

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA
VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Provincia di Oristano
COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE

TITOLO
TITLE

PROGETTO DEFINITIVO
DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "GIOJANA"

PROGETTAZIONE
ENGINEERING

Sviluppatore:

ENERGETICA  AGROLUX s.r.l.

Progettisti:

Studio Ing. Giuliano Giuseppe Medici
Studio Ing. Valeria Medici

COMMITTENTE
CLIENT

GIOJANA s.r.l.

OGGETTO
OBJECT

RELAZIONE GEOLOGICA

REL

RS03

DATA / DATE

MAGGIO 2023

AUTORE/CREATOR

M.S.

CONTROLLO/EDIT

G.G.M.

APPR

G.C.

REV

00

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE

(Prov. di Oristano)

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA REALIZZARSI IN AGRO DEI COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE DI POTENZA INSTALLATA PARI A 83,32 MW

COMMITTENTE

Società Proponente GIOJANA s.r.l.

GEOLOGO [SEZ. A]

Dott. Mario STRINNA



La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



INDICE

A. PREMESSA	pag. 3
B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO	pag. 4
C. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO	pag. 9
1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI	pag. 14
1.1 Caratteristiche strutturali del Campidano	pag. 17
1.2 Caratteristiche geomorfologiche	pag. 18
1.3 Idrografia e idrogeologia dell'area in esame	pag. 20
1.3.1 Considerazioni idrologiche e permeabilità	pag. 21
1.4 Assetto geologico dell'area di sedime	pag. 23
1.5 Lineamenti climatici generali dell'areale	pag. 24
1.6 Pericolosità geologica	pag. 28
1.6.1 - Pericolosità Idrogeologica	pag. 29
1.6.2 - Progetto P.S.F.F	pag. 29
1.6.3 - Progetto I.F.F.I	pag. 29
1.6.4 - Pericolosità sismica di base	pag. 29
1.6.4.1- Dati sismici sul sito (spettri di risposta)	pag. 35
2. CONCLUSIONI	pag. 37
 Appendice	
- Inquadramento Geologico su base cartografica CTR 1:10.000	pag. 43
- Carta delle permeabilità su base cartografica CTR 1:10.000	pag. 44

RELAZIONE GEOLOGICA

Competenze professionali: la redazione relazione geologica (L. 9.07.1908, n. 445; D.P.R. 7.01.1956 n. 164; L. 25.11.1962, n. 1684; L. 2.02.1974 n. 64; D. LL. PP. 15.05.1985; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 11.3.1988; L. R. 7.06.1989, n. 30; D.M. 04.05.1990; D.P.R. 10.09.1990, n. 285; D.P.C.M. 29.09.1998; D.P.R. 6.06.2001, n. 380; D.Lgs 12.04.2006, n. 163 e ss. mm. ii.; D. Lgs 3.04.2006, n. 152; D.M. 14.01.2008; Ord. P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274; PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE D. 21.10.2003; D. Ass. LL.PP. 21.02.005 n. 3 - Esecutività

della Del. di G.R. n. 54/33 del 30.12.2004, Del. G.R.15/31 2004) è nella piena ed esclusiva competenza del geologo [Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701]. Il divieto di subappalto della relazione geologica è sancito dalla Determinazione n. 3 del 27.02.2002 dell'Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di Lavori, Servizi e Forniture. Sull'obbligatorietà dell'acquisizione della relazione geologica come elaborato di progetto (punto B.5. DM 11.3.1988 "I risultati delle indagini devono essere oggetto di apposite relazioni, parte integrante del progetto") si è espresso il Consiglio di Stato sezione VI con sentenza 5666/2009.

A. PREMESSA

Per lo studio dei terreni interessati dal progetto di un impianto fotovoltaico da realizzarsi all'esterno del contesto urbano di Solarussa, verso NW adiacente alla SP 15, è stato richiesto un accertamento geologico e geotecnico, con particolare riferimento alla caratterizzazione lito-stratigrafica e idrogeologica dei terreni che insistono nell'areale come substrato di appoggio delle fondazioni su palo infisso dove dovrà essere realizzato l'impianto, con particolare riferimento alla:

- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento sulla base di stratigrafie ricavate da specifici studi geologici svolti sul territorio, su uno stesso contesto litologico, al fine di definire la sequenza dei terreni;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;
- Definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione, sulla base di documentazione disponibile, edita e inedita, supportate da dati bibliografici e conoscenze dei luoghi.

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del D.M. 11.03.1988 (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione). Le indagini sono state svolte in ottemperanza alle norme fissate dall'A.N.I.S.I.G. (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483 (punto A3): istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle

scarparate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - Nuove NTC 2018 sulle costruzioni (§ 2.6 - § 3.2. ÷ 3.2.2. - § 7.11.3.), secondo le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione basata sulla base di documentazione disponibile, edita e inedita, supportato da rilievi visivi di tagli stradali e evidenze litologiche in affioramento nell'areale sensibile;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale.

B. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AEREO

L'area di studio è situata nella periferia settentrionale del centro urbano di Solarussa, in area ad uso agricolo situata nei comuni di Solarussa e Siamaggiore, nel Campidano settentrionale. Morfologicamente trattasi di un'area sub pianeggiante la cui quota sul l.m.m. è variabile da circa 30.0m a circa 43.0m, con pendenze medie del 15%, degradante verso SSE



in direzione del tessuto urbano. Orograficamente fa parte della piana alluvionale del medio Campidano ricompresa tra il fiume Tirso (N) e lo stesso tessuto urbano di Solarussa (S); in particolare, l'area interessata dal progetto è racchiusa tra la SS 131 direzione Tramata e la SP 9/12 direzione Solarussa.

Dal punto di vista litologico sono presenti i depositi Pleistocenici dell'area continentale, rappresentati dalla litofacies del Subistema

Figura 1 – Inquadramento aereo su base Google Earth

di Portoscuso (Sistema di Portovesme) PVM2a → ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie, a diretto contatto con depositi alluvionali Olocenici (bb - b) → sabbiosi ghiaiosi con subordinati limi e argille. Si rilevano a contorno verso NE i basalti dei Plateaux della Campeda Planaria, rappresentati dalla subunità di Dualchi BPL2 → andesiti basaltiche sub alcaline, porfiriche per fenocristalli, in espandimenti.

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 528 Sez. I° quadrante [Cabras] alla scala 1:25.000
- Foglio **C.T.R.** N. 528-040 [Zeddiani] alla scala 1:10.000
- Foglio **C.T.R.** N. 528-120 [Santa Giusta] alla scala 1:10.000 (Sottostazione) Coordinate Km

Gauss-Boaga areale sensibile impianto (Fuso 32)

X = 1470286.2774 longitudine **E** - **Y** = 4424968.8588 latitudine **N**



Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

**INQUADRAMENTO AEREO
SU BASE CTR FOGLIO 528-040 [ZEDDIANI]
SCALA 1:10.000**



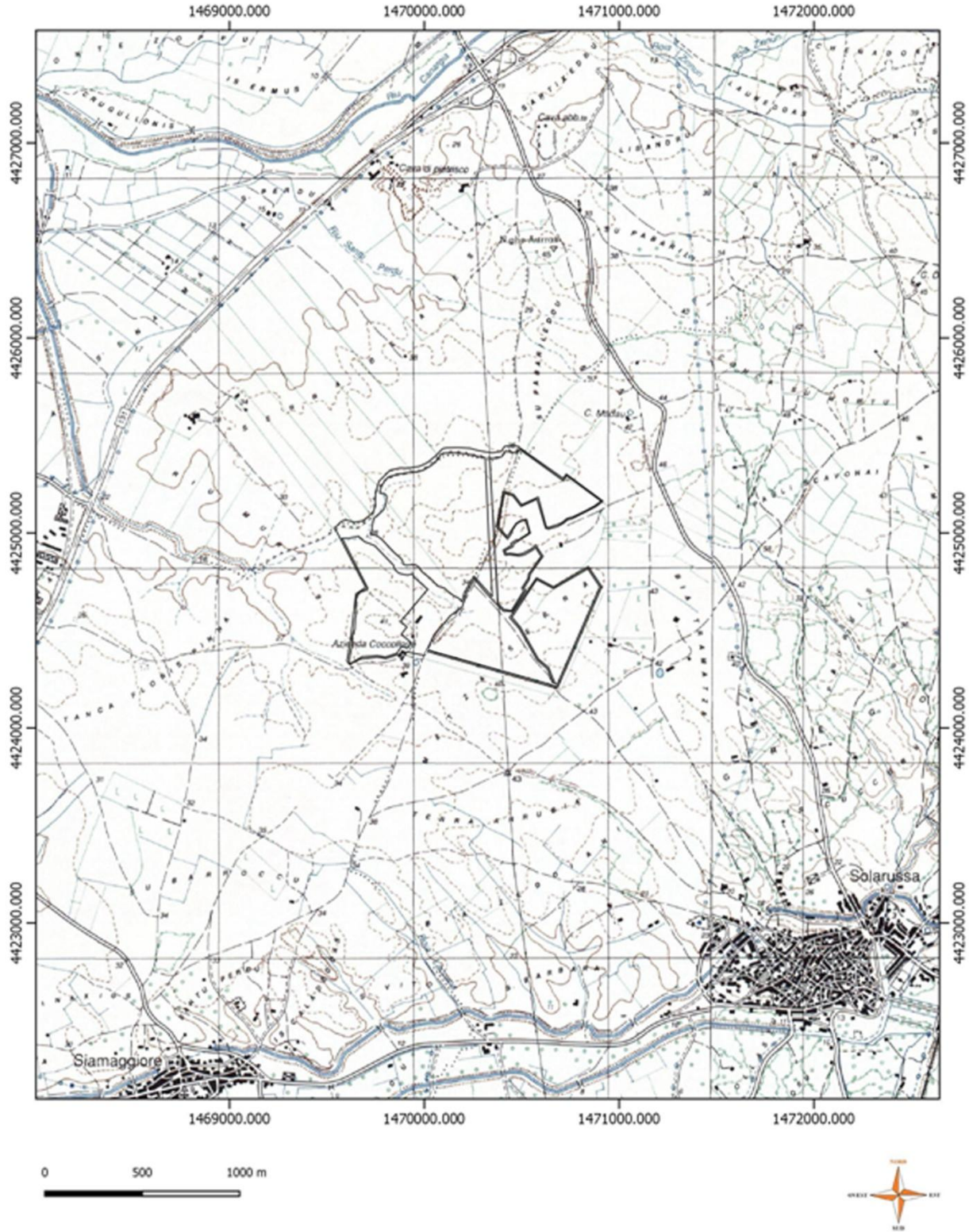
Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE IGM FOLGIO 528 SEZ. 1° QUADRANTE [CABRAS]
SCALA 1:25.000



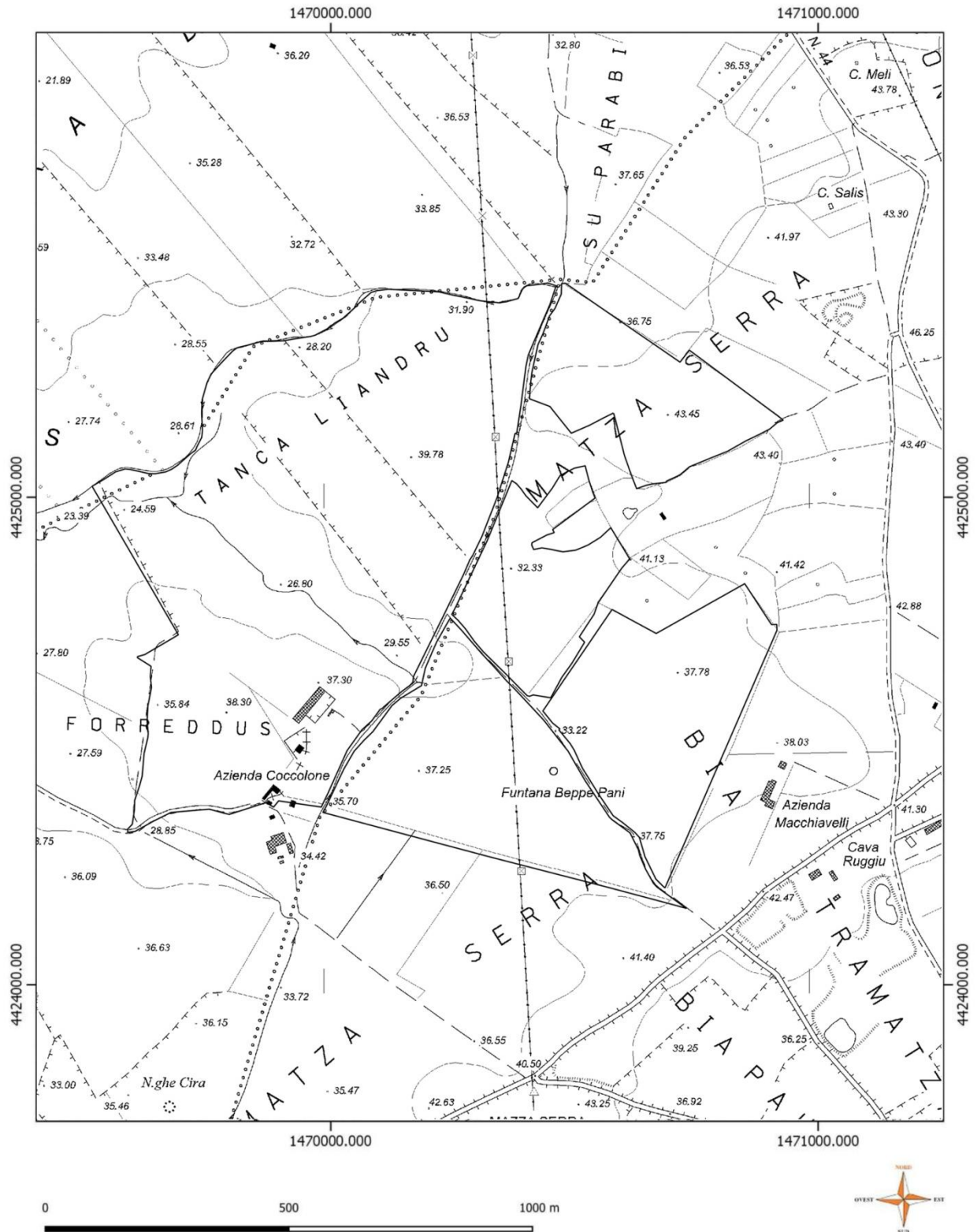
Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE CTR FOGLIO 528-040 [ZEDDIANI]
SCALA 1:10.000



C. BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto oggetto della presente relazione prevede la realizzazione di un impianto agrofotovoltaico in un'area ad uso agricolo situata nei comuni di Solarussa e Siamaggiore, nella provincia di Oristano. Tale iniziativa rappresenta un caso favorevole nel campo sia delle energie rinnovabili che in campo agricolo, permettendo la riqualificazione agricola di terreni generalmente in stato di abbandono o comunque non adeguatamente utilizzati.

La società proponente GIOJANA s.r.l. nasce con l'intento di sviluppare energie rinnovabili e nello specifico sistemi solari fotovoltaici ma allo stesso tempo intraprendere iniziative agricole di concerto con imprese leader nel settore e/o imprese locali.

Il progetto oggetto della seguente relazione, consiste quindi in un impianto agro-fotovoltaico sito nelle aree agricole dei comuni di Solarussa e Siamaggiore, provincia di Oristano. Per l'inquadramento del progetto è stata individuata un'area pari a circa 97 ettari, ma solo 79,8 di questi saranno effettivamente impegnati per le opere di seguito descritte.



Figura 2 - Stralcio aerofotogrammetria zona di intervento (fonte Google Earth)

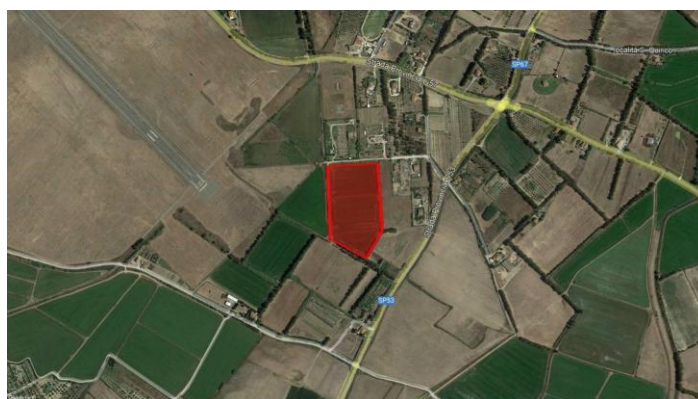


Figura 3 - Stralcio aerofotogrammetria lotto Sottostazione Produttore (fonte Google Earth)

La Committente intende realizzare nel territorio dei Comuni di Solarussa e Siamaggiore (OR), Località Matza Serra, un impianto agrivoltaico da 83.327 kWp (70.000 kW in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker), comprensivo delle relative opere di connessione in AT alla RTN.

La Società, in data 19/12/2019, ha presentato a Terna S.p.A. la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 70 MW. Il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG) formalmente accettata dalla Società in data 09/10/2020. La STMG prevede che l'impianto agro-fotovoltaico debba essere collegato in antenna a 150 kV con la sezione 150 kV dell'esistente stazione elettrica 380/150 kV della RTN di Oristano (la "Stazione RTN").

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 60°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 3,15 m.

Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, quando questi sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata), risulta essere pari a 3,22 m.

L'ampio spazio disponibile tra le strutture, come vedremo in dettaglio ai paragrafi seguenti, fanno in modo che non vi sia alcun problema per quanto concerne il passaggio di tutte le tipologie di macchine trattatrici ed operatrici in commercio.

In sintesi l'impianto sarà costituito da:

- 125.076 moduli fotovoltaici di potenza unitaria pari a 665 Wp, installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori), con relativi motori elettrici per la movimentazione. Le strutture saranno ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno evitando qualsiasi struttura in calcestruzzo, riducendo sia i movimenti in terra (scavi e rinterrati) che le opere di ripristino conseguenti. È previsto in particolare che siano installati 2.086 inseguitori che sostengono 56 moduli e 295 inseguitori che sostengono 28 moduli;
- 6 Cabine di Campo (CdC) contenenti i Quadri BT dell'impianto fotovoltaico;
- 10 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti il gruppo conversione/trasformazione da 6.250 kVA;
- 3 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti il gruppo conversione/trasformazione da 3.125 kVA;
- Una Cabina di Raccolta (CdR FV) per la raccolta dell'energia prodotta dall'Impianto;
- Tutta la rete BT, ovvero dei cavi BT in c.c. (cavi solari) e relativa quadristica elettrica (quadri

di parallelo stringhe), dei cavi BT in c.a. e relativa quadristica elettrica di comando, protezione e controllo;

- Il cavidotto interrato MT, per il trasferimento dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico (raccolta nella CdS) verso la SSE 150/30 kV di trasformazione;
- Il cavidotto AT per la connessione della SSE alla SE Terna a cui sarà elettricamente connessa.

La viabilità interna all'impianto fotovoltaico, come indicato negli elaborati di progetto, sarà costituita da una strada perimetrale interna alla recinzione e da una serie di stradelli che attraversano trasversalmente le aree di impianto. E' prevista una larghezza pari a 3 metri per le strade perimetrali e pari a 8 m per gli stradelli interni al lotto. Dal punto di vista strutturale, le strade perimetrali di impianto saranno costituite da una massicciata tipo Macadam, per la quale sono previste le seguenti fasi di lavorazione:

- scoticamento superficiale per una profondità massima di 20 cm;
- posa di strato di base costituito da materiale lapideo proveniente da cave di prestito o scavi di cantiere, per uno spessore di 20 cm – pezzatura 70-100 mm;
- posa di uno strato superiore a formare il piano viabile, in misto di cava per uno spessore di 10 – pezzatura 0-20 mm.

In base alla tipologia del terreno di sottofondo riscontrato, potrebbe essere necessario l'utilizzo di telo di geo-tessuto ad ulteriore rinforzo del sottofondo, così da evitare cedimenti al passaggio dei mezzi di servizio, e crescita di erbe infestanti durante la fase di esercizio dell'impianto. Il materiale di posa sopraccitato potrà essere rinvenuto direttamente in sito durante le fasi di scavo per la posa delle Cabine di Campo. Ciò consentirà di ridurre notevolmente l'apporto di materiale da cave di prestito, riducendo così anche i costi dell'intero progetto. Per gli stradelli interni all'impianto invece non sarà prevista alcun intervento rispetto alla situazione attuale del sito, ma resterà invariata la natura del terreno e le colture presenti (erbaio e foraggere in generale). Le strade perimetrali e quelle interne, seguiranno l'andamento orografico attuale, che di per se risulta pressoché pianeggiante.

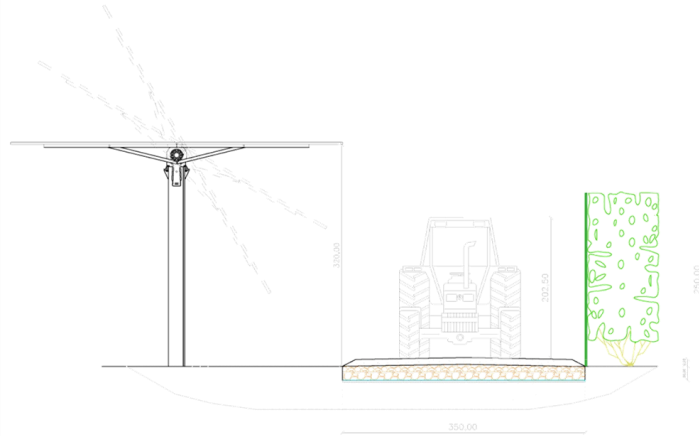


Figura 4 - Sezioni tipo inseguitori e strade perimetrali.

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (tracker) monoassiali, ovvero strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest, con range di rotazione completo del tracker da est a ovest pari a 120° ($-60^\circ/+60^\circ$).

I moduli fotovoltaici saranno installati sull'inseguitore su due file con configurazione 2V-portrait (verticale rispetto l'asse di rotazione del tracker).

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore è variabile. Nell'impianto in progetto si avranno inseguitori da 28 e da 56 moduli.

La loro installazione avverrà mediante infissione diretta nel terreno, con l'ausilio di opportuna macchina battipalo; i pali di sostegno raggiungeranno una profondità minima di 1,6 m dal piano campagna e saranno poi sottoposti a idonee prove di resistenza allo sfilaggio.

Tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive. La scelta di questo tipo di inseguitore evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.

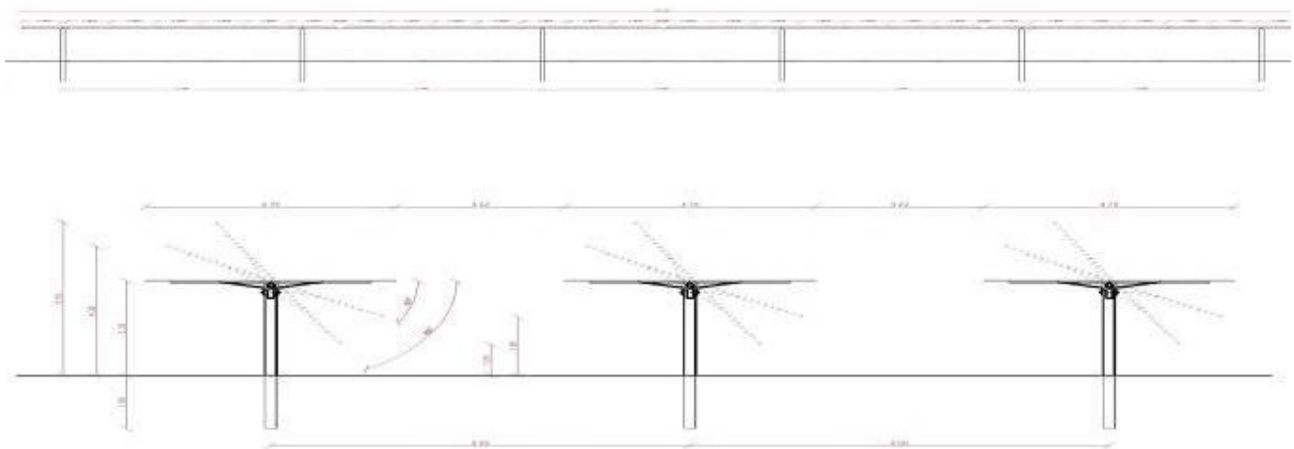


Figura 5 - Sezioni tipo inseguitori monoassiali (trasversale – longitudinale)

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità agli Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo. I tracker possono resistere fino a velocità del vento di 55 km/h, ed avviano la procedura di sicurezza (ruotando fin all'angolo di sicurezza) quando le raffiche di vento hanno velocità superiore a 50 km/h. L'angolo di sicurezza non è zero (posizione orizzontale) ma un angolo diverso da zero, per evitare instabilità dinamico ovvero particolari oscillazioni che potrebbero danneggiare i moduli ed il tracker stesso.

Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. La profondità standard di infissione è di 1,5 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive. La scelta di questo tipo di inseguitore evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.



1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI

L'area in esame ricade nel Campidano settentrionale, nella bassa pianura del Tirso, antistante al Golfo di Oristano. Dal punto di vista geologico l'area è limitata verso nord da piattaforme

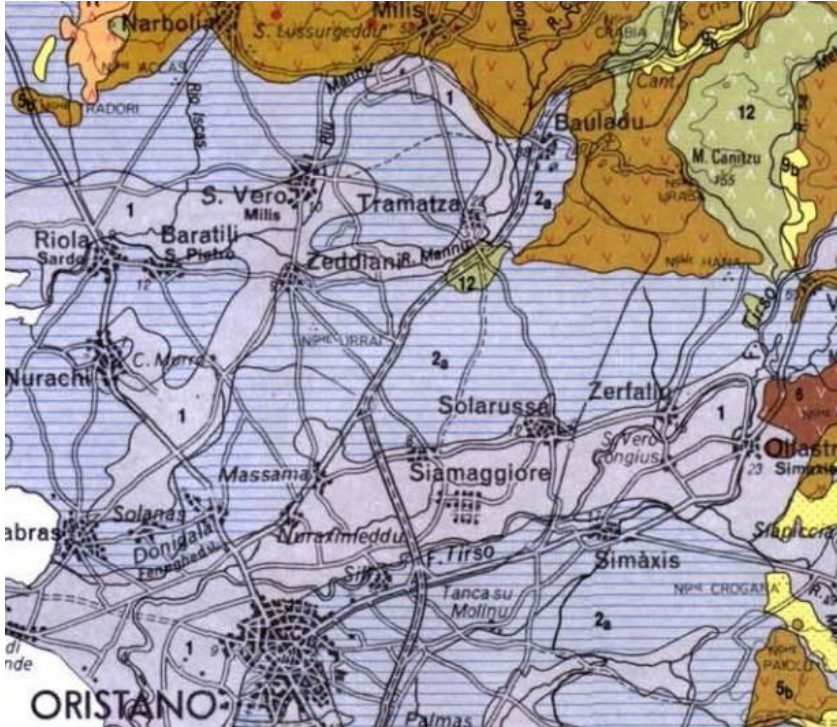
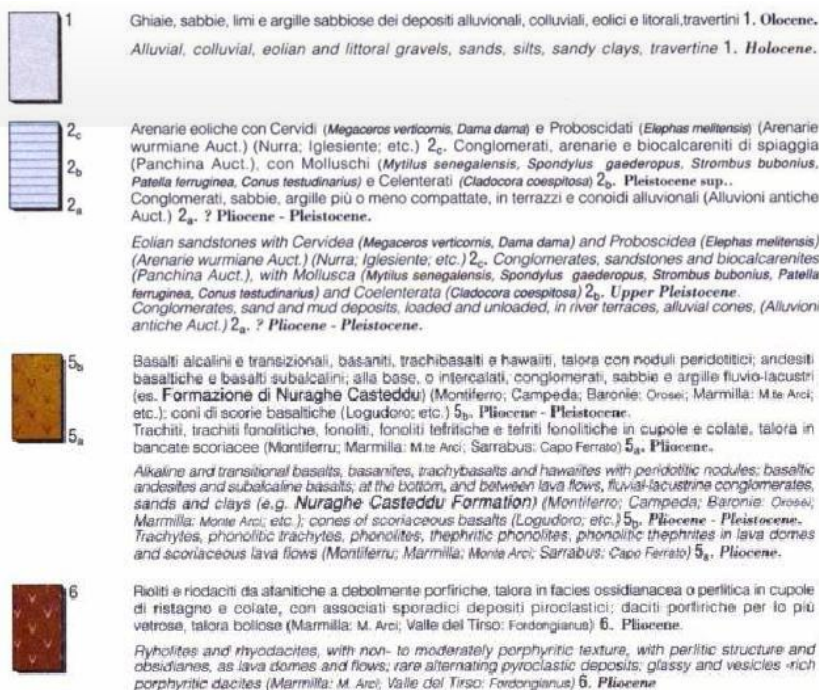


Figura 6 – Carta Geologica della Sardegna 1:200.000 – Carmignani et Alii



basaltiche, mentre la parte centrale è occupata dalla pianura del Campidano, formata dal riempimento dell'omonima fossa tettonica.

La formazione del graben campidanese tra il Pliocene medio e il Pleistocene (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969) è legata allo sprofondamento del settore meridionale del più grande Rift Sardo la cui età risale all'Oligo-Miocene (Vardabasso, 1963). L'origine del Rift Sardo è, invece, legata alla più generale evoluzione geodinamica del Mediterraneo Centro-Occidentale (Cherchi e Montardet, 1982), dovuta all'intensa fase tettonica, conseguente alla collisione tra la placca africana ed europea e quindi al ciclo orogenetico alpino (Tapponier, 1977).

La formazione del Rift Sardo è una conseguenza del distacco del blocco Sardo-Corso dal margine provenzale dell'Europa e della sua rotazione antioraria, attraverso i quali ha raggiunto, nel Burdigaliano Medio, l'attuale

posizione di isolamento nel Mediterraneo (Letouzey, 1982; Cherchi e Tremolieres, 1984). Il Rift Sardo, sviluppatosi nella parte mediana dell'isola dal Golfo dell'Asinara al Golfo di Cagliari, rappresenta il centro del bacino oligo-miocenico, il cui riempimento è formato da circa 1500 m di sedimenti di un'età compresa tra l'Oligocene Medio e il Messiniano Inferiore. Alla sua formazione è associato un vulcanismo calco-alcalino, sviluppatosi in 11 milioni di anni circa (Coulon et al., 1974) fra l'Oligocene Superiore e il Miocene Medio (Langhiano), il quale risulta suddiviso in cicli di attività alterna con prodotti prevalentemente andesitici (lave e piroclastici associate) e ignimbritici. L'attività vulcanica risulta precedente all'invasione del mare miocenico, anche se continua in ambiente marino fino al Miocene Medio (15 Ma), (Lecca et al., 1997). La trasgressione marina non è stata simultanea sull'intera isola, poiché la morfologia pre-miocenica ha condizionato lo sviluppo paleogeografico del bacino di sedimentazione (Cherchi, 1971). Nel Rift Sardo l'ingressione è iniziata nell'Aquitaniense, ancora oggi si riconosce, lungo il suo bordo orientale, la linea di costa di questo mare (Maxia et al., 1970).

La serie marina miocenica si contraddistingue per una sedimentazione tipica di ambiente marino profondo, che ha lasciato depositi costituiti per lo più da marne siltoso-argillose, calcari e arenarie, che costituiscono il substrato geologico del Golfo di Oristano e affiorano nel Sinis, a ovest del Campidano di Oristano. Al tetto del Miocene si rileva una discontinuità nella sedimentazione, a causa della regressione messiniana, durante la quale prendono posto rapidamente facies lagunari ed evaporitiche alternate ad episodi continentali, accompagnati da processi erosionali e da deposizione di paleosuoli (Cherchi, Marini, Murru e Robba, 1978). Il passaggio Miocene/Pliocene in base alla varietà morfologica e alle caratteristiche biostratigrafiche, litologiche e ambientali è distinto da una fase continentale pre-pliocenica. Durante il Pliocene, la fase tettonica distensiva associata all'estensione del bacino oceanico tirrenico, è responsabile della formazione del graben del Campidano, che si estende dal Golfo di Oristano al Golfo di Cagliari in direzione NO-SE.

La pianura del Campidano si contraddistingue principalmente, per la presenza di un'unità litostratigrafica, assai potente (500-600 m), costituita da sedimenti marnosi-argillosi e conglomeratici di ambiente fluviale, derivati dal rimaneggiamento dei depositi miocenici e pliocenici preesistenti sulle sponde del graben. Tale unità, nota come "Formazione di Samassi" (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969), caratterizza l'evoluzione paleogeografia del Campidano, poiché rappresenta il risultato di un rapido incremento nell'energia del rilievo e di una conseguente intensa erosione, con un accumulo veloce di sedimenti nella stessa.

Durante il Plio-Pleistocene e forse successivamente alla colmata pliocenica (in base ai rapporti di giacitura osservabili nel sottosuolo campidanese; Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969), sul bordo settentrionale ed orientale del graben si manifesta un vulcanismo di tipo alcalino (5,2-5 Ma;

Assorgia e Beccaluva, 1976; Bigazzi, Bonadonna, Maccioni e Pecorini, 1978) dapprima acido (rioliti ed ossidiane del M. Arci) e poi basaltico, che si protrae fino al Quaternario (0,14 Ma). In particolare le lave basaltiche hanno riempito le piane alluvionali e le valli fluviali e ricoperto le formazioni mioceniche di differente età, a causa dell'erosione pre-basaltica. Nello stesso periodo, in seguito ai movimenti di subsidenza si formarono diversi stagni costieri separati dal mare e da cordoni litorali sabbiosi.

Durante il Quaternario la fossa del Campidano è colmata da sedimenti alluvionali, eolici, detrito di falda, ecc., ricoprendo le formazioni plioceniche e la serie vulcano-sedimentaria oligo-miocenica. Al Pleistocene sono da riferirsi le alluvioni antiche terrazzate, costituite da sedimenti fluviali di conoide o di piana alluvionale terrazzati, rappresentate da conglomerati, ghiaie, sabbie, in abbondante matrice siltoso-argillosa ferrettizzata, talvolta ben costipati e/o cementati. Esse, sono stati reincise in più ordini di terrazzi, in funzione delle diverse fasi morfogenetiche, connesse alle oscillazioni climatiche del Pleistocene-Olocene. Le alluvioni antiche orlano le colline tutt'intorno alla fascia orientale del Golfo di Oristano, fino ad appoggiare con debole inclinazione sul complesso vulcanico del M. Arci.

I materiali alluvionali Olocenici, i più rappresentativi nell'area, sono costituiti da alternanze ciottoloso-sabbiose, sabbioso-limose e limo-argillose, deposte a più riprese nella piana di Oristano attraverso divagazioni ed esondazioni del Tirso. Ai depositi quaternari, oltre che dalle coltri alluvionali antiche e recenti, vi appartengono lembi della "Panchina Tirreniana" (unica formazione quaternaria di facies marina della Sardegna datata in base ai reperti paleontologici), affiorante in vari punti del Golfo di Oristano (esterni), dune sabbiose recenti e attuali, depositi palustri, presenti anche nel sottosuolo del centro urbano di Oristano. In sintesi i terreni affioranti nel settore in esame, sono rappresentati da depositi Pleistocenici e Olocenici:

- I depositi Pleistocenici sono rappresentati dal *Sistema di Portovesme* (Pleistocene superiore) che comprende depositi di ambiente continentale sia di ambiente marino. Tuttavia, il Subsistema di Calamosca (PVM₁ "Panchina tirreniana") costituito da conglomerati e arenarie litorali, calcareniti e limi lagunari con resti fossili di molluschi affiora localmente nella fascia costiera, lungo le aree marginali degli stagni. Il Subsistema di Portoscuso (PVM_{2a}), è caratterizzato da ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate, con spessore massimo di 35 m. Le coltri alluvionali terrazzate affiorano nei terrazzi e nei lembi delle grandi conoidi che delimitano la pianura alluvionale del Tirso, in particolare a NNE, a E del Campidano settentrionale ed a SE del centro urbano di Oristano.
- I depositi Olocenici sono caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati e non, depositi palustri, eolici, coltri eluvio-colluviali, ecc.. I terreni di copertura più recenti sono rappresentati essenzialmente da depositi alluvionali distinti in:

- Depositi alluvionali terrazzati (bn): ghiaie medio-fini di rocce paleozoiche e vulcaniti terziarie, sabbie quarzose alternate a limi sabbiosi. Lo spessore massimo è circa 5 m; si trovano vicino ai corsi d'acqua e nella piana alluvionale del Tirso;
- Depositi alluvionali (bb): sabbie con subordinati limi e argille. Rappresento i terreni di copertura della pianura alluvionale-costiera del Tirso e dell'area sensibile.

1.1 - Caratteristiche strutturali del Campidano

L'attività esplorativa e le indagini sismiche hanno permesso di definire la struttura geologica della piana del Campidano, che è la parte più profonda del Rift Sardo. Il graben campidanese,

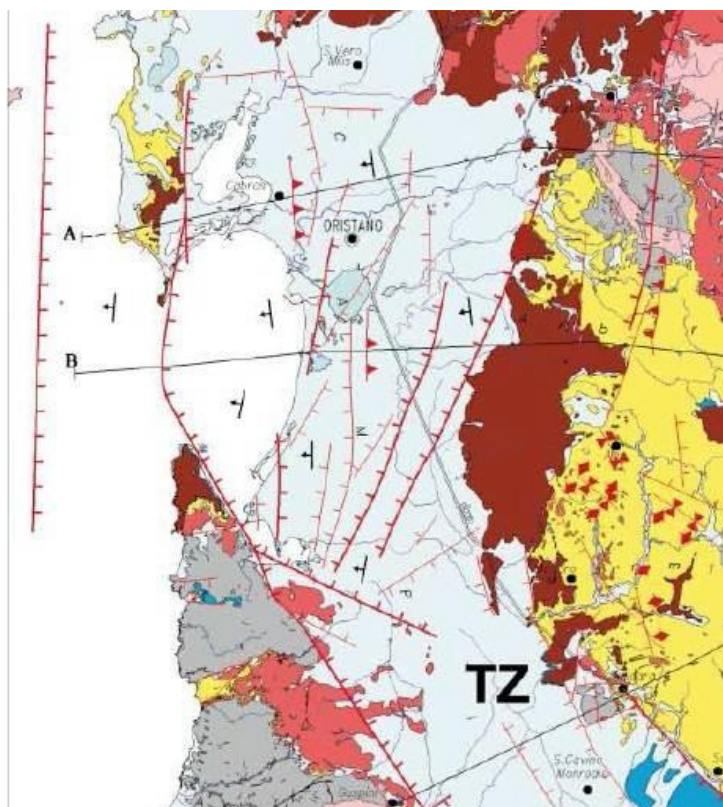


Figura 6 - da carta geologica strutturale (Casula, e altri 2001)

caratterizzato da un'orientazione NNW-SSE, è sovrapposto alla parte meridionale del "Rift Sardo" Oligo-Miocenico, a sua volta sviluppatosi su preesistenti discontinuità strutturali del basamento paleozoico. Recenti studi su strutture tardo-paleozoiche (Elter, Musumeci, Pertusati, 1990; Di Vincenzo, Grezzo, Sartia, 1993) rilevano, nel basamento, faglie ben sviluppate in direzione WNW-ESE e ENE-WSW. Queste direzioni sono state mantenute dagli eventi tettonici del Terziario e del Plio-Quaternario (G. Casula, A. Cherchi et al., 2001). Dall'analisi dei profili sismici si deduce che il sud del Rift Oligo-miocenico è un sistema complesso di

graben (Bosworth, 1985), caratterizzato da una chiara struttura interna asimmetrica e da due bacini (half-grabens) aventi opposte polarità, separati da una "transfer zone" (Gibbs, 1984). Il termine transfer indica una zona di adattamento (Gibbs, 1984; Bosworth, 1985), che serve ad assorbire i movimenti differenziali tra i vari blocchi fagliati, che dividono un graben in differenti settori. La transfer zone è localizzata nella regione di Sardara e segna il passaggio dal Campidano meridionale ("Cagliari half-graben") al Campidano settentrionale ("Oristano half-graben"). Questa transizione è contraddistinta da un alto strutturale, che viene definito come "Twist-Zone" (Colletta et al., 1988; Maillard e Mauffret, 1993), ma non è altro che il più grande affioramento di basamento Paleozoico presente entro la parte sud del Rift Oligo-Miocenico.

Questa zona, già nota in letteratura come “Soglia di Guspini-Sardara” (Martinis, Trudu, 1988) è un alto strutturale postulato soprattutto sulla base di prospezioni geofisiche, interpretato come basamento paleozoico tra il piccolo horst di Sardara (rilievo di Monreale) e il massiccio vulcanico del monte Arcuentu.

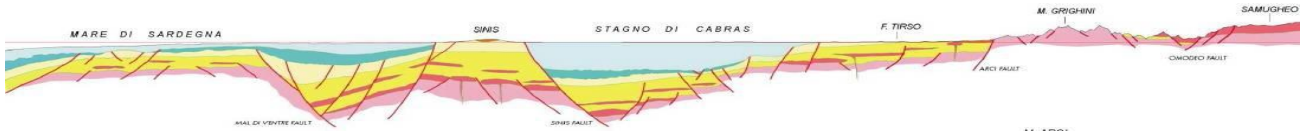


Figura 7 - Sezione geologica del Campidano settentrionale, poco più a Nord di Oristano

Il Campidano settentrionale, delimitato dai Monti Ferru al Nord, dal Monte Arci a sud-est, dal rilievo del Grighini a Nord-Est, dall'horst del Sinis a ovest, rappresenta unitamente al Golfo di Oristano la parte più depressa del Rift Sardo. Dalla sezione geologica il settore settentrionale del Campidano di Oristano, è un semi-graben immergente ad ovest, delimitato da faglie antitetiche immergenti ad WNW e da faglie sintetiche immergenti ad ESE. Queste strutture sono state evidenziate dai profili sismici, poiché ricoperte dai depositi alluvionali plio-quadernari.

Due faglie longitudinali principali delimitano il margine occidentale di questo settore: la più esterna è faglia di Mal Di Ventre, localizzata nella piattaforma continentale e la più interna la faglia del Sinis. Il margine orientale del campidano di Oristano è caratterizzato da un sistema secondario di faglie normali antitetiche, orientate a NNE immergenti a ovest (faglie del M.Arci e Omodeo).

1.2 - Caratteristiche geomorfologiche

L'assetto geomorfologico-strutturale di un territorio è la risultante dell'azione di forze esogene ed endogene, responsabili dell'erosione e del modellamento delle superfici e di quegli antichi spostamenti tettonici a scala Regionale. La superficie terrestre è il risultato dell'interferenza di più processi geodinamici, che si manifestano con forme del rilievo differenti, in funzione dell'assetto geologico strutturale, dell'intensità e tipologia del processo geomorfologico prevalente. La conformazione geomorfologica del Campidano di Oristano è di origine relativamente recente, poiché connessa alla neotettonica plio-quadernaria (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969) della Fossa del Campidano. La conseguenza più importante dei movimenti tettonici distensivi plio-pleistocenici è stata la subsidenza del graben del Campidano e il sollevamento delle aree limitrofe, che furono interessate da intensi processi di erosione areale e lineare, con approfondimento delle valli e conseguente ringiovanimento del rilievo. L'assetto morfologico generale nell'areale appare chiaramente influenzato da fattori strutturali (tettonici e vulcanici), che hanno condizionato i fenomeni di denudazione e soprattutto i processi fluviali dei corsi d'acqua

provenienti dai rilievi attigui al graben. In entrambi i lati del Campidano è stata riscontrata la presenza di più ordini di piani o di conoidi alluvionali, spesso terrazzati. La loro genesi è da imputare principalmente alle variazioni climatiche quaternarie (periodi glaciali e interglaciali) che favorì l'alternanza di processi erosivi superficiali e lineari e quindi di fasi morfogenetiche, responsabili della formazione dei piani pedemontani e della loro incisione.

L'area sensibile si trova immersa in un'ampia superficie sub pianeggiante di età quaternaria antica e recente prodotta e creata dal Tirso, che con alluvioni sabbiose, limoso-argillose e ciottolose, ha colmato durante l'Olocene l'antica paleovalle scavata nel MIS 2 (Pleistocene superiore), determinando la formazione della pianura alluvionale e costiera di Oristano. Quest'ultima (esterna) è stata influenzata dall'interazione tra le fasi marine trasgressivo-regressive del Quaternario e le dinamiche fluviali, che hanno dato luogo, attraverso la

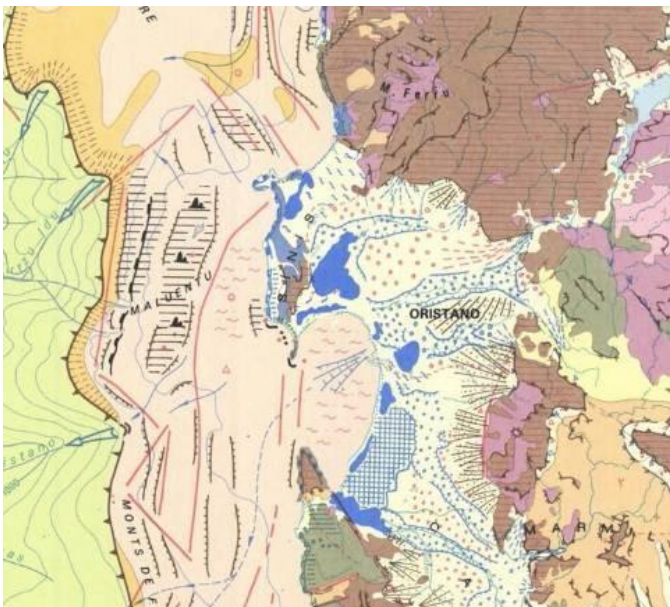


Figura 8 - Carta geomorfologica della Sardegna – marina e continentale

sedimentazione ed erosione a un paesaggio pianeggiante e monotono, interrotto da vaste aree umide, che si sviluppano lungo la fascia costiera, costituendo il naturale sistema di espansione idraulica dei corsi d'acqua, sfocianti nel Golfo di Oristano. Si tratta di una vasta pianura alluvionale, caratterizzata dalla bassa valle del Tirso e sino alla foce, da superfici pianeggianti o debolmente ondulate, rese meno monotone dalla presenza di terrazzi fluviali degradanti dolcemente verso la costa, di aree palustri occupanti paleo-meandri abbandonati. I terrazzi alluvionali probabilmente si sono originati in seguito alle variazioni del livello di

base del corso d'acqua, durante il Pleistocene Superiore. La conformazione attuale deriva dalla colmata alluvionale olocenica del Tirso, modellata da esondazioni e divagazioni del suo tracciato, come testimoniano i numerosi meandri abbandonati (Melis, 2011) nel passato. Questo è ancor più vero se si considerano gli ingenti apporti sedimentari, che si riversavano nella piana di Oristano durante le piene, prima della costruzione delle dighe a monte, delle opere di arginatura e di bonifica del Tirso.

Ad oggi, l'area non è interessata da processi morfogenetici attivi, da fenomeni di subsidenza né dalla presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possano innescare dissesti significativi. In considerazione delle caratteristiche litologiche dei

terreni affioranti unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono le litologie, l'area nell'insieme è caratterizzata da buone condizioni di stabilità legate alla situazione geologica e geomorfologica del paesaggio.

1.3 - Idrografia e idrogeologia dell'area in esame

L'area sensibile, situata nella pianura alluvionale del Campidano, in prossimità verso Nord



Figura 9 - Rappresentazione U.I.O. del Tirso (da PTA Sardegna)

dello stesso centro urbano di Solarussa, ricade nell'U.I.O. (Unità Idrografica Omogenea) del Tirso costituita dall'omonimo bacino idrografico. L'intensa idrografia presenta sviluppo prevalentemente dentritico dovuto alle varie tipologie rocciose attraversate lungo il settore centrale. La U.I.O. ed è delimitata a Ovest dal massiccio del Montiferru, a Nord-Ovest dalle Catene del Marghine e del Goceano, a Nord dall'altopiano di Buddusò, a Est dal massiccio del Gennargentu, a Sud dall'altopiano della Giara di Gesturi e dal Monte Arci.

L'altimetria è notevolmente varia: all'interno del bacino vi rientrano aree pianeggianti, collinari e montuose che culminano con le vette del versante settentrionale del Gennargentu (Bruncu Spina 1829 m s.l.m.). Il fiume Tirso nasce dall'altopiano di Buddusò e sfocia nel Golfo di Oristano dopo un percorso di 159 km circa, interessando una vasta area della Sardegna che si estende nelle regioni storiche della Barbagia, del Goceano, Mandrolisai, Sarcidano e dell'Arborea. L'andamento del suo corso è notevolmente differente procedendo dalla sorgente alla foce. In particolare nell'ultimo tratto che attraversa la piana di Oristano, il corso del fiume caratterizzato da pendenze minime presenta un andamento con grossi meandri. I principali affluenti del fiume ricadono tutti nella parte alta e media del corso, e drenano talvolta dei sottobacini particolarmente significativi, come quello del Fiume Massari, Fiume Taloro, ecc.. Affluenti di minore importanza sono quelli che drenano i versanti occidentali del monte Arci, caratterizzati da una rete idrografica piuttosto lineare, poco ramificata e quasi perpendicolare alla linea di costa.

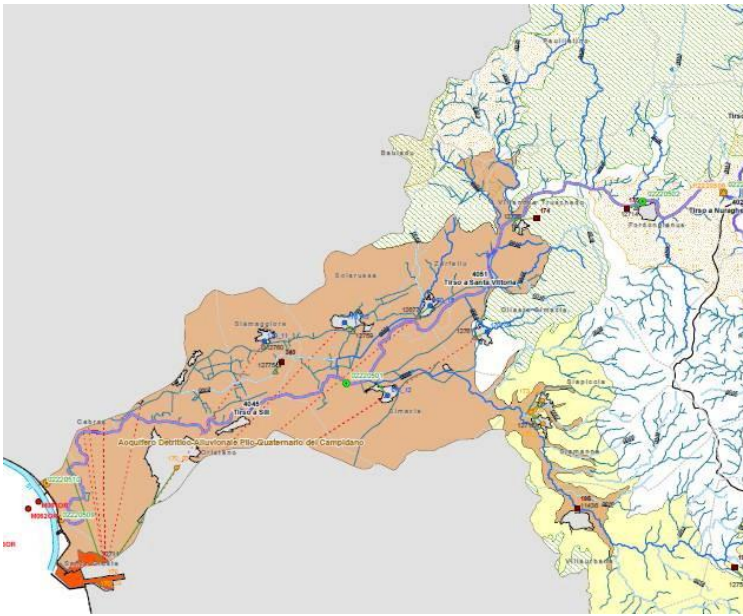


Figura 10 – UIO del Tirso – Acquiferi (estratto da PTA)

Nella parte sud-orientale sono presenti rocce paleozoiche del Siluriano (arenarie scistose, micascisti, quarziti e filladi) debolmente metamorfosate; nella parte a sud è presente una successione calcareo dolomitica di età giurassica e sedimenti sabbioso-conglomeratici di età Miocenica.

Nel settore centro-occidentale sono presenti dei grandi espandimenti lavici plio-pleistocenici basaltici che formano un vasto altopiano. Il quaternario, dove presente, è caratterizzato da un notevole spessore di sedimenti i quali sono sede di importanti falde acquifere. Uno degli elementi di maggiore importanza di questa U.I.O. è sicuramente la presenza di numerosi invasi artificiali, tra cui si citano gli invasi del lago Omodeo, di Gusana e del Cucchinadorza. I complessi acquiferi principali, costituiti da una o più Unità Idrogeologiche con caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee, che interessano questo territorio del Tirso sono diversi, nota l'estensione e l'eterogeneità litologica del bacino idrogeologica. Nel settore gli acquiferi principali sono:

- **Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternaria del Campidano:** si può suddividere in:
 - Unità Detritico-Carbonatica Quaternaria: comprende sabbie marine, di spiaggia e dunari, arenarie eoliche, sabbie derivanti dall'arenizzazione dei graniti; panchina tirreniana, travertini, calcari; detriti di falda. Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione;
 - Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie: vi appartengono i depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi; depositi lacustro-palustri, discariche minerarie. Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana;

- Unità Detritica Pliocenica: comprende conglomerati, arenarie e argille di sistema alluvionale, con permeabilità per porosità complessiva bassa; localmente media in corrispondenza dei livelli a matrice più grossolana.

▪ **1.3.1 - Considerazioni idrologiche e permeabilità**

Le alluvioni antiche e recenti, sabbioso-ciottolose sono sede di falde idriche soprattutto freatiche. Si tratta di falde ubicate a profondità variabili entro i livelli sopra detti, intercalati a strati di limi argillosi, coesivi e pressoché impermeabili. La posizione e l'importanza delle falde idriche nelle zone di basso morfologico, pianura, sono legate all'evoluzione sedimentaria della stessa area e quindi con la distribuzione dei sedimenti a diversa granulometria. L'alternanza di sedimenti a differente composizione granulometrica, grado d'addensamento e di consistenza, tipica dei sedimenti alluvionali, determina localmente, variazioni di permeabilità. La permeabilità infatti è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché il terreno non è un corpo omogeneo, è intuibile che all'interno dello stesso varino sia le caratteristiche chimico-fisiche, che le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità, la permeabilità per i litotipi considerati, non è rappresentata da un unico valore del coefficiente "K" (in m/s) ma da un intervallo di questo. Dalla disamine, consultazione dei dati legge 464/84 tramite il Portale del Servizio Geologico d'Italia

- - ISPRA, si evince che la nostra area è contornata da tutta una serie di ricerche idriche, profonde mediamente 100mt, con soggiacenza delle falde acquifere variabile da circa - 20/25mt all'interno dell'alluvionale a circa -64.0/100mt all'interno del vulcanico. I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Classe 1 → [Alluvionale]: depositi alluvionali recenti e attuali. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa generalmente abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi a bassa trasmissività, sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta [$10^{-2} \geq K \geq 10^{-5}$].

Classe 2 → [Detritico e/o eluvio colluviale]: terreni di copertura sabbioso, sabbioso limoso e/o limoso sabbioso, con presenza di ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate – angolose, con locali clasti di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rileva la presenza di argille limose e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e sporadiche ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media [$10^{-4} \geq K \geq 10^{-6}$].

Classe 3 → [Vulcanico]: basalti, piroclastici, rioliti, riodaciti, da mediamente a ben cementati, massivi o in strati da spessi a molto spessi, immersi nella massa di fondo si rinvencono passaggi di ceneri grossolane, pomice e litici lavici con dimensioni da centimetriche a decimetriche, da scarsi a molto abbondanti. Trattasi di acquiferi di modesta trasmissività, con sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente frazionate dagli orizzonti litoidi più compatti e meno fratturati. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa [$10^{-6} \geq K \geq 10^{-8}$].

In sintesi, non esistono condizioni attuali in cui le opere in oggetto possano interferire con la geologia e l'idrologia del settore. Da quanto su esposto si evince che l'opera da erigere non aumenta il livello di rischio idraulico poiché non comporta ostacolo al naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee nell'area.

1.4 – Assetto geologico dell'area di sedime

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal

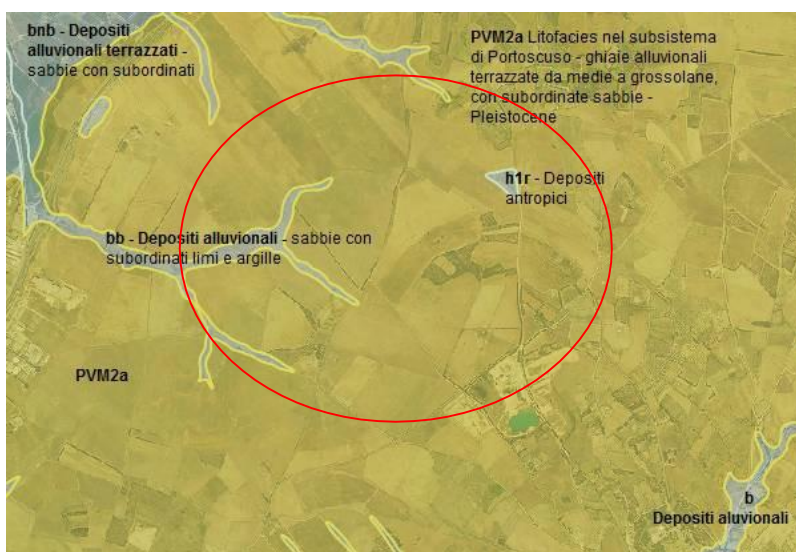


Figura 11 – Inquadramento geologico (fonte Sardegna geopoertale)

rilevamento geologico di superficie effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla miscellanea presente, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti su simili contesti territoriali. Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere differenti unità geologiche, relative a sequenze sedimentarie che a successioni clastiche di copertura.

In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie. In particolare gli affioramenti nell'area cartografata dal più antico al più recente sono rappresentati da:

- Ghiaie e sabbie alluvionali e di conoide alluvionale (PVM2a) - Subsintema di Portoscuso: Sono compresi in questo sub-sintema ghiaie e sabbie alluvionali e di conoide alluvionale. I depositi alluvionali e di conoide alluvionale rappresentano le propaggini più occidentali della serie di conoidi coalescenti provenienti dal Monte Arci e dai rilievi del Barigadu-Marmilla. Questi sedimenti formano terrazzi alluvionali sospesi sui fondi vallivi attuali, di circa 20 m nel settore nord-occidentale e di pochi metri nei settori prospicienti la pianura costiera. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie medie e fini a spigoli sub-angolosi e sub-arrotondati, localmente intercalate a lenti e livelli di sabbie grossolane. Talvolta la frazione sabbiosa diviene predominante e le ghiaie costituiscono livelli e lenti. I sedimenti più grossolani caratterizzano in genere la parte superiore delle conoidi. La composizione dei clasti è costituita in prevalenza da vulcaniti terziarie, quarzo e magmatiti erciniche. Le strutture sedimentarie osservate in fronti di cava, ad esempio a Siamaggiore ma anche a Solarussa indicano ghiaie a stratificazione incrociata concava (Gt) e orizzontale (Gh), dove è evidente anche la presenza nei canali di sedimenti fini siltosi e sabbiosi (Fm). Lo spessore del riempimento è indicativo della profondità del

canale, che nella cava ad esempio di Is Caladeddas (Siamaggiore) raggiunge anche 2-3 m di profondità - Pleistocene.

- Depositi alluvionali terrazzati (bn): questi depositi affiorano nella porzione centrale (contesto). Essi poggiano sul subsistema di Portoscuso e sono ricoperti dai depositi alluvionali e da quelli eolici attuali. Si tratta di ghiaie medio-fini subangolose e subarrotondate, a elementi di quarzo, metamorfiti e granitoidi paleozoici, vulcaniti cenozoiche (b na), con stratificazione orizzontale, alternate a sabbie quarzose grosse. In genere prevalgono sabbie da fini a grosse con stratificazione incrociata concava e orizzontale, in alternanza con limi sabbiosi (bnb). Questi depositi sono posti ai lati degli alvei attivi e dei tratti di alveo regimati e non sono interessati dalle dinamiche ordinarie fluviali, tranne in casi di eventi meteorici eccezionali. Sono riconducibili ad un ambiente di piana alluvionale e sono stati interessati da fasi di incisione, con formazione di orli di terrazzo non sempre evidenti e cartografabili. Essi formano dossi poco rilevati sulla pianura e sono spesso rimodellati dall'attività agricola - Olocene.
- Depositi alluvionali (b): I depositi alluvionali attuali sono quasi sempre rappresentati da sabbie e limi bruni, con rare ghiaie fini e scarsa matrice (bb), occupano in particolare la piana alluvionale del Fiume Tirso. Lo spessore osservato è molto variabile e comunque non supera i 5.0 m.

1.5 - Lineamenti climatici generali dell'areale

codS	ENTE	nome	quota m s.l.m.	Temp media diurna 1922-02	Temp minima diurna 1922-02	Temp massima diurna 1922-02
98	AER	Capo Frasca (Aer)	92	16.6	16.0	17.4
99	SI	Arborea	7	14.7	14.1	15.7
100	SI	Marrubiu (C.ra)	32	18.1	18.1	18.1
101	SI	Km.82	32	0.0	0.0	0.0
102	SI	S.Anna-Oristano	12	17.2	15.9	18.1
103	SI	S.Giusta	10	16.7	14.8	18.2
104	SI	Sassu Idrovora	5	16.8	15.9	19.8
105	SI	Oristano FF.SS.	12	16.6	13.1	17.7
165	SI	Ex Tanca Regia	332	0.0	0.0	0.0
166	SI	Abbasanta	317	14.5	9.2	18.1
167	SI	Paulilatino	280	16.2	15.5	16.9
168	SI	Fordongianus	32	16.8	15.6	18.5
169	SI	Mogorella	299	15.3	14.9	15.6
170	SI	Santa Vittoria	22	16.5	16.5	16.5
171	SI	Simaxis	17	16.8	16.5	17.3
172	SI	Riola	9	16.7	16.2	17.8
173	SI	Cabras	9	0.0	0.0	0.0
174	SI	Santulussurgiu	557	14.3	10.0	19.4
175	SI	Seneghe	300	0.0	0.0	0.0
176	SI	Bauladu	29	18.2	16.7	20.4
177	SI	Cadreas (C.ra)	74	0.0	0.0	0.0
408	SI	Putzu Idu	4	0.0	0.0	0.0

Figura 12 - Tabella dati termometrici stazioni nell'Oristanese

Il territorio in esame mostra caratteri orografici monotoni, propri del settore circostante il golfo di Oristano. Questa omogeneità di ambiente orografico determina a sua volta una omogeneità dei parametri meteoroclimatici. I caratteri climatici del del territorio sono definiti da principali parametri meteorologici, quali temperatura, piovosità e ventosità. A tal fine sono state acquisite le serie storiche dei dati pluvio-termometrici ed anemometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno.

Per la definizione del regime termico dell'area

in studio sono state elaborate le osservazioni giornaliere rilevate dal 1922 ad oggi nelle stazioni meteorologiche riportate nella Tabella dei dati termometrici. Le stazioni sono tutte esterne al perimetro del territorio Comunale.

I dati rilevati mostrano temperature medie annue di 17,7°C, il picco di minima si verifica a gennaio con valori di 13.1°C, quello di massima 24,4°C nel mese di agosto, con escursione annua di 14,3°C. Il 1980 è stato l'anno più freddo, con temperatura media annua di 15,7°C, mentre il 1959 è stato quello più caldo con media annua di 17,6°C. Sulla piana del Campidano Settentrionale, le precipitazioni sono alquanto scarse; le masse d'aria umida occidentali, in genere, superano l'area pianeggiante e scaricano il loro contenuto d'acqua sui rilievi delle zone interne. Come si può osservare nella tabella dei dati pluviometrici, i millimetri di pioggia totali annui della zona sono compresi tra i 525 mm di Capo Frasca (92 m s.l.m.) ed i 627 di Riola (9 m s.l.m.), mentre per la stazione pluviometrica di Seneghe (300 m s.l.m.), che si trova sulla propaggine più meridionale del Massiccio del Montiferru, si osserva un rilevante incremento delle precipitazioni, che si aggirano intorno a 873 mm di pioggia l'anno.

L'anno idrologico ha inizio a settembre, e si prolunga in genere sino alla prima decade di maggio, con un periodo di stasi intorno a metà gennaio (secche di gennaio), che a seconda

STAZIONE	PRECIPITAZIONI MENSILI (P) in mm												PRECIPITAZIONE ANNUA (P) in mm
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
CAPO FRASCA	56,6	56,3	41,9	48,9	28,2	13,4	4,3	6,5	36,0	66,9	95,2	71,3	525,8
MARRUBIU	74,4	63,3	54,2	54,9	35,9	14,7	2,5	6,7	41,6	80,1	95,0	97,0	620,2
ORISTANO	66,2	61,8	46,8	49,3	32,4	11,5	2,7	7,0	35,0	76,5	91,9	85,2	566,3
RIOLA	74,9	66,8	57,3	52,0	35,6	13,6	3,1	10,4	39,3	75,0	101,8	97,9	627,8
SANT'ANNA DI ORISTANO	65,3	57,9	49,8	50,5	33,2	12,4	2,6	7,1	37,1	75,2	89,2	88,4	568,7
SANTA GIUSTA	65,2	58,0	45,9	49,0	33,2	11,5	2,7	7,0	37,9	76,9	87,2	87,4	561,9
SASSU	64,6	59,7	49,7	50,3	27,6	12,6	2,5	5,9	36,6	72,0	93,2	79,0	553,7
SENEGHE	110,9	100,4	83,5	79,0	51,4	18,4	4,8	11,0	48,4	88,6	132,6	144,9	873,9
SIMAXIS	70,9	58,3	51,7	54,9	36,3	16,6	2,9	7,3	37,8	74,7	91,0	92,1	594,6

Figura 13 - Tabella: Valori medi dei dati pluviometrici delle stazioni prese in esame

dell'annata può espandersi per tutto l'arco del mese, come può restringersi fortemente, determinando annate siccitose che possono ripetersi anche per più anni consecutivi. I mesi più piovosi sono novembre e dicembre, con valori medi che vanno dai 71 mm per Capo Frasca, che è anche la stazione più meridionale ai 97 mm per Riola, nella parte più settentrionale del settore pianeggiante. Il periodo estivo può presentarsi, a seconda dell'annata, completamente privo di precipitazioni, specialmente per il mese di luglio ed agosto, con il primo che risulta quello con un valore medio, per gli anni di osservazione, più basso in assoluto. In questi mesi estivi, in presenza di irrilevanti precipitazioni e di elevate temperature, si instaura un periodo di accentuata aridità. Per la caratterizzazione del regime pluviometrico dell'areale, spostato verso sud, si osserva una media annua di 629,2 mm, con piogge concentrate

nel periodo autunno-inverno, mentre da maggio a settembre si riscontra il periodo secco. La media mensile più elevata, con valore di 106,7 mm, si registra generalmente in dicembre, mentre la minima mensile di 2,3 mm si registra nel mese di luglio. Fra gli anni considerati il 1923, con media annua di 968,7 mm/a, risulta il più piovoso con un valore che si discosta decisamente dagli altri, mentre quello più arido risulta il 1942, con soli 473,8 mm/a. I massimi pluviometrici nelle 24 ore risultano uguali o inferiori a 79,4 mm. Nel complesso l'area esaminata mostra un regime pluviometrico con una piovosità di media entità, concentrata nel periodo invernale, con estati rigorosamente asciutte, interessate solo da eventi temporaleschi talvolta anche eccezionali. La primavera è generalmente scarsa di apporti mentre l'autunno è sovente più ricco dell'inverno con caratteri di eccezionalità affatto sporadici. La gran parte degli eventi meteorici di rilievo ha avuto luogo in periodo autunnale e precisamente tra ottobre e dicembre, con episodi notevoli anche nei primi 2 mesi dell'anno.

L'umidità dell'aria mostra generalmente un andamento decrescente dalla costa verso l'interno, per la forte influenza giocata dalle brezze di mare che caricano di umidità l'aria e dall'inverno all'estate. I valori di umidità relativa registrati nella stazione di Oristano sono dell'ordine dell'84% in gennaio, dell'82% in aprile, del 77% in luglio e dell'80% in ottobre.

L'area è caratterizzata da un'elevata ventosità. I venti dominanti sono quelli provenienti dal IV quadrante (maestrale e di ponente), che spesso raggiungono e superano la velocità di 25 m/s, e quelli provenienti dal II e III quadrante (scirocco e libeccio). Il grecale mostra una frequenza del 15% con velocità generalmente non superiori ai 25 m/s, ed il maestrale con una frequenza intorno al 13%, raggiunge e supera la velocità di 25 m/s. Il vento meno frequente è lo scirocco, che però talvolta raggiunge e supera i 25 m/s. Le giornate di calma di vento rappresentano il 20,42% del totale. Nel periodo invernale risultano nettamente prevalenti i venti del I e IV quadrante con particolare frequenza per il ponente, il maestrale ed il grecale. Nel periodo estivo prevale nettamente il ponente con il maestrale con subordinato libeccio. Per la classificazione dei vari tipi di clima che caratterizzano una regione, sono stati proposti diversi indici, che mettono in relazione una o più variabili e consentono di suddividere un dato territorio in aree geografiche e/o in fasce vegetazionali, con caratteri climatici diversi.

Il bilancio idrico secondo Thornthwaite produce un deficit idrico fra i mesi di maggio ed ottobre, il periodo della ricostituzione della riserva idrica inizia ad ottobre fino a metà gennaio e solo da metà gennaio ad aprile si stabilisce il periodo di eccedenza idrica. L'area in esame ricade nella fascia climatica del clima temperato caldo sub-arido, tipicamente mediterraneo con estati asciutte ed inverni miti e debolmente piovosi. Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite, si tratta di un clima mesotermico (B2) sub-arido, con eccedenza idrica invernale da moderata e scarsa.

1.6 – Pericolosità geologica

L'insieme dei fenomeni geologici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

1.6.1 - Pericolosità Idrogeologica

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA), è uno strumento di pianificazione del territorio finalizzato a ridurre le conseguenze negative causate dalle alluvioni alle persone, l'ambiente, il sistema socio-economico e il patrimonio culturale. Il PGRA è redatto in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010; è stato approvato definitivamente a marzo 2016 e verrà aggiornato ogni sei anni. E' esteso all'intero territorio regionale della Sardegna ed è predisposto dall'Autorità di Bacino. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni si integra e si coordina con gli altri piani vigenti per la mitigazione del rischio idrogeologico, ovvero il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF).

I Comuni di Solarussa e Siamaggiore sono ricompresi all'interno del U.I.O del Tirso, così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale" (sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I/II/III), in un'area con assenza sia di pericolosità idraulica Hi (Art. 8 - Rev. 59) sia di pericolosità geomorfologia (Art. 8 - Rev. 42).

1.6.2 - Progetto P.S.F.F

Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) relativo al bacino del fiume Tirso con i suoi sub-bacini in essere per i fiumi del territorio, non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica.

1.6.3 - Progetto I.F.F.I

Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI) relativo all'area nel territorio Comunale di Solarussa, non sono emersi rischi compatibili con eventi franosi.

1.6.4 - Pericolosità sismica di base

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è manifestata attraverso la Classificazione Sismica del Territorio, che si basa sull'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e l'applicazione di speciali norme tecniche per le costruzioni (NTC) nelle zone classificate sismiche. Ai fini della caratterizzazione del territorio o di porzioni di esso è pertanto importante individuare l'appartenenza di ciascun comune o porzione di esso ad una delle zone sismiche definite sulla base del valore massimo del parametro di pericolosità sismica valutato all'interno dell'area considerata.

Quadro Normativo e Caratterizzazione Sismica del Territorio

La legislazione antisismica italiana, sino al 2003 classificava il territorio nazionale in tre categorie sismiche. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102,

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S=12	Prima categoria	zona 1
S=9	Seconda categoria	zona 2
S=6	terza categoria	zona 3
non classificato	N.C.	zona 4

corrispondente al 45% della superficie del territorio nazionale nel quale risiede il 40% della popolazione. Nei Decreti emessi fino al 1984 la sismicità fu definita attraverso il "grado di sismicità" S;

nella proposta di riclassificazione del

GdL del 1998 si utilizzarono 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC). La corrispondenza fra le diverse definizioni succedutesi nel tempo è sintetizzata in tabella. Nella Classificazione 2003 la sismicità fu definita da quattro zone omogenee numerate da 1 a 4.

I criteri di classificazione sismica del territorio nazionale contenuti nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, furono basati sugli studi e le elaborazioni relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio fosse interessato in un certo periodo (generalmente 50 anni) da un evento che superava una determinata soglia di intensità o magnitudo. L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 della

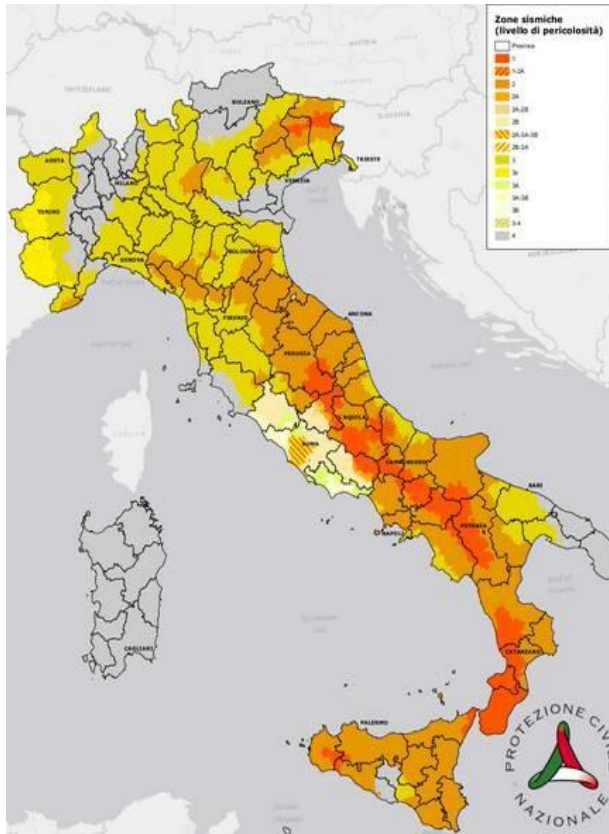


Figura 14 - Livello di pericolosità sismica dei Comuni italiani (2020)

Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", affidò alle Regioni l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dando in questo modo attuazione al D. Lgs. 112/1998 ed in particolare agli articoli 93 comma 1g e 94 comma 2a, indicanti la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico. L'Ordinanza, allineando il sistema normativo per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), consentì la razionalizzazione del processo d'individuazione delle zone sismiche.

L'allegato 1 di tale Ordinanza, il cui aggiornamento dello studio di pericolosità di

referimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004) previsto dall'O.P.C.M. 3274/03 fu adottato con l' dall'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, stabilì che le zone sismiche erano individuate da 4 valori dell'accelerazione orizzontale di picco del suolo [ag] con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. In particolare le "Norme tecniche" indicarono 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; pertanto la sismicità fu definita mediante zone omogenee numerate da 1 a 4 in ordine crescente di pericolosità.

- Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] \geq 0,25g$.
- Zona 2 - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,25g > [ag/g] \geq 0,15g$ possono verificarsi terremoti abbastanza forti.

- Zona 3 - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > [ag/g] \geq 0,05g$ possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] < 0,05g$ le possibilità di danni sismici sono basse.

Nella Carta della Zonazione Sismica del territorio nazionale (2003-2004) e nella Classificazione Sismica dei Comuni Italiani (OPCM 3274 20/03/2003 Allegato A), i Comuni di Solarussa e Siamaggiore ricadevano in zona 4. Per la presenza di alcuni errori ed imprecisioni nel testo dell'Ordinanza 3274 furono emendate dalla successiva Ordinanza 3316 del 2 ottobre 2003 "Modifiche ed integrazioni al testo dell'Ordinanza 3274". L'Ordinanza 3431, pubblicata sulla G.U. del 10 maggio 2005, apportò inoltre ulteriori modifiche, integrazioni e, a volte, semplificazioni all'Ordinanza 3274 del 2003, ne prorogò di ulteriori 3 mesi il periodo sperimentale di applicazione e traslò l'entrata in vigore, a carattere vincolante delle nuove norme sismiche al 8 agosto 2005 (adottato con l'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006). Il periodo di proroga fu ulteriormente esteso da Ordinanze successive fino all'emanazione del "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni (Testo Unico)" del 23 settembre 2005. L'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003 non entrò mai in vigore come norma vincolante, ma il suo impianto generale fu tuttavia confermato dalle norme successive. Il DM 14/09/2005 "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 23 settembre 2005, che rappresentò la legge di riferimento per l'ingegneria civile, identificò i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unificando sia le norme relative al comportamento e alla resistenza dei materiali e delle strutture sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti. Più specificamente per l'analisi sismica il decreto riprese la caratterizzazione delle azioni con l'impostazione generale introdotta dalle Ordinanze 3274 e 3431. Le procedure operative di dettaglio descritte in queste ultime erano da intendersi solo come suggerimenti esemplificativi e non come imposizioni prescrittive. In particolare ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il D.M. 14 settembre 2005 prescrisse "la necessità di valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale". Qualora tali valori non fossero disponibili, poteva essere utilizzata "la classificazione basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs o il numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media Cu". Nella mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale 2005, edita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, i Comuni di Solarussa e Siamaggiore come l'intero territorio isolano, non presentarono alcuna variazione: tutti i Comuni furono inseriti nella classe 4. L'O.P.C.M. 3274 del

20 marzo 2003 al comma 2.1. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", dispone che "In zona 4 è lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica", confermando quanto prescritto nelle precedenti ordinanze. Il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, stabilisce di recepire in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente all'aggiornamento della nuova mappa di rischi sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 in cui tutti i Comuni isolani sono inseriti in zona 4 rimane in vigore il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, che consente per i Comuni della Sardegna la "non introduzione dell'obbligo della progettazione antisismica. Per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità, nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone. Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), che sostituiscono quelle approvate con D.M. del 14 settembre 2005, hanno, infatti, modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini Amministrativi Comunali. Va precisato che, in seguito a tale classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Limitatamente alle costruzioni ordinarie presenti nei siti ricadenti in zona 4, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, la norma consente l'utilizzo della "vecchia" metodologia di calcolo alle tensioni ammissibili di cui al D.M. 16 gennaio 1996, ma obbliga comunque a tenere conto dell'azione sismica con l'assunzione di un grado di sismicità convenzionale $S=5$. La Classificazione Sismica (Zona Sismica di Appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione

e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti. L'entrata in vigore della revisione della norma NTC08, nel 2018, segna il definitivo abbandono della metodologia delle tensioni ammissibili: dal 22/03/2018, con l'entrata in vigore delle NTC08 non sarà più possibile utilizzare questa metodologia, neanche per le ex-zone 4, a favore del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite. Inoltre nella norma NTC2018 sparisce ogni riferimento alla classificazione in zone sismiche, un refuso di stampa contenuto nelle NTC08 che contrastava fortemente con la metodologia della norma e con il calcolo a nodi degli scuotimenti attesi.

a) Pericolosità Sismica Locale

L'obiettivo delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) nella progettazione di nuove strutture è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito. L'azione sismica di progetto è definita dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione descritta dalla probabilità che, in un fissato intervallo (periodo di riferimento "VR" espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR".

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag - accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.

Poiché le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR variano al variare dello stato limite considerato, nelle verifiche devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo e di esercizio. In particolare, sono da valutare gli Stati Limite di Esercizio SLO (Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) e gli Stati Limite Ultimi SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso). Per la determinazione di ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è indispensabile conoscere le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare. Si determina, quindi, la maglia di riferimento con l'ausilio delle tabelle dei parametri spettrali fornite

dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto: si ottengono in tal modo tre valori: ag ($g/10$), F_0 e $Tc^* \rightarrow$ [definiscono le forme spettrali]. I valori di ag , F_0 e Tc^* per gli “stati limite di esercizio”, SLO e SLD, e per gli “stati limite ultimi”, SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzato l'impianto utilizzando la classe d'uso I (presenza occasionale di persone).

b) Categorie di sottosuolo

Per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, 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 . I valori di V_S eq possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla Classe C. Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

c) Condizione Topografica

Il moto generato da un terremoto, oltre che dalle caratteristiche stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, dipende dalle caratteristiche topografiche del sito. Nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che “Gli effetti topografici possono essere trascurati” poiché presentano “un'inclinazione media inferiore a 15°”.

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

Caratteristiche della superficie topografica	CATEGORIE TOPOGRAFICHE	Valori minimi di V_N (anni)
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	T1

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

	TIPI DI COSTRUZIONE	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

1.6.4.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento, a partire dai tre parametri validi: a_g = accelerazione massima del terreno [$g/10$]; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C^* = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Dati sull'area SENSIBILE Impianto:

- $X = 1470286.2774$ longitudine E
- $Y = 4424968.8588$ latitudine N

Dati sulla costruzione:

- Classe d'uso: 1 (presenza occasionale di persone)
- Vita Nominale: 50 anni
- Coefficiente d'uso: 0.700000
- Vita di riferimento: 35.000000 anni

SLE (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000
(**SLO**) Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0182 g \rightarrow F_0 = 2.6275$
 $\rightarrow T_C^* = 0.1700 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000
(**SLD**) Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0193 g \rightarrow F_0 = 2.6260$
 $\rightarrow T_C^* = 0.1752 \text{ sec}$



Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

SLU (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000
(**SLV**) Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0368 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.7592$
 $\rightarrow Tc^* = 0.2775 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000
(**SLC**) Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0434 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.8000$
 $\rightarrow Tc^* = 0.3061 \text{ sec}$



2. CONCLUSIONI

In conformità a quanto fin qui esposto si possono trarre le seguenti conclusioni:

- L'analisi dell'area sensibile conferma una situazione geomorfologica locale stabile, essendo il progetto ubicato in una zona sub pianeggiante con quote variabili da circa 30.0m a circa 42.0m s.l.m.m., con pendenza massima uguale a circa il 13.5% e media del 3.5%, degradanti da NE a SSW direzione Solarussa e Fiume Tirso, e una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del substrato di natura sedimentaria alluvionale Pleistocenica Olocenica a giacitura sub orizzontale e omogenea di materiale essenzialmente ghiaioso sabbioso, a grana medio grossa, in matrice fine coesiva diversamente distribuita. Le opere previste in progetto non comporteranno scavi importanti per la posa delle fondazioni, né sbancamenti, né determineranno una modificazione nell'equilibrio morfologico dell'area d'intervento. Più precisamente le strutture verranno realizzate mediante infissione di un palo del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta massimo a -2.0m da p.c.. Nel nostro contesto specifico, andrà ad interessare essenzialmente una diffusa copertura superficiale di materiale detritico eluvio colluviale e/o alluvionale terrazzato di spessore decisamente plurimetrico, per lo più incoerente in matrice fine coesiva. Dal punto di vista del loro comportamento geomeccanico, presentano caratteristiche di litologia incoerente, diversamente addensata nelle parti superficiali detritiche, a molto addensata/dura nei termini più profondi vulcanici del substrato. In funzione di ciò, i terreni mostrano una certa variabilità nella resistenza alla penetrazione da prove S.P.T (Standard Penetration Test). Essi presentano negli strati più superficiali, o comunque dove sono presenti i livelli detritici a clasti spigolosi discrete caratteristiche geotecniche, andando verso valori concretamente superiori con la profondità, dove è maggiore la presenza delle vulcaniti di Atzori oligoceniche.
- Nell'area d'interesse non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto né segni che ne lascino presagire l'occorrenza; non è stata riscontrata la presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possa favorire l'innescarsi di dissesti di qualsiasi natura e provocare ripercussioni sulla stabilità delle opere in progetto. Essa, inoltre, non è interessata da fenomeni di subsidenza, né sono stati rilevati altri fenomeni morfogenetici attivi in grado di influire in maniera significativa sulla stabilità dell'area. In considerazione delle caratteristiche tecniche dei terreni unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono, l'area rimane caratterizzata da buone condizioni di stabilità.
- I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in:

GRADO DI PERMEABILITA	VALORE DI K (M/S)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Classe 1 → [Alluvionale]: depositi alluvionali recenti e attuali. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa generalmente abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi a bassa trasmissività, sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta [$10^{-2} \geq K \geq 10^{-5}$].

Classe 2 → [Detritico e/o eluvio colluviale]: terreni di copertura sabbioso, sabbioso limoso e/o limoso sabbioso, con presenza di ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate – angolose, con locali clasti di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rileva la presenza di argille limose e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e sporadiche ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media [$10^{-4} \geq K \geq 10^{-6}$].

Classe 3 → [Vulcanico]: basalti, piroclastici, rioliti, riodaciti, da mediamente a ben cementati, massivi o in strati da spessi a molto spessi, immersi nella massa di fondo si rinvengono passaggi di ceneri grossolane, pomice e litici lavici con dimensioni da centimetriche a decimetriche, da scarsi a molto abbondanti. Trattasi di acquiferi di modesta trasmissività, con sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente frazionate dagli orizzonti litoidi più compatti e meno fratturati. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa [$10^{-6} \geq K \geq 10^{-8}$].

Dalla disamina e consultazione dei dati legge 464/84 tramite il Portale del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA, si evince che la nostra area è contornata da tutta una serie di ricerche idriche, profonde mediamente 100mt, con soggiacenza delle falde acquifere variabile da circa – 20/25mt all'interno dell'alluvionale a circa -64.0/100mt all'interno del vulcanico.

- Sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F", il Comune di Ardara è ricompreso all'interno dell'U.I.O del Coghinas, così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale" (sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I/II/III), in un'area con assenza sia di pericolosità idraulica Hi (Art. 8 - Rev. 59), sia di pericolosità geomorfologia (Art. 8 - Rev. 42). Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) relativo al bacino del fiume Tirso, non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica. Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI) non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi.

- Pericolosità Sismica Locale

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.
- I valori di a_g , F_0 e T_{c^*} per gli "stati limite di esercizio", SLO e SLD, e per gli "stati limite ultimi", SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovranno essere attuati gli interventi, utilizzando la Classe d'uso I (presenza occasionale di persone).
- Dati sull'area SENSIBILE:

X = 1470286.2774 longitudine **E** - **Y = 4424968.8588** latitudine **N**

Dati sulla costruzione: Classe d'uso: I (presenza occasionale di persone) - Vita Nominale: 50 anni - Coefficiente d'uso: 0.700000 - Vita di riferimento: 35.000000 anni

SLE (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000
(**SLO**) Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0182 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.6275$
 $\rightarrow Tc^* = 0.1700 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000
(**SLD**) Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0193 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.6260$
 $\rightarrow Tc^* = 0.1752 \text{ sec}$

SLU (N.T.C 2018)

- Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000
(**SLV**) Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0368 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.7592$
 $\rightarrow Tc^* = 0.2775 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000
(**SLC**) Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0434 \text{ g} \rightarrow Fo = 2.8000$
 $\rightarrow Tc^* = 0.3061 \text{ sec}$

Categorie di Sottosuolo (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

Condizioni topografiche (Tab. 3.2.III)

CATEGORIE TOPOGRAFICHE	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Tab. 2.4.I.

	TIPI DI COSTRUZIONE	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

Tab. 2.4.II.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Classe I	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziale. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...]
Classe III	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 con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
Classe IV	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 [...]

Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

- L'area, che ospiterà l'opera in progetto, non evidenzia ostacoli di:
 - Natura geologica, idrogeologica o morfologica che impediscano l'utilizzazione prevista dal progetto di impianto fotovoltaico non a terra su pensilina;
 - Turbamento alle caratteristiche morfologiche del paesaggio. La stratigrafia, tipica dei terreni locali analizzati in situ, evidenzia la compatibilità della stessa in funzione delle opere (interventi) da realizzarsi, a supporto del progetto "Impianto agrofotovoltaico – Comuni Solarussa - Siamaggiore".

GEOLOGO [sez. A]

Dott. Mario STRINNA



La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)

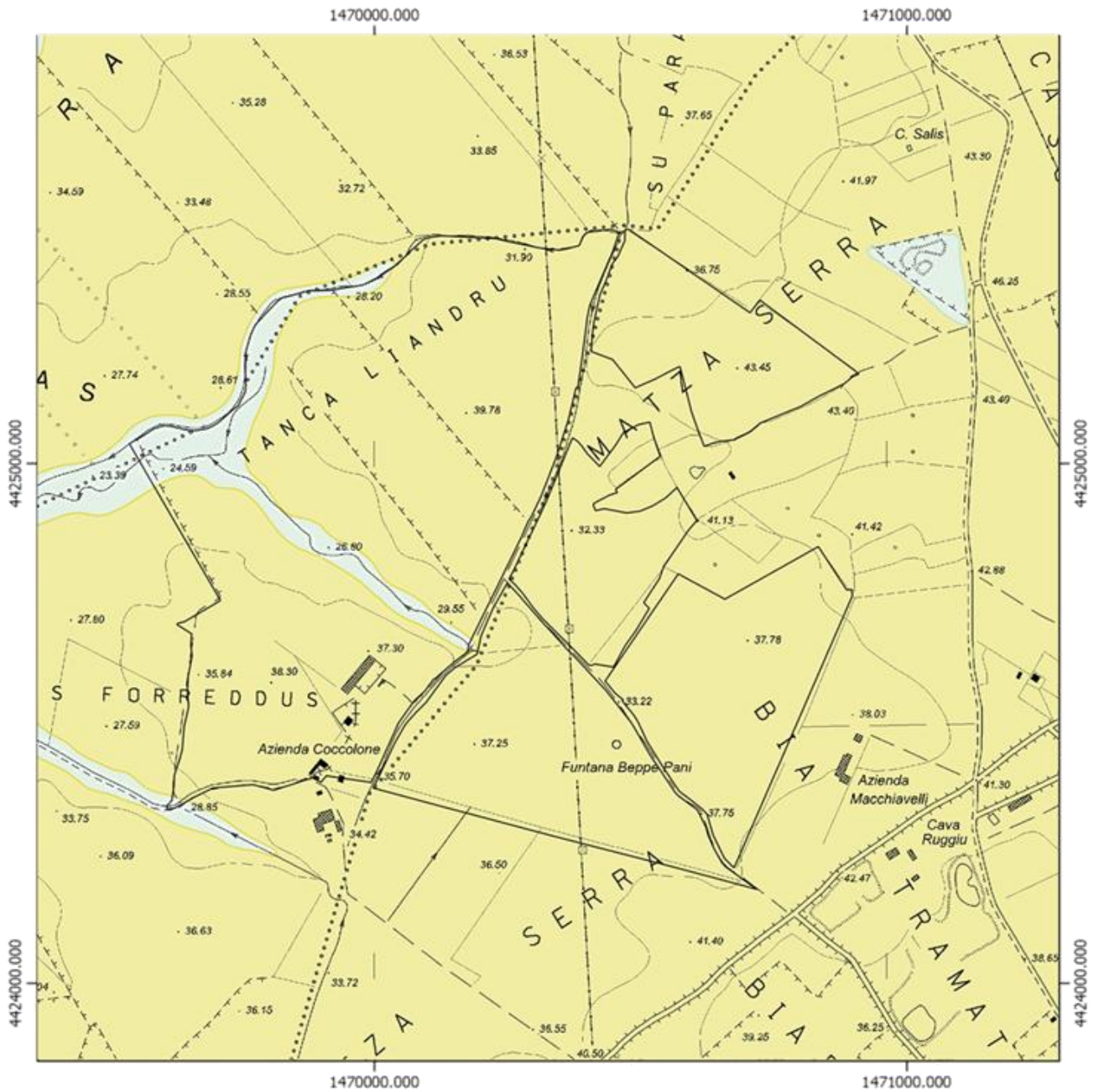
Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

INQUADRAMENTO GEOLOGICO
SU BASE CTR FOGLIO 528-040 [ZEDDIANI]
SCALA 1:10.000



□ Area a disposizione Impianto Solarussa_70MW

geologiaAreali2008

■ Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE

■ Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE

■ Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate. PLEISTOCENE SUP.



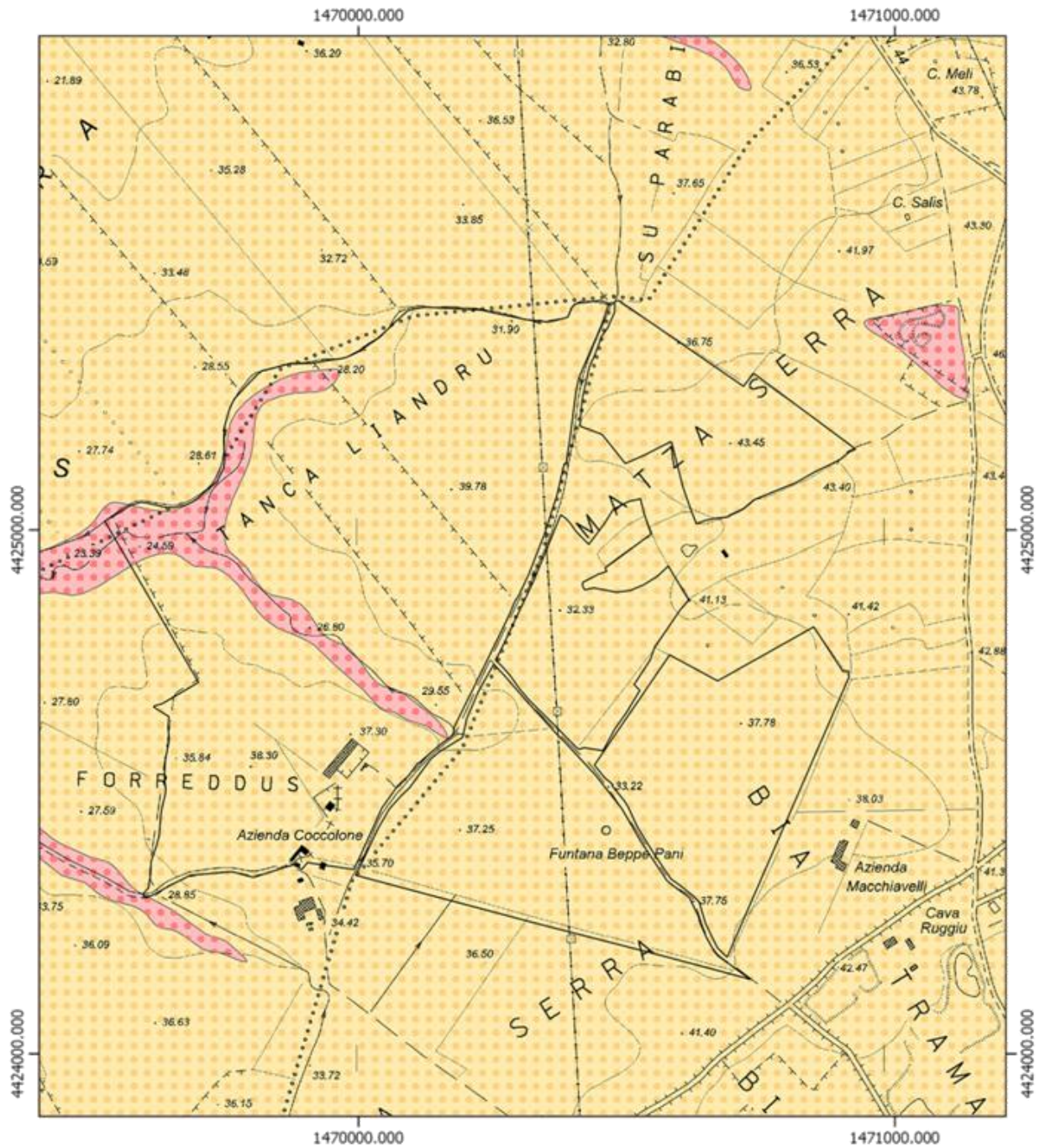
Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

CARTA DELLE PERMEABILITA'
SU BASE CTR FOGLIO 528 - 040 [ZEDDIANI]
SCALA 1:10.000



□ Area a disposizione Impianto Solarussa_70MW

carta_permeabilita_2019

■ AP - Permeabilità alta per porosità

■ MAP - Permeabilità medio alta per porosità

0 500 1000 m



Committente: Proponente GIOJANA SRL

Progetto: Impianto agrofotovoltaico di potenza installata pari a 83.32 MW Comuni Solarussa e Siamaggiore (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G Sardegna n. 441 [Sez. A]

Relazione geologica

