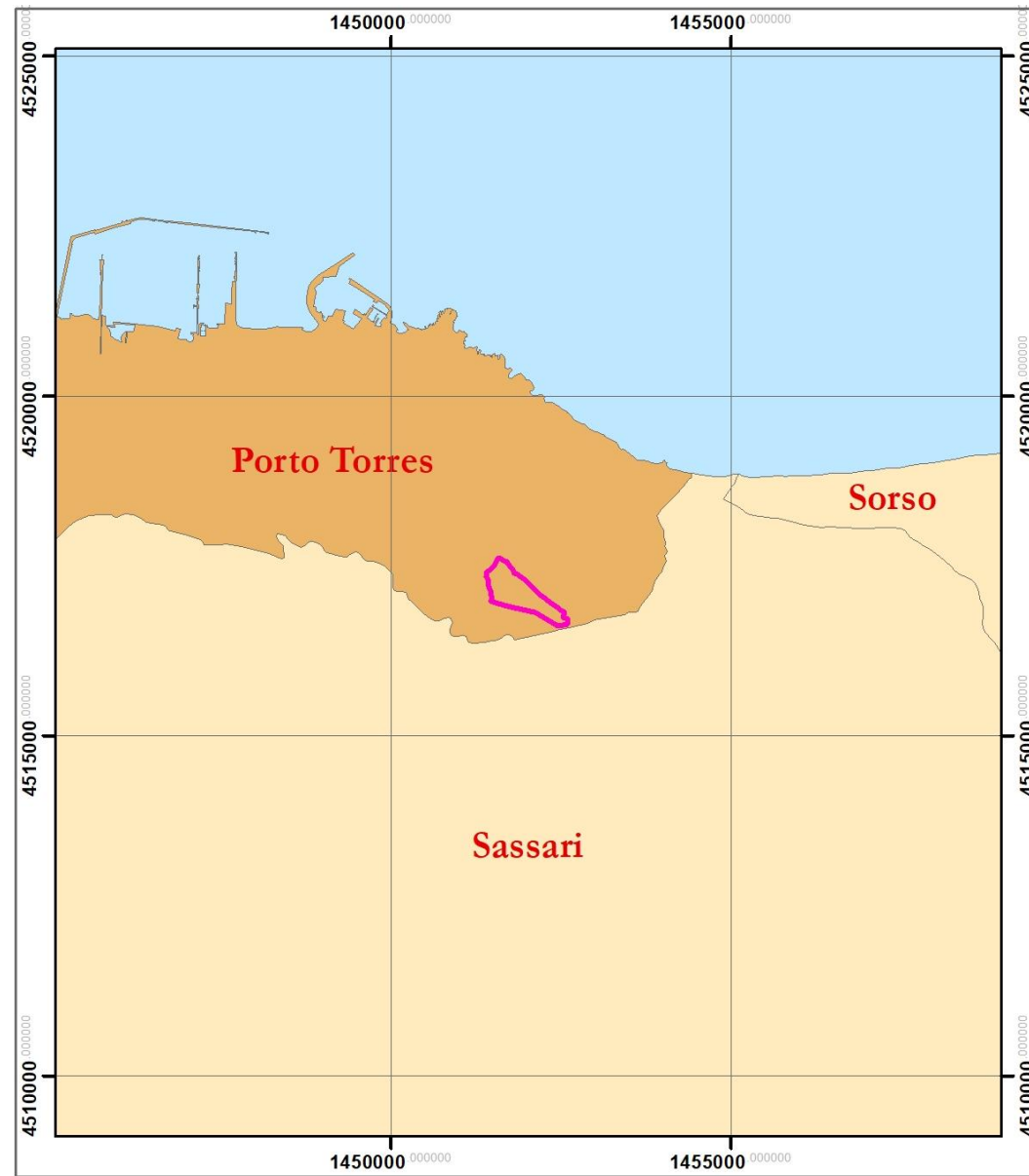


## 2.0 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

Il settore oggetto del presente studio ricade in territorio del Comune di Porto Torres, al confine con quello di Sassari, Dal punto di vista cartografico l'area è individuabile nelle seguenti carte ufficiali:

Carta topografica d'Italia in scala 1:25.000 Foglio 441 Sez. III; Carta Tecnica Regionale foglio 441140 Platamona;

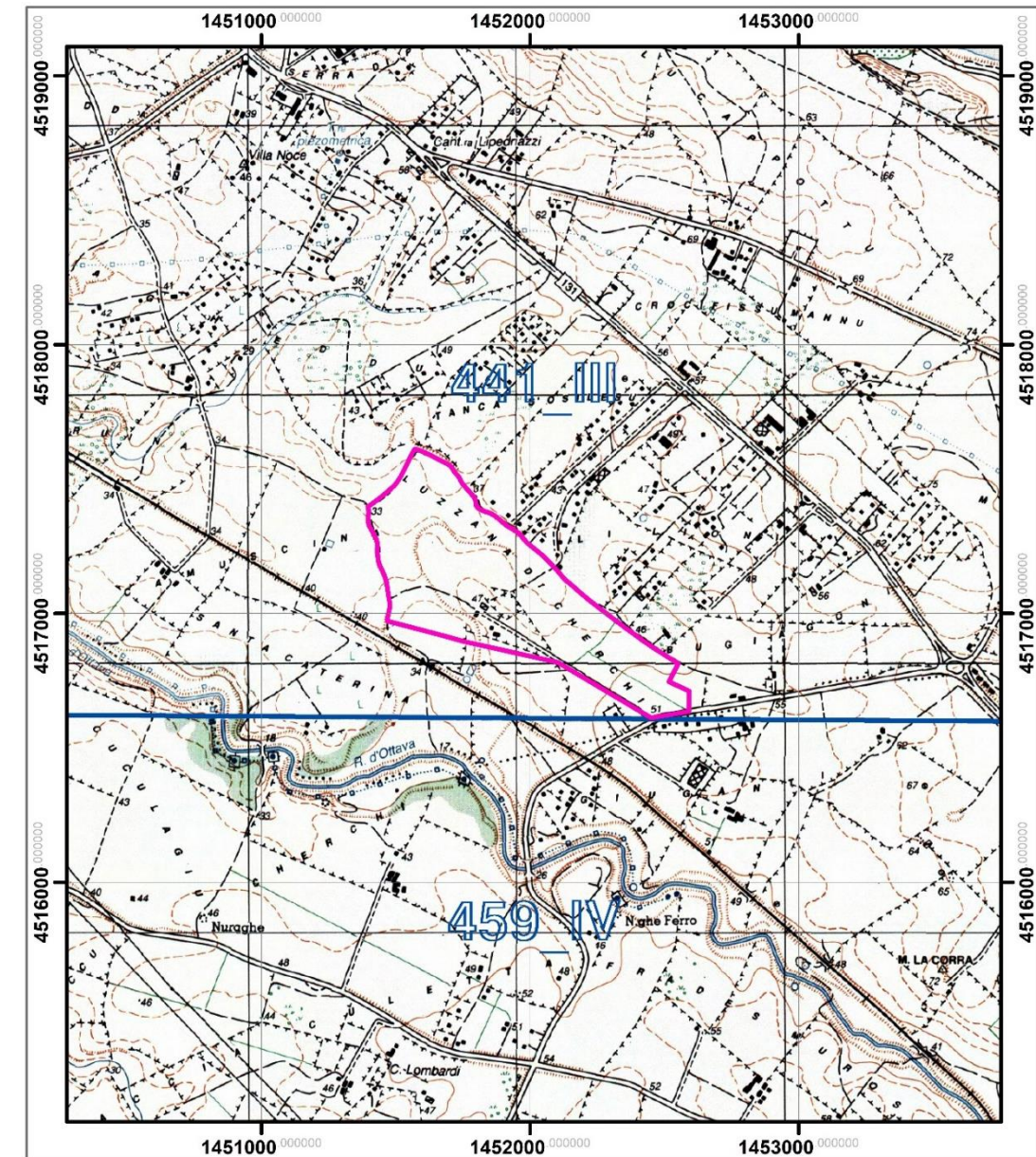
Catastalmente è individuata al N.C.T. al Foglio 23 del Comune di Porto Torres (G924).



INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:100.000

- Territorio Comunale di Porto Torres
- Area di progetto



CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA - Serie 25 I.G.M.I.

Scala 1:25.000

Legenda

- Area di progetto

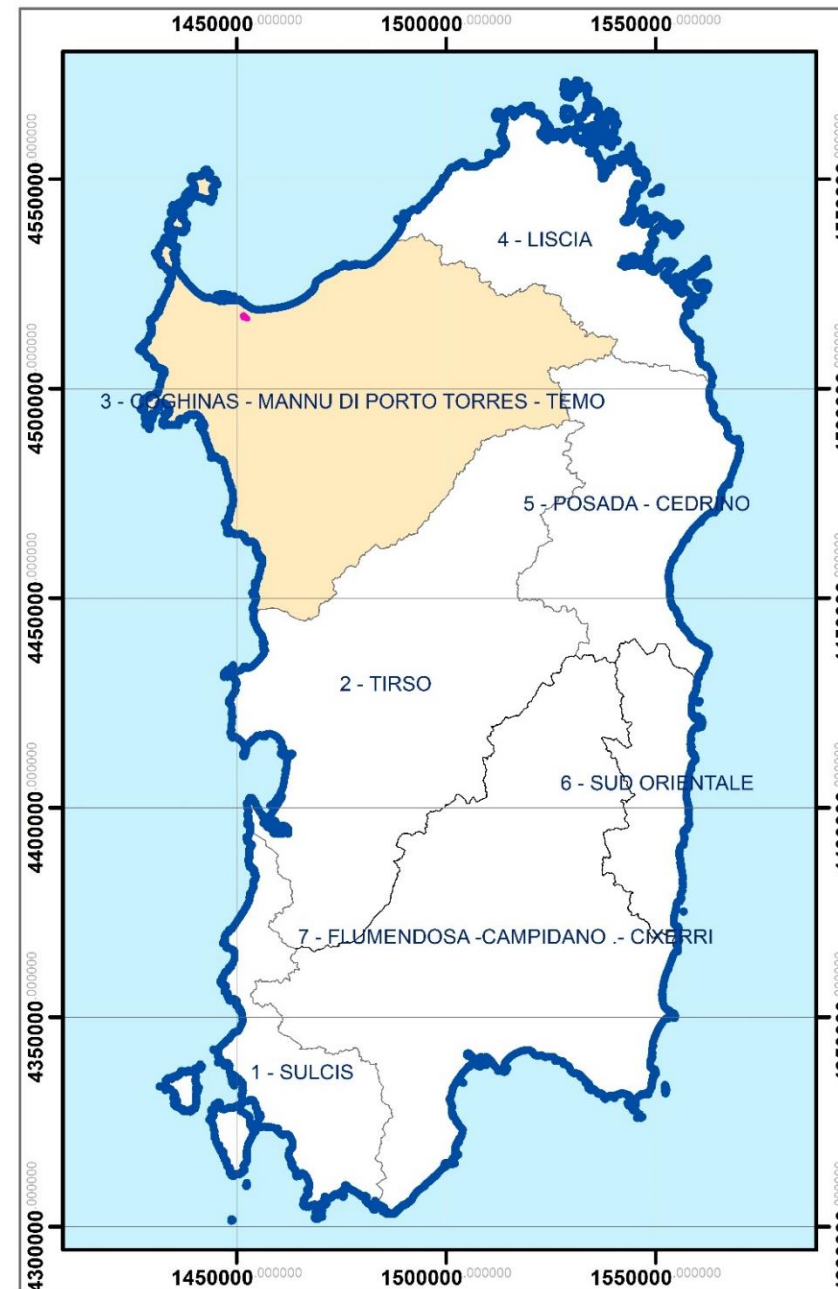


### 3.0 INQUADRAMENTO DELL'AREA NEL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

La porzione di territorio su cui si deve intervenire ricade nel Sub-bacino 3 COGHINAS-MANNU-TEMO ed è stata censita nell'ambito della predisposizione dello "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n° 3 Coghinas – Mannu – Temo. Progetto di variante generale e di revisione del piano per l'assetto idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (di cui all'Art. 37, comma 1, delle vigenti Norme di Attuazione)".

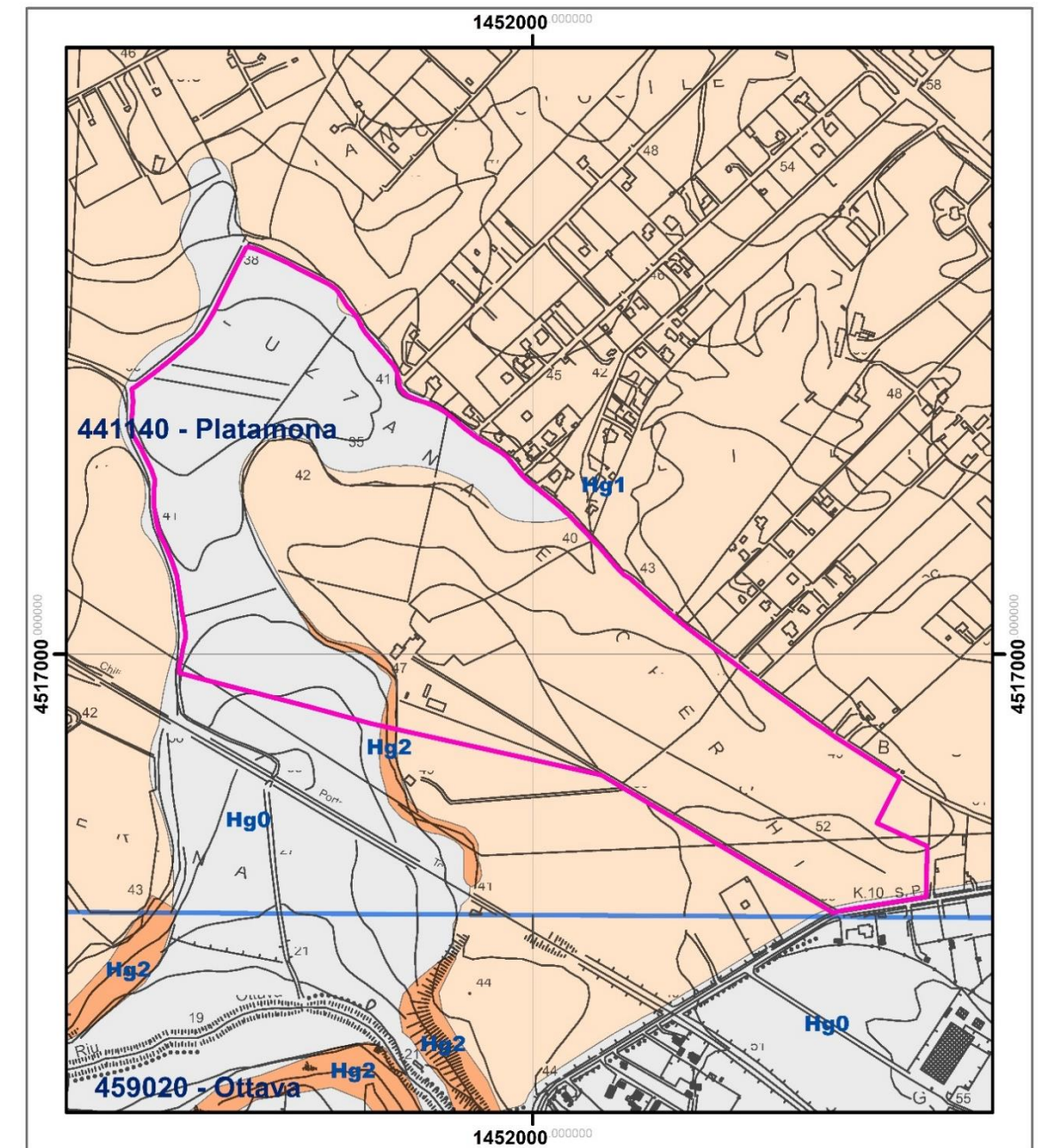
Nella cartografia relativa alla pericolosità da frana il terreno in esame risulta classificato tra le aree di pericolosità geomorfologica Hg1 (Aree a pericolosità moderata da frana) Hg0 (Aree studiate per le quali non sono state individuati fenomeni franosi in atto o potenziali) e parzialmente in Hg2 (pericolosità media), ma quest'ultima non sarà interessata dalle opere in progetto.

**Il lotto non ricade neanche tra le aree a pericolosità idraulica e nelle fasce relative alle misure di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità relativa al reticolo idrografico regionale.**



Suddivisione del bacino idrografico unico regionale della Regione Sardegna in sottobacini

■ Bacino interessato ■ Ubicazione intervento in progetto



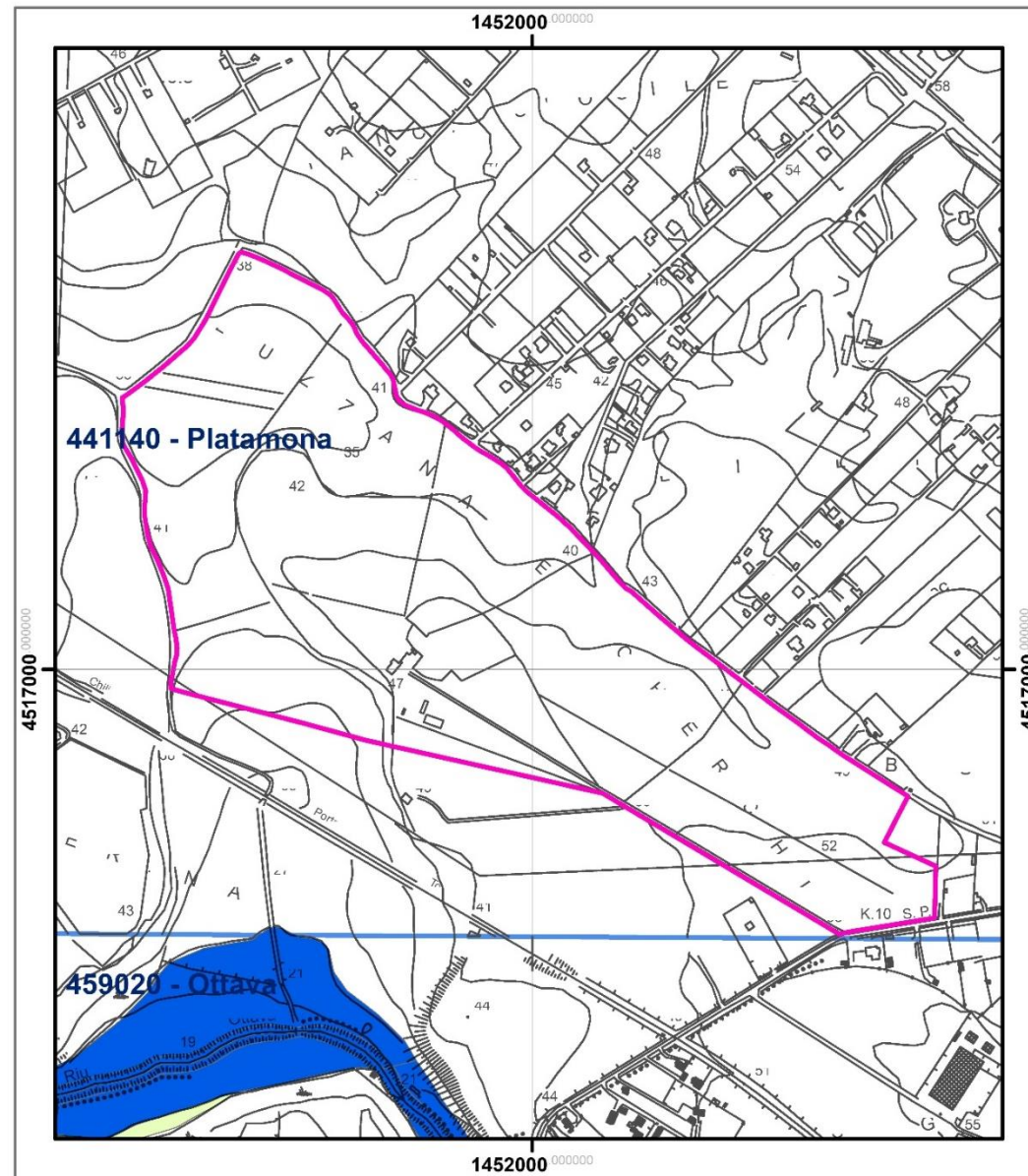
CARTA DELLA PERICOLOSITA DA FRANA

Scala 1:10.000







Legenda

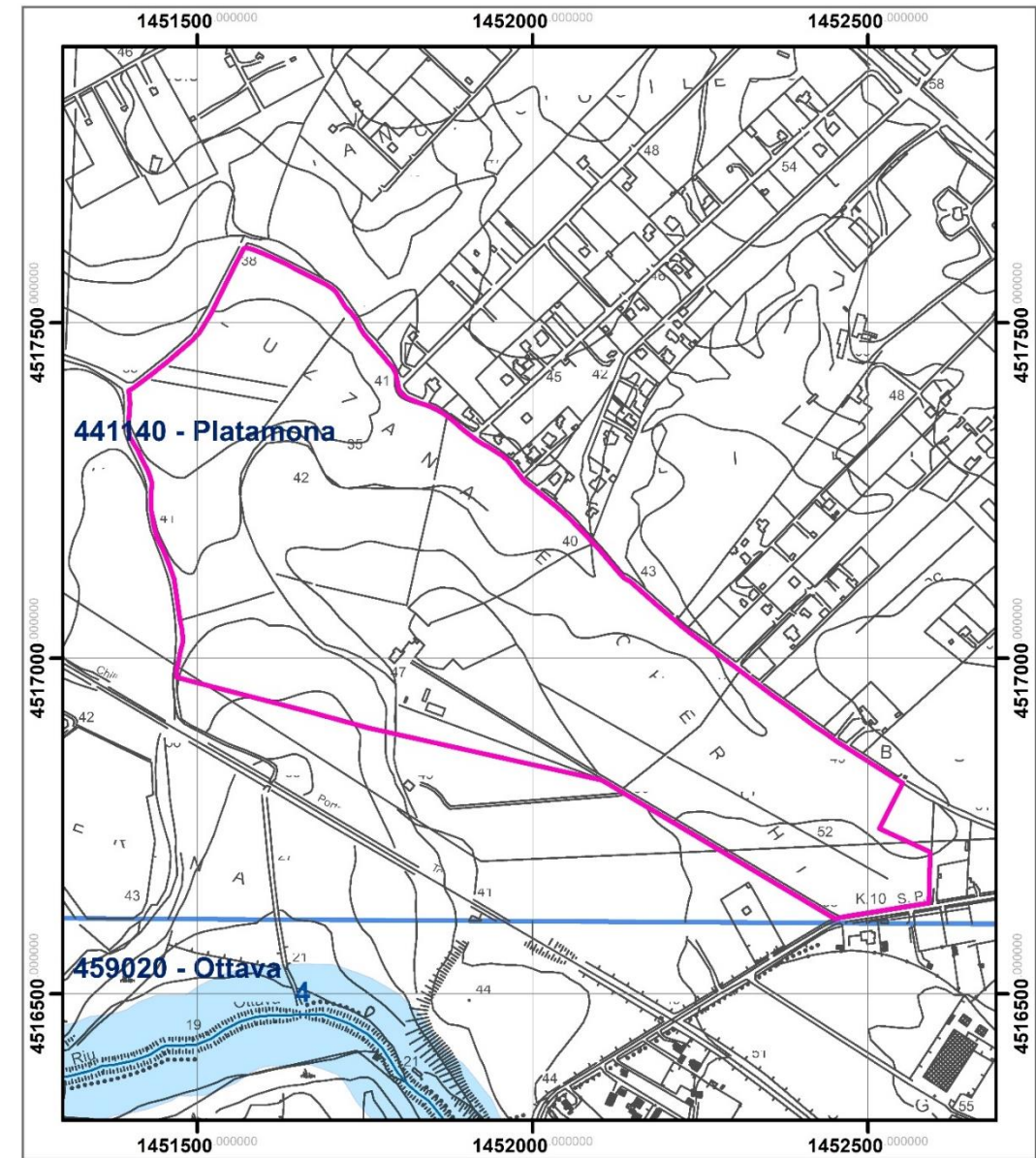
- |              |                       |
|--------------|-----------------------|
| PERICOLOSITA |                       |
| Hg0          |                       |
| Hg1          |                       |
| Hg2          |                       |
| Hg3          |                       |
| Hg4          |                       |
|              | ■ Area di progetto    |
|              | ■ Quadro d'Unione 10k |









**CARTA DELLA PERICOLOSITA IDRAULICA**  
 P.A.I./P.G.R.A. - Scala 1:10.000  
 Legenda

- PERICOLOSITA**
-  Hi1
  -  Hi2
  -  Hi3
  -  Hi4
-  Area di progetto
  -  Quadro d'Unione 10k



**CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO**  
 (ART. 30 TER N. DI A. DEL P.A.I.)  
 SCALA 1:10.000

-  Elemento idrico con relativo ordine gerarchico (numero di Strahler)
-  Fascia di tutela della pubblica incolumità ai sensi dell'art. 30ter delle N. di A. del P.A.I.
-  Area di progetto
-  Quadro d'Unione 10k

#### **4.0 ASSETTO GEOLOGICO D'INQUADRAMENTO**

L'area in esame è ricade nel settore Nord-occidentale della Sardegna in territorio del Comune di Porto Torres al confine con quello di Sassari.

Indagini eseguite nell'area in esame sia per la realizzazione degli edifici esistenti, delle strade di servizio e i numerosi pozzetti geognostici eseguiti ai fini del presente progetto hanno messo in evidenza la natura geologica dei terreni in cui si inserisce l'intervento.

La geologia di questo settore è stata influenzata dal movimento di distacco e deriva nel Mediterraneo occidentale del massiccio sardo-corso iniziato nell'Oligocene e che ha interrotto la comunione con l'Europa continentale.

Nel suo movimento di deriva verso SE e nella sua rotazione antioraria di circa 30°, la Sardegna si smembra nei suoi horst principali fra i quali si crea la vasta depressione mediana allungata da nord a sud che costituisce il graben sardo, esteso dal Golfo dell'Asinara al Golfo di Cagliari.

Nell'area interessata dal graben si origina un intenso vulcanismo andesitico e rioidacitico, con ignimbriti e tufi, a carattere alcalicalcico prevalente, che dura dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore-medio.

Nell'area di Porto Torres la geometria di questa importante struttura tettonica è tale per cui sul lato occidentale emergono le formazioni più antiche rappresentate dal basamento paleozoico e dalle coperture mesozoiche della Nurra, mentre sul lato orientale prevalgono i sedimenti marini miocenici.

Interposte tra il basamento mesozoico e le formazioni sedimentarie mioceniche, affiora una stretta cintura di vulcaniti, anch'esse di età terziaria, messe in posto durante le prime fasi della tettonica Cenozoica.

Nell'area in esame affiora la sequenza sedimentaria miocenica. Sono distinguibili diversi litotipi che rappresentano diversi ambienti deposizionali che si sono susseguiti sia in ordine temporale, marcando un progressivo approfondimento del bacino miocenico, che in senso trasversale in relazione alla reciproca collocazione all'interno del bacino.

La sequenza deposizionale inizia con sedimenti clastici continentali caratterizzati da conglomerati, depositi di spiaggia o depositi lacustri, passanti lateralmente e verso l'alto a biocalcareni e calciruditi caratteristici di ambienti di più alta energia, seguiti ancora da sedimenti marnoso arenacei finemente stratificati che testimoniano l'istaurarsi di un ambiente di mare più profondo.



#### 4.1 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Il modello geologico del settore su cui si vuole intervenire si basa su una campagna di indagini geognostiche condotte nel mese di settembre 2023, durante la quale sono stati eseguiti n. 10 pozzetti geognostici ubicati in corrispondenza dei punti più significativi al fine della ricostruzione della stratigrafia dell'area in esame.

La successione stratigrafica nei terreni esaminati è costituita da litologie del complesso sedimentario carbonatico marino, di età miocenica, ricoperto da spessori variabili di sedimenti e depositi quaternari.

Il basamento, che struttura la regione con la caratteristica morfologia plano-collinare, è costituito da calcari detritici organogeni, grossolani, passanti verso la parte basale a depositi marnosi in genere a giacitura orizzontale o debolmente inclinata, poggianti su vulcaniti costituite da depositi piroclastici poco o nulla saldati.

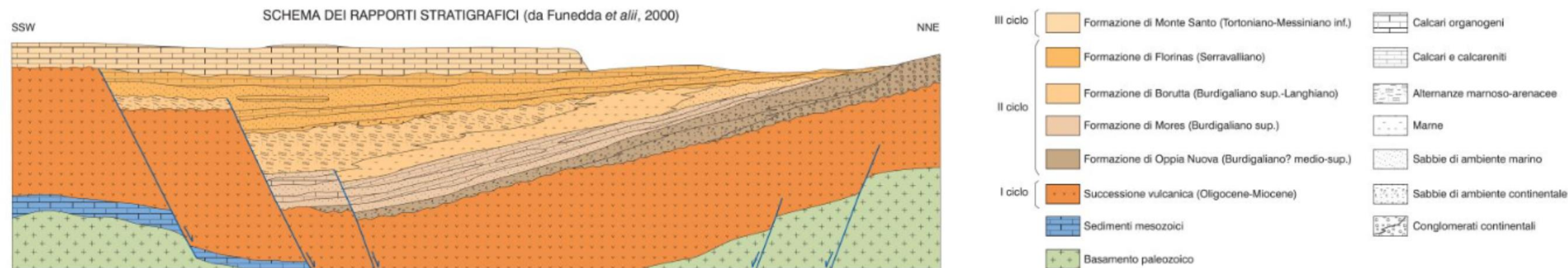
Subordinatamente si rinvengono, intercalate a queste litologie, livelli di calcari arenacei e arenarie. Lo spessore del basamento raggiunge potenze ragguardevoli nell'ordine del centinaio di metri.

Le coperture quaternarie sono rappresentate da alluvioni recenti, presenti lungo l'alveo e nelle piane del Rio di Ottava, mentre nelle aree in esame i sedimenti miocenici sono ricoperti, quando non affioranti, di spessori variabili di una coltre detritica costituiti dai materiali di alterazione delle rocce.

L'area in esame è posta alla quota di circa 40 m s.l.m. ed è costituita da superfici debolmente ondulate dolcemente degradanti verso NNW fino ad una scarpata morfologica al limite dell'alveo del Rio d'Ottava, alla cui base termina la proprietà aziendale.

Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale detritico, avente spessore mediamente tra i 30 e i 50 cm, che maschera la roccia sottostante, costituita da calcareniti e calcari bioclastici fossiliferi, calcari e calcari marnosi con rare intercalazioni gessose.

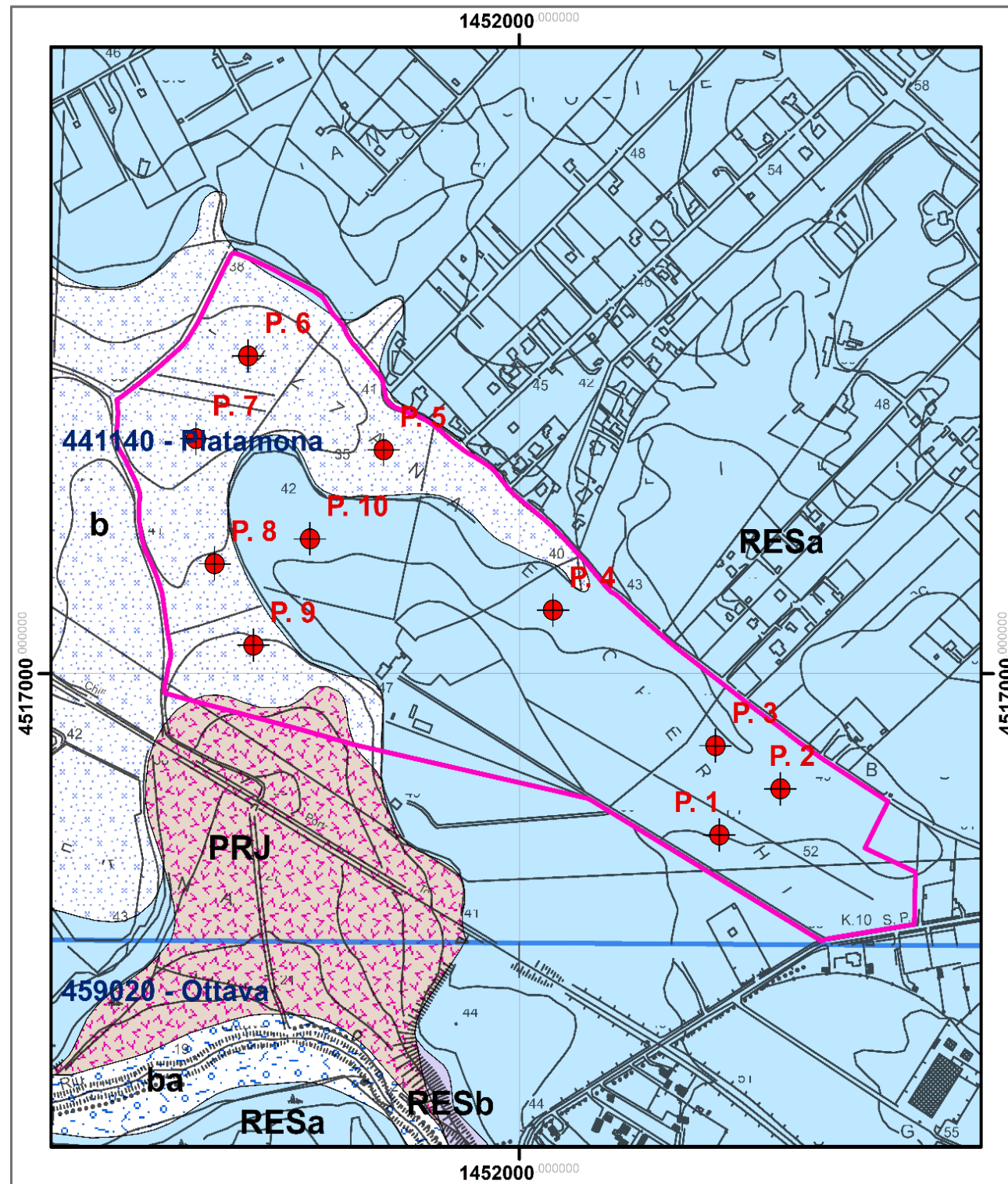
Nella sezione sottostante si evidenzia il modello stratigrafico caratteristico dell'intera area in esame.



La situazione litostratigrafica locale è stata definita attraverso l'osservazione diretta dei litotipi affioranti e informazioni dedotte sia dalla letteratura che da precedenti studi in terreni simili. La situazione litostratigrafica può essere schematizzata come segue:

- **Suolo:** Nel settore E dell'area l'origine è dovuta principalmente all'alterazione e successiva pedogenizzazione degli strati superficiali delle rocce carbonatiche. La potenza di tali accumuli è variabile da qualche centimetro sino ad 0.50 m. Dal punto di vista fisico, in linea di massima li possiamo definire incoerenti e con bassa resistenza meccanica. Nel settore occidentale, a contorno del tavolato calcareo la coltre detritica ha una potenza maggiore, raggiungendo e talvolta superando i 2 m. Questi depositi di origine colluviale sono prevalentemente sabbioso-limosi e in superficie si presentano fortemente pedogenizzati
- **Substrato carbonatico marino miocenico.** H±100 m.
- **Substrato della successione vulcanica.**





CARTA GEOLOGICA - Scala 1:10.000

Legenda

- Depositi alluvionali. OLOCENE
- Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE
- Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostréidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.). Ambiente litorale. BURDIGALIANO SUP.
- UNITÀ DI PUNTA RUJA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, da mediamente a fortemente saldati, di colore da rosato a nerastro, con pomici nerastre. BURDIGALIANO
- Ubicazione pozzetti geognostici
- Perimetrazione lorda delle aree catastali concesse in DDS
- Quadro d'Unione 10k

#### 4.2 CENNI SULL'IDROGEOLOGIA DEL SISTEMA

Il corso d'acqua più importante presente nell'area in esame è il Rio d'Ottava ; corso d'acqua a carattere permanente.

Il Rio d'Ottava drena la porzione di territorio impostata sulle formazioni Terziarie.

Il reticolo idrografico su queste litologie è impostato su un sistema di valli e compluvi, dal fondo piatto, spesso delimitati da scarpate rocciose originatesi a seguito di processi di dilavamento e scalzamento al piede non più attivi nelle condizioni attuali.

Il pattern di distribuzione del reticolo è estremamente semplice e poco ramificato in stretta relazione con l'elevata capacità di infiltrazione delle acque superficiali tipico di contesti carsici.

Il territorio in esame costituisce un complesso idrogeologico ben caratterizzato in funzione dei suoi aspetti morfologici e geologici.

L'assetto idrogeologico del territorio è fondamentalmente costituito da varie formazioni litologiche che vengono identificate e accorpate, in base alla loro permeabilità, nella zona di interesse di due unità idrogeologiche principali:

U. I,	LITOLOGIA	TIPO E GRADO DI PERMEABILITA'	COEFFICIENTE K DI PERMEABILITA'
1	COLTRE DETRITICA SUPERFICIALE	PERMEABILITA' PER POROSITA' DA ALTA A MEDIA	ALTA $K > 10$ cm/sec MEDIA $10^{-4} < K < 10$ cm/sec
2	CALCARI	PERMEABILITA' PER FESSURAZIONE DA MEDIA A BASSA	MEDIA $10^{-4} < K < 10$ cm/sec BASSA $10^{-7} < K < 10^{-4}$ cm/sec

Le coperture quaternarie presentano valori variabili di permeabilità da media ad alta, ma gli spessorimolto ridotti non consentono la formazione di acquiferi rilevanti e favoriscono fenomeni di immagazzinamento temporaneo solo in prossimità di aree sub-pianeggianti dove i livelli freatici sono fortemente influenzati dalla piovosità.

In generale la medio-bassa permeabilità intrinseca delle rocce carbonatiche si riflette sull'andamento della circolazione idrica sub-superficiale e sotterranea determinando la formazione di acquiferi in genere poco produttivi.

Nello specifico nel territorio in esame l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza predominante di un acquifero costituito dalla formazione delle sabbie di Oppia Nuova alla base dei calcari che presenta nel complesso una buona permeabilità per porosità.



### 4.3 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA

Il settore analizzato ricade nella regione geografica conosciuto come Sassarese-Nurra.

Dal punto di vista geologico il settore è rappresentato dalla successione vulcanica epiclastica Oligo-miocenica ricoperto da una potente successione sedimentaria collocabile tra il Burdigaliano sup. ed il Messiniano inf ..

In generale la geomorfologia del territorio è caratterizzata soprattutto da superfici tabulari suborizzontali, immersi in direzione NW, caratterizzate da lievi variazioni altimetriche, separati da valli con versanti dolci e poco acclivi, talora, in prossimità dei corsi d'acqua più importanti, delimitati da scarpate e rientranze lungo i fianchi in funzione della maggiore o minore competenza delle formazioni mioceniche sottostanti, a seconda della zona, il tabulato calcareo o basaltico.

Le forme e i paesaggi presenti nell'area di studio, sono la risultante della complessa evoluzione morfostrutturale subita, nel corso dei periodi geologici, dal territorio in esame: tale evoluzione è stata fortemente condizionata dall'interazione degli eventi geodinamici, legati all' orogenesi ercinica prima e successivamente a quella alpina.

L'evoluzione geomorfologica della regione è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena e come tale è influenzata dalla struttura geologica, intesa, sia come caratteristiche delle rocce affioranti, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti morfogenetici.

La morfologia ricalca pertanto fedelmente la distribuzione areale e i caratteri giaciturali della formazione geologica predominante, costituita dalla potente successione marina e continentale miocenica.

Nell'area di stretto interesse caratterizzata dall'affioramento del basamento carbonatico terziario si è in presenza di piccoli alti strutturali, sebbene la morfologia dell'area è solo leggermente ondulata.



Foto 1- Il passaggio dai calcari alla vallecola posta a W è segnato da una modesta scarpata ricoperta da alberi e arbusti della macchia mediterranea



Foto 2- Superfici tabulari suborizzontali immergenti a NW nella settore occidentale del predio aziendale





*Foto 3- Affioramento di calcari nel settore orientale del predio*



*Foto 4 - Affioramenti diffusi nel settore retrostante i fabbricati aziendali*



## 5.0 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il rilevamento geologico eseguito nel settore in esame, durante il quale sono stati eseguiti n. 10 pozzetti geognostici, ha consentito di delineare sia la stratigrafia dell'area che la natura e lo stato fisico dei terreni costituenti il sottosuolo. In n. 3 pozzetti, a fondo scavo sono state eseguite le misure sclerometriche con posizionamento dello strumento in posizione verticale ( $\alpha = -90^\circ$ ) rispetto al banco di roccia. La tabella dei risultati ottenuti è riportata al punto 5.1 a seguire. I report delle indagini eseguite sono riportate nell'elaborato: A3-SIA Report indagini geognostiche e prove in situ.

L'analisi dei risultati ha messo in evidenza nell'area di progetto una prevalenza di depositi colluviali che ricoprono rocce carbonatiche a E e depositi piroclastici a W.

Per la caratterizzazione fisico- meccanica dei terreni attraversati si è fatto riferimento a parametri derivanti da lavori effettuati in precedenza nella stessa zona, aventi le medesime caratteristiche litologiche.

### ➤ Suolo agrario

Per questo strato si fa riferimento ad una resistenza al taglio che comunque deve considerarsi allo stato residuo.

- ✓ Peso di volume apparente  $\gamma = 1.600,00$  kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Angolo di attrito interno  $\varphi = 15$  °.

### ➤ Calcari e calcareniti

- ✓ Peso di volume apparente  $\gamma = 2.200,00$  kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Coesione drenata  $c' = 0.00$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Angolo d'attrito  $\alpha = 40$  °
- ✓ Modulo Elastico  $E = 426,00$  kg/cm<sup>2</sup>

### ➤ Piroclastite in facies ignimbratica sciolte o poco saldate: Ignimbrite tenera di colore grigio, giallastro o rossastro.

- ✓ Peso di volume apparente  $\gamma = 1.900,00$  kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Coesione drenata  $c' = 0.00$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Angolo d'attrito  $\alpha = 20/30$  °
- ✓ Modulo Elastico  $E = 150/200$  kg/cm<sup>2</sup>

## 5.1 ANALISI INDICI SCLEROMETRICI

Al fine di disporre di indicazioni, sia pure di massima, dello stato dell'ammasso roccioso relativamente al quale devono essere predisposte le opere di sostegno dell'impianto, sono state eseguite prove *in situ* mediante l'utilizzo dello sclerometro per rocce tipo L.

L'indice sclerometrico determinato mediante questo metodo viene utilizzato principalmente per prove in sito effettuate ai fini ingegneristici, progettuali e costruttivi;

in particolare per:

- a. il rilievo qualitativo dello stato di omogeneizzazione dei materiali rocciosi;
- b. la misura della resistenza dei materiali rocciosi attraverso una valutazione della compressione monoassiale non confinata;
- c. la valutazione dello stato di alterazione di materiali rocciosi attraverso rapporti tra gli indici di rimbalzo rispettivamente sulle pareti dei giunti (discontinuità in corrispondenza delle quali non si osservano marcati scorrimenti tra le facce) e su una superficie fresca della stessa roccia ottenuta per segregazione.

La campagna di indagine, i cui risultati sono qui presentati, è stata condotta utilizzando uno sclerometro meccanico tipo L denominato "GEOHAMMER" con energia d'impatto di 0,735 Nxm (foto a lato), prodotto dalla DRC s.r.l. di Ancona.



Le prove sclerometriche si eseguono applicato perpendicolarmente alle superfici pulite delle discontinuità rilevate. Le prove sono condotte sulla base di almeno 10 letture di cui si scartano le 5 più basse, con calcolo della media delle 5 più alte.

La tabella a lato da conto delle misure dell'indice di rimbalzo medio ( $I_{rc}$ ) e delle relative trasformazioni in dati di Resistenza alla Compressione uniassiale ( $R_{ck}$ ) espressa in Mpa, della superficie fresca della roccia, alla cui determinazione si perviene utilizzando la specifica e ben nota tabella di correlazione ai valori della densità della roccia stessa,

Stazione Pozzetto n.	$\alpha$	Irb medio	Rck
1	-90°	41	122.0
4	-90°	37	99.5
10	-90°	43	134.1

## 5.2 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti si evince che nella realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto **non esistono problematiche relative alla stabilità dei versanti**.

La natura e le caratteristiche del terreno di fondazione, unitamente alle indicazioni progettuali di massima, sono tali da consentire l'uso generalizzato di fondazioni superficiali per le cabine elettriche a servizio dell'impianto, mentre potranno essere previste fondazioni profonde per il sostegno dei pannelli fotovoltaici (pali metallici connessi con le strutture di supporto degli stessi pannelli).

## 6.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI (NTC 2018).

Viste le caratteristiche geologico-stratigrafiche e strutturali e la modesta entità dell'intervento in progetto si ritiene correttamente percorribile e utilizzabile l'approccio semplificato (basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo).

Con questo tipo di caratterizzazione si ottengono i parametri sismici di riferimento per 4 differenti stati limite:

Stati Limite di Esercizio <b>SLE</b>	SLO Stato Limite di Operatività
	SLD Stato Limite di Danno
Stati Limite Ultimi <b>SLU</b>	SLV Stato Limite di Salvaguardia della Vita
	SLC Stato Limite di Collasso

DATI SULLA COSTRUZIONE			
CLASSE D'USO	VITA NOMINALE	COEFFICIENTE D'USO	VITA DI RIFERIMENTO
II Affollamento normale. Assenza di funzioni pubbliche e sociali	30 anni	1	50 anni

I parametri sismici di riferimento sono i seguenti:

Probabilità di superamento nella vita di riferimento	Probabilità di avere almeno un sisma con tempo di ritorno TR, durante il periodo di riferimento della costruzione considerata (vita nominale)
Periodo di ritorno (anni)	Tempo di ritorno del terremoto considerato
ag	Accelerazione orizzontale massima espressa in funzione di g (accelerazione di gravità)
Fo	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc*	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Valori finali calcolati

VALORI CALCOLATI				
STATO LIMITE	SLO	SLD	SLV	SLC
PARAMETRO				
Probabilità di superamento nella vita di riferimento	0,810	0,630	0,100	0,050
Periodo di ritorno (anni)	30	35	332	682
ag	0,019 g	0,020 g	0,045 g	0,055 g
Fo	2,610	2,628	2,855	2,930
Tc*	0,273 sec	0,280 sec	0,332 sec	0,356 sec



In base a questa zonazione si hanno i seguenti dati:

#### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO DEL SITO

Ai sensi dell'articolo 3.2.2 delle NTC, tab. 3.2.II

per la definizione dell'azione sismica di progetto, i terreni osservati nel settore orientale rientrano nella **Categoria 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.*

*Quelli invece affiorante nel settore occidentale del predio rientrano nella **Categoria 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.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>A</b>	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>B</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.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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 m/s e 180 m/s.
<b>E</b>	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 30m.

#### CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DEL SITO

Ai sensi dell'articolo 3.2.2 delle NTC (D.M. 17/01/2018 NTC 2018), per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tabella 3.2.III):

le condizioni topografiche del sito rientrano nella seguente categoria topografica

**Categoria T1:** *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .*

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 $i > 30^\circ$

## 7.0 CONCLUSIONI

Il sito in esame è caratterizzato dall'affioramento di depositi colluviali che ricoprono rocce carbonatiche a Est e Vulcaniti piroclastiche a West.

Dal punto di vista geotecnico, sulla base di quanto sinora detto, è possibile giungere alle seguenti conclusioni:

- ✓ nell'area in esame non è stata riscontrata la presenza di elementi tettonici attivi che possano innescare fenomeni di instabilità;
- ✓ La formazione affiorante nell'area, mascherata da una copertura di terreno vegetale dello spessore variabile di 0.3-2.00 metri, è quella dei calcari detritici organogeni a Est delle piroclastiti poco o per nulla saldate del settore occidentale.
- ✓ i terreni sono caratterizzati da una permeabilità in genere bassa e **l'area non sottende nessun bacino idrografico per cui si può escludere il rischio di interferenze rilevanti tra opera in progetto e acque sia sotterranee che superficiali, è opportuno comunque garantire l'efficienza del sistema di drenaggio delle acque piovane al fine di allontanarle dall'area di sedime dell'impianto;**
- ✓ non sono stati riscontrati fenomeni morfogenetici in atto e/o potenziali;
- ✓ **i terreni di fondazione sono sufficientemente stabili e in grado quindi di sopportare ampiamente le sollecitazioni indotte dalle opere in progetto.**