



REGIONE SARDEGNA

PROVINCIA DI SUD SARDEGNA

COMUNE DI SILIQUA

Oggetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO
AVANZATO
DELLA POTENZA DI 36,0399 MWp DA UBICARSI NEL TERRITORIO DEL
COMUNE DI SILIQUA
LOCALITÀ GIBA**

Elaborato :

REL0014_RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

TAVOLA:

REL0014

PROPONENTE :



FRESNO SOLAR S.r.l.

Sede
Viale Luca Gaurico 9/11, A, 4*
Roma (RM), 00143

PROGETTAZIONE :



GAMIAN CONSULTING SRL

Sede
Via Gioacchino da Fiore 74
87021 Belvedere Marittimo (CS)

TEAM TECNICO

Stefano Cairo Alessandra Guerriero
Lavinia Sollazzo Francesco Martorelli
Roberto Addino Francesco Greco
Raffaele Tribuzio Francesca Splendore
Iorio Marco

Tecnico
Ing. Gaetano Voccia



SCALA:

DATA:

Dicembre 2023

REDAZIONE :

L.S.

CONTROLLO :

S.C.

APPROVAZIONE :

Ing. Gaetano Voccia

Codice Progetto: F.22.192

Rev.: 00 - Presentazione Istanza VIA

Gamian Consulting Srl si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzato

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO

1	PREMESSA	2
2	STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DI SUPPORTO AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO “FV_SILQUA” CON POTENZA DI PICCO 36,0399 MWp DA REALIZZARSI IN LOCALITÀ “GIBA” DEL TERRITORIO COMUNALE DI SILQUA (SU)	3
2.1	Inquadramento geomorfologico	3
2.2	Inquadramento geologico generale	4
2.3	Analisi degli elaborati cartografici relativi al Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)	10
2.4	Considerazioni Litologiche	11
2.5	Prove penetrometriche SPT	11
2.6	Rischio sismico	13
2.7	Considerazioni Idrogeologiche	16
2.8	Programma delle Indagini	19
3	CONCLUSIONI	20

1 PREMESSA

Su incarico della Fresno Solar S.r.l. è stato eseguito il presente studio geologico, idrogeologico e geomorfologico di supporto al progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico avanzato di tipo zootecnico denominato “FV_SILIQUA” con potenza di picco 36.039,96 MWp da realizzarsi in località “Giba” del territorio comunale di Siliqua (SU). L’impianto sarà collegato in antenna a 36 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 220/150/36 kV della RTN da raccordare alla linea RTN a 220 kV “Sulcis-Villasor” e alla linea RTN a 150 kV “Siliqua-Villacidro.

La relazione geologica è definita secondo la vigente normativa [D.M. 04.05.1990; L. 2.02.1974 n. 64; D.M. 11.3.1988; L. 25.11.1962, n. 1684; D.P.R. 10.09.1990, n. 285; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 14.01.2008; D. LL. PP. 15.05.1985; D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163 e ss. mm. ii.], in particolare, sarà redatta in conformità al D.M. 14/01/2008 (‘NTC’ o Norme Tecniche per le Costruzioni) e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009, e in conformità al D.M. 11/03/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e Circolare esplicativa del 24-09-1988 n° 30483 ad esso riferita, e descriverà i diversi lineamenti geologici.

2 STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DI SUPPORTO AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO “FV_SILQUA” CON POTENZA DI PICCO 36,0399 MWp DA REALIZZARSI IN LOCALITÀ “GIBA” DEL TERRITORIO COMUNALE DI SILIQUA (SU)

2.1 Inquadramento geomorfologico

La zona oggetto di intervento è quello relativo alla Sardegna meridionale, parte occidentale. Il settore analizzato e relativo al presente capitolo, si presenta come una estensione pari a circa 50 kmq. Nello specifico verrà interessata il territorio compreso tra il settore costiero-collinare del Sulcis Iglesiente e la piana interessata dal tracciato del fiume Cixerri. Le quote altimetriche sono comprese tra 92,0 metri s.l.m. (parte nord) e 76,0 metri s.l.m. (parte sud dell’area oggetto di intervento). Al fine di caratterizzare in maniera completa e funzionale l’area in studio è stato rilevato il seguente macro settore:

- Area collinare a nord-ovest rispetto all’area oggetto di intervento e caratterizzante la parte settentrionale del territorio comunale di Siliqua;
- Area in parte pianeggiante e di origine alluvionale, appartenente al bacino idrografico del Riu Cixerri, ricompresa all’interno dei territori comunali di Villamassargia, Musei, Siliqua, Vallermosa e Decimoputzu.

I principali rilievi collinari presenti in prossimità del settore in esame, partendo da nord verso sud, sono quelli del Monte Cumburu (432 metri s.l.m.) – Monte Carroga (470 metri s.l.m.) – Punta Madau Serrenti (196 metri s.l.m.). La quasi totalità delle forme di versante risulta essere abbastanza dolce, senza rotture di pendio maggiormente accentuate in corrispondenza degli affioramenti litologici lapidei, i quali si presentano più resistenti nei confronti dell’azione modellatrice degli agenti esogeni. Le forme di versante collinari presenti, risultano costituite dalle formazioni geologiche appartenenti al basamento del Paleozoico di origine sedimentaria-metamorfica e dalle formazioni vulcaniche del Cenozoico appartenenti al “Distretto vulcanico di Siliqua”. Per quanto concerne invece le estese aree pianeggianti di origine fluviale, sono state colmate da potenti depositi alluvionali terrazzati ed incisi. In definitiva, l’assetto geomorfologico dell’intera zona è ben strutturato in due unità con caratteristiche eterogenee: la fascia collinare e l’estesa area pianeggiante di origine fluviale. Il settore collinare è caratterizzato da differenti litologie riconducibili principalmente alle formazioni vulcaniche del Cenozoico e metamorfiche del Paleozoico e rappresentate rispettivamente da:

- Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica (Distretto vulcanico di Siliqua);
- Metapeliti, metasiltiti, metabrecce, metaconglomerati appartenenti alla successione sedimentaria pre e post “Discordanza Sarda”;
- Metarenarie e metasiltiti appartenenti all’Unità tettonica dell’Arburese.

Tali litologie conferiscono a una parte dell’area in studiata tipica morfologia delle aree interessate da formazioni vulcaniche e metamorfiche. La fascia collinare, inoltre, è modellata dall’idrografia superficiale, che nel corso del tempo ha trasmesso all’area un aspetto particolare, definito, in letteratura geomorfologica, “maturo”. Le numerose diaclasi presenti nelle suddette litologie ne hanno governato fortemente l’evoluzione morfologica in quanto, essendo zone di maggiore debolezza, hanno consentito agli agenti meteorologici di esplicare un elevato potere erosivo.

La fascia sub-pianeggiante, invece, è caratterizzata da una bassa inclinazione determinata anche dal deposito, alla base dei

rilievi, dei prodotti limosi e sabbiosi di alterazione dei vari litotipi di origine vulcanica e metamorfica. Sono presenti, inoltre, sedimenti e suoli di età quaternaria. L'erosione di tipo selettivo fa sì che gli agenti esogeni agiscano in maniera differente a seconda del litotipo presente, provocando, in tal modo, cambiamenti anche bruschi del contesto morfologico.

Nelle litologie di tipo vulcanico e metamorfico sopra menzionate, appare evidente che il ruscellamento superficiale sia assai più rilevante dell'infiltrazione, in quanto i prodotti di alterazione argillosi e limosi, fungendo da letto impermeabile e/o semi impermeabile, ostacolano la penetrazione delle acque meteoriche. La macchia mediterranea, inoltre, presente solo nel settore del Sulcis Iglesiente, assolve tuttavia al compito, seppur parziale, di regimazione delle acque meteoriche.

Per quanto concerne infine il settore della estesa piana alluvionale, siamo in presenza dei depositi olocenici e pleistocenici sedimentari relativi al Riu Cixerri e fiume Flumini Mannu, rappresentati da depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi-sabbiosi-limosi e argillosi. Per quanto riguarda l'idrografia, il bacino idrografico principale di riferimento è quello appartenente al fiume Riu Cixerri. Numerosi sono gli affluenti ricadenti all'interno dell'area in oggetto di intervento. Oltre ai sistemi morfologici naturali e ai conseguenti processi metamorfici naturali e ai conseguenti processi geomorfici agenti, si evidenziano, in tutto il settore, frequenti modificazioni del paesaggio indotte dall'azione antropica, quest'ultima in continua evoluzione. Le suddette “Unità Geomorfologiche” presentano caratteristiche omogenee sia nelle forme del rilievo che nella prevalenza di certe dinamiche geomorfologiche sulle altre; tuttavia se scendiamo in dettaglio nell'individuazione degli elementi fisiografici e morfogenetici, al loro interno si potranno individuare subunità piccole con caratteristiche omogenee. È importante sottolineare che queste Unità non rappresentano porzioni di territorio a sé stanti ma sistemi aperti in cui i processi morfogenetici condizionano o sono condizionati da elementi delle aree attigue, in modo tale che le unità tendono a raggiungere condizioni di reciproco equilibrio dinamico nell'evoluzione del rilievo.

2.2 Inquadramento geologico generale

Le caratteristiche geologico-strutturali dell'area di interesse progettuale derivano dai numerosi e complessi eventi geologici che hanno interessato l'intera isola, in particolare nell'Era paleozoica ma anche in quella cenozoica e mesozoica. La struttura fondamentale del basamento sardo ha avuto origine dell'Orogenesi ercinica, conseguentemente ad una collisione associata a subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione (prima fase, Siluriano) seguita da una collisione continentale che ha prodotto ispessimento crostale, magmatismo e metamorfismo (seconda fase, Devoniano Carbonifero). La collisione continentale, che successivamente ha determinato la formazione della catena ercinica, è ricostruibile come segue. Un margine sovrascorrente del continente armoricano è rappresentato dal Complesso metamorfico di Alto Grado, affiorante nella Sardegna settentrionale e in Corsica. Esso costituisce la parte più interna della catena ed è formato da migmatiti e gneiss migmatitici in facies anfibolitica; sono presenti inoltre all'interno di sporadici affioramenti di metabasiti, delle paragenesi relitti in facies eclogitica. Il margine sottocorrente della placca del Gondwana è rappresentato dal Complesso metamorfico di Basso e medio Grado affiorante nella Sardegna centrale, centrorientale e nella Nurra settentrionale; si tratta di un metamorfismo progrado che varia da sud verso nord dalla facies a scisti verdi e quella anfibolitica.

I due complessi appena descritti sono separati da un contatto tettonico, costituito dalla “linea Posada-Asinara”, interpretato come un segmento della sutura ercinica sudeuropea. Si tratta di una fascia milonitica con frammenti di crosta oceanica (le

stesse metabasiti sporadicamente presenti anche nel Complesso di Alto Grado, più a nord) che dalla foce del fiume Posada attraversa tutta la Sardegna settentrionale dell'isola dell'Asinara. Le coperture del margine sottoscorrente rappresentate dalle sequenze sedimentarie e vulcaniche del Cambriano-Carbonifero inferiore sono scollate dal loro basamento e accumulate in una pila di falde, compresa tra la linea Posada-Asinara e la Zona Esterna della catena, costituita dal Sulcis-Iglesiente. Le differenze di carattere strutturale e stratigrafico che caratterizzano questo alloctono permettono di suddividerlo in:

- Una zona a Falde Interne, affioranti tra la “linea Posada-Asinara” e la Barbagia;
- Una zona a Falde Esterne, affioranti tra la Barbagia e l'Arburese-Iglesiente-Sulcis nord-orientali.

Le rocce metamorfiche delle Falde Interne, malgrado derivino dalle stesse successioni presenti nella Sardegna centro-meridionale, sono caratterizzate da un più alto grado metamorfico, dalla scarsità di vulcaniti ordoviciane e di calcari suliriano-devoniani. Le coperture metasedimentarie e metavulcaniche delle Falde Esterne costituiscono la parte più esterna dell'alloctono e sono state messe in posto da NE verso SW nell'avanfossa della catena durante il Carbonifero inferiore. Infine le sequenze sedimentarie paleozoiche della Zona Esterna della catena ercinica, affioranti nel sulcis-Iglesiente, sono caratterizzate da pieghe di elevata inclinazione e metamorfismo regionale di bassissimo grado, aventi direzione EW e NE. Successivamente, il basamento sardo è stato interessato da una inversione postcollisionale della tettonica, da complessiva a distensiva, che nelle zone interne dell'orogene ha avuto inizio probabilmente più precocemente nel Carbonifero inferiore, mentre nella Sardegna centro meridionale ha avuto luogo tra il Carbonifero inferiore e il Permiano allorchè, al termine della convergenza, il collasso gravitativo ha coinvolto tutta la crosta inspessita. Il complesso intrusivo orogenetico, indicato come “batolite sardo”, in affioramento, ha un'estensione di circa 6000 Km² ed è costituito da un'associazione plutonica calcalina caratterizzata da un'estrema eterogeneità compositiva in cui sono rappresentati gabbri, dioriti, tonaliti, granodioriti, monzograniti. Il passaggio dal Paleozoico al Mesozoico nelle medesime condizioni ambientali ha reso problematica, soprattutto per la scarsità di fossili in quei livelli, una dettagliata suddivisione stratigrafica. Nel prosieguo dell'Era cenozoica la Sardegna, pur conservando il carattere cratonico instauratosi dall'inizio dell'Era mesozoica, subisce i riflessi del ciclo orogenico alpino che ha causato la fratturazione del basamento paleozoico ed il parziale piegamento e dislocamento delle sequenze sedimentarie mesozoiche. In questa fase in Sardegna si possono individuare 4 cicli sedimentari principali separati da lacune e discordanze stratigrafiche correlabili sia con fasi orogenetiche sia con fasi distensive. La tettonica terziaria del basamento sardo-corso deve essere correlata con l'evoluzione dei tre margini che lo caratterizzano:

- Un margine collisionale con accrescimento della crosta oceanica, iniziato nel Cretaceo superiore, seguito da una distensione che per alcuni autori ha avuto inizio nell'Oligocene, secondo altri nel Miocene inferiore;
- Un margine passivo con una fase di rifting e un moto di deriva e rotazione del blocco sardo-corso, da associare all'apertura del Bacino delle Baleari e del Mar Tirreno settentrionale;
- Un margine passivo riferibile al Miocene superiore – Pliocene, associato all'apertura del Mar Tirreno meridionale.

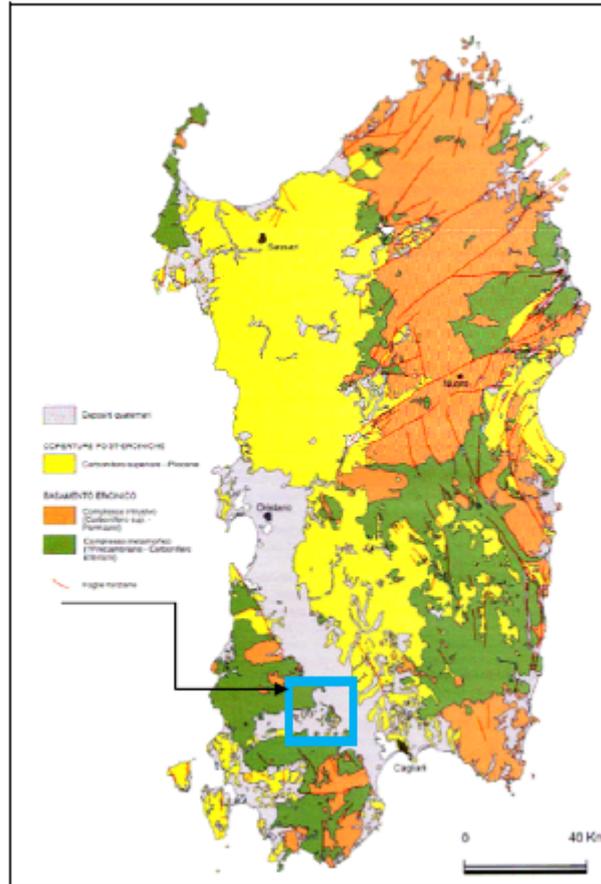


Figura 1 – Carta Geomorfologica della Sardegna e settore oggetto di intervento

Per quanto concerne nel dettaglio l'inquadramento geologico, l'area è costituita da diverse formazioni geologiche riferibili principalmente al Quaternario, Cenozoico e al Paleozoico. Il territorio, infatti, è costituito da:

1. Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
2. Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
3. Depositi sedimentari quaternari, antichi e recenti. OLOCENE e PLEISTOCENE
4. Piroclastiti di Siliqua: depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente stratificati, costituiti da clasti angolosi di lava micro vescicolata andesitica, porfirica con fenocristalli. OLIGOCENE – MIOCENE
5. Formazione del Cixerri: argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazioni, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati. EOCENE MEDIO – OLIGOCENE
6. Breccie di quarzo e liditi ben cementate e moduli ferruginosi alla base EOCENE MEDIO – OLIGOCENE
7. Arenarie di San Vito: alternanze irregolari di metarenarie minacce, quarziti e metasiltiti con laminazione piano-parallele ed incrociate. CAMBRIANO MEDIO- ORDOVICIANO INFERIORE.

Il Quaternario, che ricopre estese porzioni del territorio in esame, è rappresentato da depositi sedimentari olocenici – pleistocenici in facies continentale, i quali danno luogo ad affioramenti continui e di medio - notevole spessore.

Le alluvioni recenti sono rappresentate da depositi recenti ed attuali, con deboli spessori e più o meno terrazzati rispetto agli alvei attuali. Sono situati a ridosso del reticolo idrografico principale. La granulometria varia da sedimenti fini fino a ciottolosi di dimensione centimetrica. Questi ultimi sono facilmente riconoscibili ed appartenenti a rocce magmatiche e metamorfiche. La matrice è sabbioso-limosa molto abbondante, di colore bruno-scuro. Il grado di cementazione è in genere debole. Tali depositi risultano talora terrazzati, con un'altezza rispetto all'alveo attuale di 1 - 3 metri. Per quanto concerne i depositi detritici di falda, essi sono presenti esclusivamente nelle zone montuose e pedemontane dell'area in esame. Si ritrovano esclusivamente ai piedi dei rilievi montuosi di origine vulcanica e di origine metamorfica. Gli spessori di questi depositi sono variabili; raramente raggiungono altezze di alcuni metri. I ciottoli sono eterometrici e a spigoli vivi con matrice eterogenea. Le formazioni vulcaniche che interessano il settore oggetto di intervento, sono rappresentate principalmente da flussi piroclastici in facies ignimbratica. Le piroclastiti di Siliqua (SQA), affiorano nel settore compreso tra Siliqua, la strada pedemontana per Vallermosa e, a N, lungo la S.S. 293. Piccoli affioramenti sono presenti lungo la S.S. 130. Morfologicamente formano colline che si elevano di poche decine di metri sulla pianura circostante. Si tratta di alternanze di depositi di flusso piroclastico ed epiclastiti (arenarie vulcanoclastiche più o meno conglomeratiche). I depositi piroclastici formano unità deposizionali di flusso, spesse in alcuni casi 2-3 m, costituite da clasti da angolosi equidimensionali a subarrotondati di lava microvescicolata andesitica e rarissimi clasti di metamorfiti immersi in una matrice cineritica ricca di cristalli. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a 1 m. Il rapporto quantitativo tra matrice e clasti è circa 1:10. Nel deposito non sono state ritrovate pomici. Talvolta si osserva una gradazione inversa con clasti più grandi concentrati al tetto delle unità deposizionali. La porzione epiclastica è costituita da strati decimetrici di arenarie grossolane alternate ad arenarie fini. Esse sono costituite da granuli di quarzo e cristalli di plagioclasio, biotite e anfibolo. Spesso sono presenti clasti subarrotondati di lave andesitiche. In alcuni casi i blocchi di andesiti raggiungono volumi di oltre 1 mc, come lungo il Rio Marchioni (coord.: 799-539). L'unico affioramento che offra una sezione abbastanza chiara di una parte delle piroclastiti di Siliqua è esposto in prossimità della località Su Truncu de is Tanas (pochi chilometri a N dell'abitato di Siliqua, coord.: 834-522). Qui si osserva una successione di circa 3 m costituita alla base da una sequenza epiclastica e quindi da un deposito piroclastico di flusso. Il deposito epiclastico è costituito da:

- a) uno strato basale di 10 cm arenaceo grossolano di colore biancastro, con abbondanti cristalli detritici di plagioclasio, biotite, anfibolo e granuli di quarzo e rari clasti millimetrici di andesiti;
- b) uno strato spesso circa 5 cm con laminazione ondulata, di arenarie a grana fine con medesimo contenuto in cristalli detritici;
- c) uno strato di 5 cm di conglomerato matrice sostenuto, con clasti vulcanici subangolosi (con dimensioni tra 5 e 15 mm) e una matrice arenacea fine.

Il deposito piroclastico di flusso è matrice-sostenuto, ha uno spessore totale di circa 2,8 m, è costituito da clasti lavici, eterometrici, monogenici, immersi in una matrice cineritica, con una debole gradazione inversa. I clasti lavici sono costituiti da blocchi di lava microvescicolata andesitica, porfirica per fenocristalli di orneblenda, plagioclasio zonato e biotite. Le dimensioni medie sono di circa 50 cm ma si osservano clasti di forma allungata, con asse maggiore fino a 90 cm disposto in direzione sub parallela alla stratificazione del deposito. La matrice cineritica è quantitativamente subordinata ai litici. Il deposito deriva da ripetuti collassi gravitativi di duomi di lava (block and ash-flow deposit). Raramente affiora il contatto basale di questa unità. In aree prossime al Per quanto concerne invece l'Eocene – Oligocene, la formazione del

Cixerri (CIX / CIXa) costituisce il substrato di tutta la valle del Cixerri, ma affiora in modo assai discontinuo poiché quasi sempre ricoperta da sottili depositi quaternari. Questa formazione, ben studiata in passato (PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; BARCA et alii, 1973; BARCA & PALMERINI, 1973), è costituita alla base da brecce e conglomerati, marne e argille spesso contenenti noduli ferruginosi (CIXa); verso l'alto compaiono arenarie quarzoso-feldspatiche con frequenti intercalazioni di lenti di conglomerati (interpretati come paleoalvei). Brecce e conglomerati si ritrovano costantemente alla base della formazione a contatto con le metamorfite (M. Gioiosa Guardia, Cuccuru San Lucifero, Piscina Farsa, Sa Guardia, Su Concali de Santa Maria, P.ta Concas Arrubias), costituiti da frammenti di quarzo e liditi e rare metamorfite del basamento. Alle brecce e conglomerati basali sono intercalati sottili livelli di argilliti e siltiti con argille bentonitiche, noduli e incrostazioni ferruginose. L'orizzonte con i noduli ferruginosi è interpretato come un paleosuolo sviluppato in condizioni di clima caldo umido (FERRARA et alii, 1995). La parte basale della formazione è bene esposta in una cava presso Su Ferru su Cuaddu (coord.: 877-436) dove, su un fronte di circa 15 m, grazie ad alcune faglie dirette che intersecano il fronte stesso a vario angolo, si può osservare una successione di circa 25 m di spessore. Alla base affiorano i conglomerati con elementi di quarzo e liditi, ben cementati, quindi un livello di circa 1 m di argille grigie con noduli di ematite che passano verso l'alto ad argille giallastre spesse circa 2 m. Questo livello è seguito da 5 m di arenarie grigio-giallastre, grossolane, con elementi di quarzo e frammenti litici del basamento, con numerose piste di organismi limivori. Verso l'alto affiorano arenarie più massive (circa 10 m) con granulometria più fine in banchi plurimetrici privi di strutture sedimentarie. Si passa quindi ad argille rosse, alternate a siltiti rosso-violacee. Infine, queste sono ricoperte da depositi pleistocenici di conoide alluvionale del sistema di Portovesme (PVM). I litotipi arenacei, frequentemente con complesso domo di M. Su Silixianu, questi depositi poggiano direttamente sulle daciti e andesiti di Monte Sa Pibionada (PBN) (M. Accas, Guardia Perdu Pisu e M. Perdosu). Tra il Riu Cixerri e il bordo settentrionale dell'omonima valle le piroclastiti poggiano direttamente sulla successione clastica della formazione del Cixerri (CIX). L'assenza di minerali primari non ha permesso di eseguire determinazioni radiometriche; da un punto di vista cronostratigrafico, è possibile dedurre che questo deposito è successivo alla messa in posto delle vulcaniti ipoabissali datate Oligocene superiore e precedente alla deposizione delle marne di Gesturi durante il Miocene inferiore. laminazioni incrociate, affiorano diffusamente in tutto il settore. I livelli conglomeratici, frequenti nella parte alta della formazione, sono in genere mal classati, affiorano soprattutto lungo la S.S. 130 e nei pressi di Guardia Orani. Sono costituiti da clasti poligenici, eterometrici, il cui diametro varia da 2 a 30 cm circa. Eccezionalmente (Brunco Miali e la Chiesa di S. Margherita) sono presenti elementi di oltre 1 m, costituiti da rocce paleozoiche, mesozoiche e dell'Eocene Inferiore. L'età della formazione del Cixerri è di difficile attribuzione, poiché il suo contenuto paleontologico è molto scarso. La base della formazione poggia in debole discordanza su depositi dell'Eocene medio (Lignifero Auct.) presso Tanca Aru. In altre zone il contatto con questa formazione è concordante. In questo caso il passaggio tra le due formazioni è graduale ed è stato convenzionalmente posto in corrispondenza della progressiva scomparsa delle litologie carbonatiche e di quelle carboniose (PASCI et alii, in stampa). In queste aree la base della formazione del Cixerri è quindi riferibile all'Eocene medio. I depositi clastici sono inoltre intrusi dalle andesiti ipoabissali calcoalcaline del complesso vulcanico di Siliqua, le cui età radiometriche (29-26 Ma, tab.1) indicano l'Oligocene superiore. Un'età oligocenica per questa formazione è sostenuta anche da MAXIA (1959) che segnala la presenza di alcune faune a gasteropodi molto simili a quelle rinvenute in Francia in alcune formazioni lacustri di età Oligocene Inferiore-medio. L'età della formazione del Cixerri risulta dunque compresa tra l'Eocene medio e l'Oligocene superiore. L'ambiente deposizionale

è prevalentemente continentale e riconducibile ad una deposizione fluvio-lacustre, in un vasto sistema di piana alluvionale con carattere distale in un clima temperato-caldo e umido (BARCA, 1973). Lo spessore massimo osservabile in affioramento è di 40 m (M.Gioiosa Guardia). In un sondaggio presso Rio Caddeo, al centro della valle del Cixerri, dopo una decina di metri di copertura quaternaria, sono stati attraversati circa 140 m di alternanze di livelli arenacei e siltosi prima di arrivare ad alcuni metri di Lignifero e quindi alle metamorfite paleozoiche. Nei sondaggi eseguiti nel bacino del Sulcis sono stati attraversati spessori fino a 300 metri circa. Relativamente al Paleozoico, di seguito la descrizione delle formazioni geologiche principali rilevate durante i sopralluoghi e caratterizzanti l'area in progetto.

ARENARIE DI SAN VITO (SVI). Alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti con laminazioni piano-parallele ed incrociate. CAMBRIANO MEDIO –ORDOVICIANO INF.

Questa formazione, corrispondente al “Postgotlandiano” di TARICCO (1922), affiora nella settore di Vallermosa - Siliqua.

È una successione terrigena costituita da irregolari alternanze, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee e metaquarzoareniti, di colore variabile dal grigio chiaro al verdastro, al nocciola e al grigio scuro, con metasiltiti e metapeliti grigio-nerastre, talora verdi o violacee. Le metaquarzoareniti sono generalmente ben classate, con quarzo, feldspato e muscovite come componenti fondamentali, mentre subordinati sono tormalina, epidoti e ossidi. Negli intervalli a granulometria più fine sono frequenti laminazioni parallele, ondulate e convolute. Alla base degli intervalli a granulometria più grossolana talvolta possono essere conservati ripple, flute cast, load cast, canali d'erosione, slumping, stratificazione gradata e burrow (BARCA et alii, 1981a). Esempi particolarmente evidenti di strutture di carico e flute cast sono osservabili lungo la carrareccia di Cuccuru Sparau. Nell'area immediatamente a W di Vallermosa affiorano livelli di meta conglomerati clasto-sostenuti, principalmente a clasti di quarzo subarrotondati con dimensioni medie di circa 1 cm, in matrice prevalentemente fillosilicatica. Il rinvenimento da parte di PITTAU (1985) di acritarchi (Stelliferidum, Cymatiogalea, Vulcanisphaera, Acanthodiacrodium, Striatotheca) del Tremadoc- Arenig nell'area a E di Cuccurdoni Mannu, presso il Torrente Leni e altre datazioni eseguite in aree limitrofe (BARCA et alii, 1981b; PITTAU, 1985), hanno permesso di riferire questa formazione al Cambriano medio - Ordoviciano Inferiore e la sua correlazione con i coevi depositi del Sarrabus. L'ambiente di sedimentazione corrisponde ad un sistema da litorale a deltizio sottomarino, con sedimentazione anche di tipo torbiditico (BARCA et alii, 1981a; BARCA & MAXIA, 1982). Lo spessore della formazione non è valutabile in quanto il contatto di base è tettonico e il limite superiore è erosivo. Lo spessore apparente è superiore a diverse centinaia di metri.

Relativamente all'area oggetto di intervento (Impianto fotovoltaico), essa risulta impostata in parte all'interno della formazione geologica appartenente a Depositi alluvionali terrazzati. Argille e ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE Risultano presenti anche i Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE

2.3 Analisi degli elaborati cartografici relativi al Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Dall’attenta analisi degli elaborati cartografici relativi al Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) si osserva che, del sito oggetto d’intervento, geomorfologicamente l’area si presenta stabile. Come si può vedere dalle immagini successive si evince che la porzione di impianto ricade in fascia di pericolosità da Frana Hg2 – “pericolosità media” e rischio Rg1 – “rischio basso”.

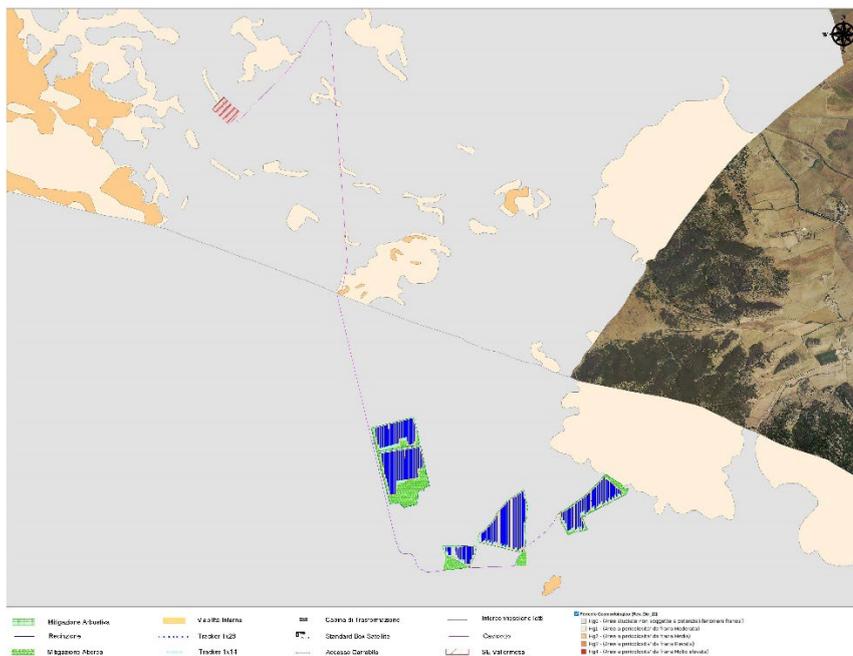


Figura 2 – Estratto della “Carta delle pericolosità da frana” allegata al Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

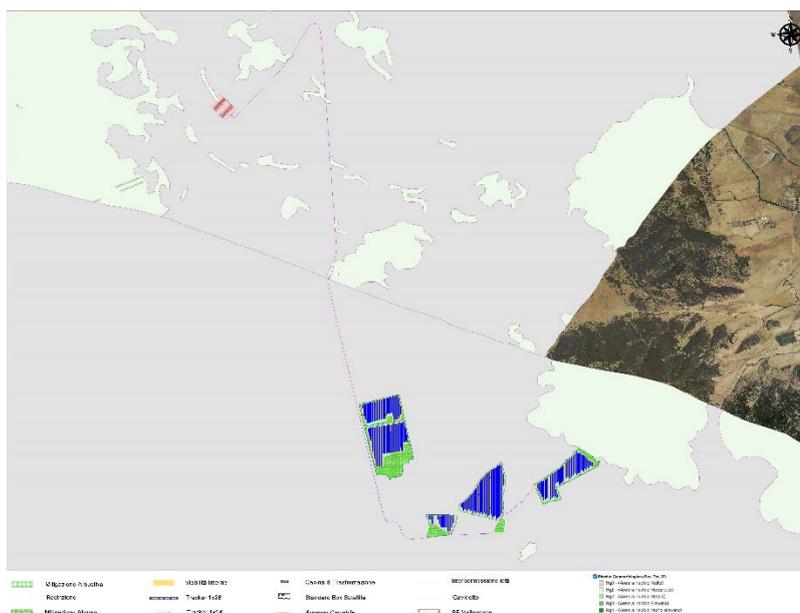


Figura 3 – Estratto della “Carta dei rischi da frana” allegata al Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Considerando la natura del terreno dell'area impianto, onde evitare fenomeni di erosione superficiale ad opera delle acque di dilavamento meteoriche, si prevede, dove necessario, la realizzazione di opere di captazione ed allontanamento delle stesse tramite la realizzazione di canali in terra rinverdibili (fossi di guardia).

2.4 Considerazioni Litologiche

L'area urbana del comune di Siliqua è stata studiata, in base a quanto appena riportato, da un punto di vista geologico, geotecnico e geomorfologico, attraversi dei fronti di scavo aperti, di scarpate significative e di prove geotecniche in situ. Sulla base dei risultati ottenuti si è fornita come output la carta della zonizzazione geologico – tecnica ed instabilità dell'area urbana che contiene gli elementi geologico – tecnici unitamente a quelli geomorfologici. Per quanto riguarda le caratteristiche geolitologiche invece sono state individuate formazioni delle metamorfite costituiti da micacisti e paragneiss, le quali si presentano compatte e caratterizzate da una serie di fratture orizzontali e verticali che suddividono gli ammassi rocciosi in blocchi. Queste favoriscono anche dei fenomeni franosi, seppur di lieve entità, in corrispondenza delle scarpate. Queste tipologie di rocce sono caratterizzate da un'elevata resistenza a compressione e a taglio, dipendentemente ai processi superficiali di alterazione che tendono però a far diminuire questi valori. Come terreno risulta avere un'ottima portanza. Le indagini geotecniche effettuate riguardano le prove penetrometriche SPT.

2.5 Prove penetrometriche SPT

Per la determinazione del profilo stratigrafico del terreno e per la caratterizzazione dello stesso da un punto di vista meccanico, le prove in sito costituiscono un utile complemento alla sperimentazione in laboratorio su campioni di terreno indisturbati. Il grado di disturbo infatti, altera la caratterizzazione stessa, di cui se ne tiene conto in sede di restituzione dei risultati. Uno dei vantaggi che fornisce una prova in sito infatti è che essa non richiede il prelievo di campioni dal sottosuolo. Per questa ragione, esse sono l'unica fonte di informazione disponibile per caratterizzare il comportamento meccanico di terreni non coesivi, come terreni a grana grossa. Per essi il prelievo di campioni indisturbati e che conservino il loro grado di addensamento naturale non è possibile, a meno che non si ricorre a procedure di campionamento particolari. Le stesse prove in sito hanno una maggiore rapidità d'esecuzione. Le prove penetrometriche consistono, in generale, nella misura della resistenza che il terreno offre alla infissione di un opportuno utensile, detto appunto penetrometro. La resistenza alla penetrazione viene correlata con le caratteristiche meccaniche in termini di resistenza al taglio e rigidità, relativamente al terreno nelle condizioni iniziali in cui si presenta in sito in termini di densità relativa, coefficiente di spinta in quiete e grado di sovraconsolidazione. Le prove penetrometriche SPT sono di tipo dinamico, in quanto la punta viene infissa al terreno per battitura, facendo cadere ripetutamente un maglio da altezza costante. La resistenza alla penetrazione si esprime mediante la misura del numero di colpi N necessario per ottenere l'avanzamento prefissato. Per le caratteristiche del sottosuolo presente nel territorio di Siliqua, esse si dimostrano essere idonee in quanto sono opportune maggiormente nelle indagini di terreni non coesivi, cui si ricade. La prova SPT (Standard penetration test) viene eseguita all'interno di fori di sondaggio, a profondità prefissate. Essa fornisce quindi un profilo discontinuo della resistenza alla penetrazione con la profondità. La prova consiste nella misura del numero di colpi necessari per l'infissione di un campionatore Raymond a parete grossa, di diametro interno di 35 mm e della lunghezza di 457 mm, per una profondità di 30 cm. A tal fine, il campionatore è collegato ad una batteria di aste di 50 mm di diametro, dotate di anelli centrori per impedite lo svergolamento laterale. Per la battitura viene

2.6 Rischio sismico

Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio). Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale i manufatti vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Detti criteri sono riportati nell'allegato al D.M. 17 gennaio 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" come già nella versione (NTC 2008) e dell'O.P.C.M. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nella quale venivano individuate 4 zone sulla base dei 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2,3,4). Secondo la normativa sismica indicata nel D.M. 14.01.2018 si deve far riferimento alle locazioni delle opere riferite ai vertici sismici del reticolo nazionale. La sismicità della Regione Sardegna risulta molto bassa, sia i dati storici che quelli strumentali non evidenziano criticità nella pericolosità sismica di base, pertanto, nelle NTC 2008 (cfr. Allegato B, Tabella 2) si ritiene ragionevole assumere per l'intera isola un valore uniforme di accelerazione orizzontale massima al bedrock (ag), come riportato in Tabella:

TABELLA 2: Valori di a_g , F_0 , T_c^* per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=476$			$T_R=976$			$T_R=2476$		
	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
Arcipelago Toscano, Isola Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,356	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,83	0,323	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,06	0,401
Ventotene, Santo Stefano	0,239	2,61	0,245	0,303	2,61	0,372	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,326	0,430	2,69	0,366	0,481	2,71	0,401	0,600	2,92	0,476	0,707	3,07	0,517	0,852	3,21	0,564
Ustica, Tremi	0,429	2,30	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,500	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,725	2,50	0,400
Alcidi, Filicudi	0,350	2,70	0,400	0,508	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	5,212	2,70	0,400	4,077	2,70	0,400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Galina	0,618	2,45	0,287	0,817	2,48	0,390	0,983	2,51	0,294	1,166	2,52	0,390	1,354	2,56	0,290	1,580	2,56	0,292	2,200	2,56	0,306	2,823	2,65	0,316	3,746	2,76	0,324

Nella tabella viene indicata la pericolosità sismica sui suoli rigidi tramite i parametri di a_g , F_0 , T_c^* per vari tempi di ritorno (TR).

- a_g = accelerazione massima orizzontale del 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.

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generale per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone all'allegato 1.A sono individuate quattro zone sismiche con accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. L'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 classifica l'intero territorio nazionale dal punto di vista sismico, includendo tutta

la Sardegna all'interno della zona 4. A tale zona corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiore a 0,05 (ag/g). Questo si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,05 (ag/g) riferita a suoli molto rigidi.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Poichè tutta la Sardegna ricade all'interno della zona 4, anche il sito in progetto rientra all'interno della medesima classe. La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall'INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro maggiormente completo e aggiornato a livello nazionale.



Figura 5 – Zonazione Sismogenetica

L'analisi dei risultati riportati nella ZS9 evidenzia che il settore studiato non è caratterizzato da alcuna area sorgente di particolare rilievo, che l'accelerazione sismica potenziale di base è inferiore a 0,08 m/sec mentre l'intensità sismica ricade nel IV° grado della scala MCS.

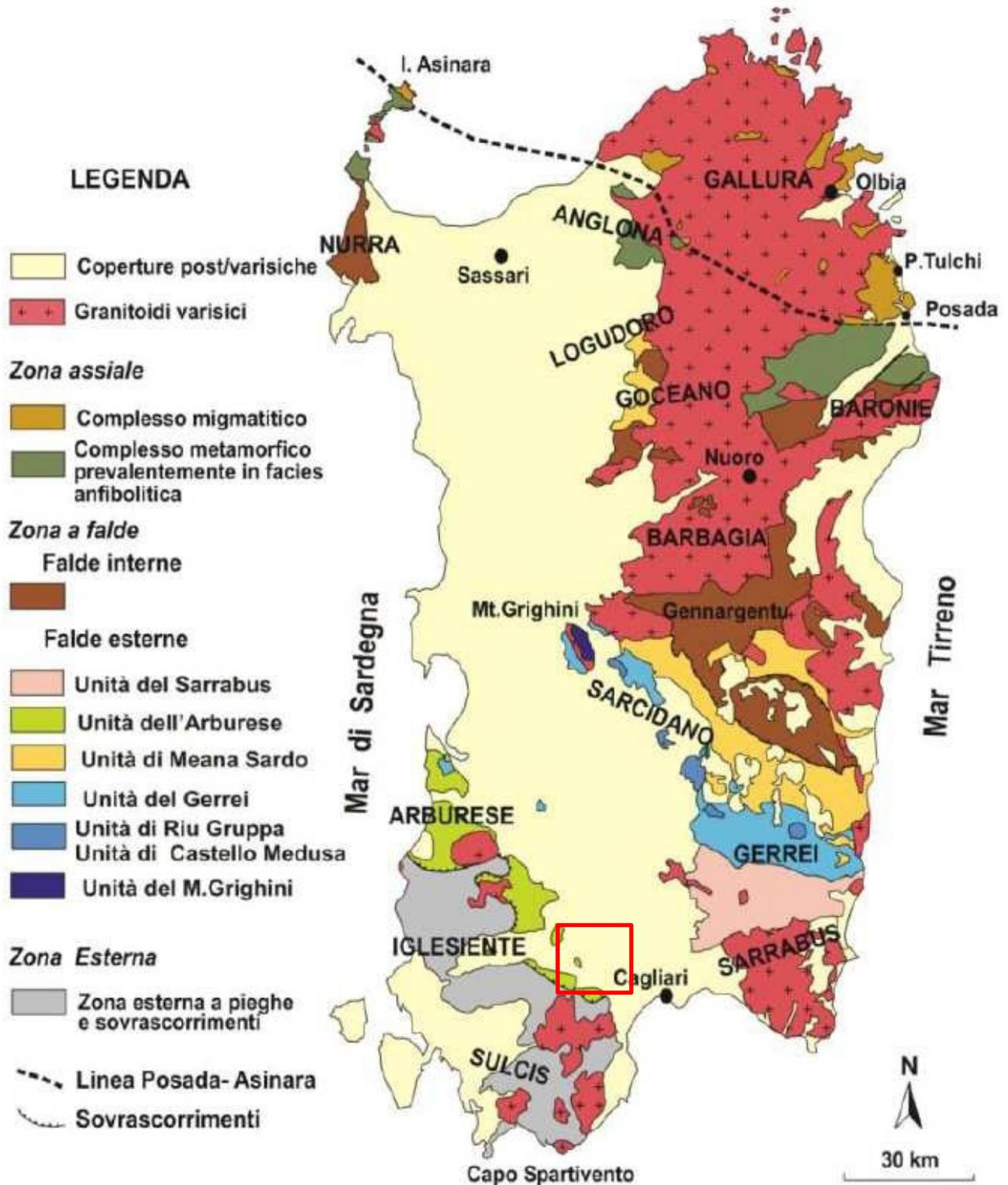


Figura 6 - Ubicazione dell'area di studio (riquadro rosso) nell'ambito delle principali unità tettono-metamorfiche del basamento paleozoico della Sardegna.

2.7 Considerazioni Idrogeologiche

Lo studio idrogeologico del settore in esame è basato sull'analisi dei fattori che influenzano la dinamica della circolazione idrica sotterranea e superficiale. Essi sono la geologia, la struttura e la giacitura delle varie litologie affioranti, nonché la morfologia, la climatologia e la vegetazione. Anche le opere antropiche possono influenzare l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo o facilitarne lo scorrimento superficiale. Per quanto riguarda l'idrografia, i bacini idrografici principali di riferimento sono quelli appartenenti al: Riu Cixerri. Numerosi sono gli affluenti ricadenti all'interno dell'area oggetto di intervento.

Riu Cixerri

Il riu Cixerri trae origine dalle sorgenti settentrionali del massiccio del Sulcis, nel comune di Iglesias, e scorre per circa 46 km prevalentemente in direzione ovest-est sino al lago artificiale di Genna Is Abis. Oltrepassato lo sbarramento artificiale, il fiume si dirige verso sud e raggiunge lo stagno di Cagliari (denominato anche di Santa Gilla) dove sfocia a fianco del Flumini Mannu. Il riu Cixerri riceve numerosi affluenti che drenano il versante meridionale del massiccio dell'Iglesiente e quello settentrionale del massiccio del Sulcis. Tra gli affluenti principali si segnalano in destra il rio di San Giacomo, il rio de su Casteddu e il rio Salamida (affluente diretto del lago artificiale) e in sinistra il rio Arriali, il rio Forresu e il rio Cixerri su Topi presso Siliqua. Il lago di Genna Is Abis, determinato dallo sbarramento artificiale omonimo, è posto tra i centri abitati di Siliqua e Uta, a circa 12 km dalla foce. Il corso d'acqua in esame, di lunghezza totale pari a circa 46 km, nasce poco a sud di Iglesias e percorre l'omonima valle in direzione W-E, con un andamento a tratti monocursale artificializzato; confluisce nella piana del Campidano dopo aver oltrepassato la soglia di Siliqua sfociando nello Stagno di Santa Gilla. L'asta del Cixerri si sviluppa all'interno di un dominio prevalentemente alluvionale in una valle ampia (depressione di origine tettonica), debolmente incisa, delimitata da bordi netti e ripidi con un alveo a debole pendenza caratterizzato da un ridotto trasporto solido.

L'analisi su ortofotocarta effettuata lungo il riu Cixerri ha evidenziato dal punto di vista geomorfologico cinque tratti omogenei ben distinti. Il primo tratto si presenta interamente rettificato e canalizzato, con sezione trapezia, per una lunghezza di circa 7 km dalla località Furriadroxu Cadeddu fino alla confluenza con il riu Arriali, affluente secondario di sinistra. Non sono presenti paleoalvei potenzialmente riattivabili, mentre sono invece frequenti e fittamente distribuiti i canali e i solchi di erosione, riattivabili in caso di eventi di piena eccezionale. In corrispondenza della confluenza in sinistra idrografica con il riu Arriali, si riscontra un consistente allargamento della piana alluvionale, fino a 1.500 m circa, che ospita numerose forme di erosione testimonianti il passaggio delle correnti di piena. Il secondo tratto si estende dalla confluenza con il riu Arriali alla località Campu Foras. Il tratto ha la conformazione di un corso d'acqua naturale, privo di opere idrauliche, che scorre all'interno di una vasta valle (larga circa 1.000 m) con debole pendenza, definita dai versanti che delimitano la Fossa del Cixerri. L'alveo tende alle caratteristiche di tipo ramificato e risultano individuabili sul fondovalle numerose evidenze di canali di erosione, canali riattivabili e di forme relitte. Nel terzo tratto, sino alla confluenza nel lago artificiale di Genna Is Abis, l'alveo è regimato mediante interventi di rettifica del tracciato planimetrico, risagomatura della sezione trasversale e stabilizzazione del profilo di longitudinale mediante numerosi salti di fondo. Riceve tre affluenti principali: in sinistra idrografica il riu Cixerri u Topi e in destra idrografica il riu San Giacomo e il riu de su Casteddu. Le aree golenali sono occupate da una rete di canali e rii minori che scorrono parallelamente all'asta principale (come il Canale Narboa Sarais in destra idrografica) e risultano inoltre interessate da numerose forme d'erosione fluviale. Nel quarto tratto, a valle del lago, l'alveo riprende una conformazione naturale, in assenza di opere idrauliche, con tipologia monocursale sinuosa tendente al

meandriforme. Persistono fenomeni erosivi attivi sulle sponde e l'alveo risulta discretamente inciso ma non presenta evidenze di un'evoluzione planimetrica significativa in atto. Il quinto tratto, dallo sbocco nella pianura del Campidano alla foce, il corso d'acqua diventa completamente regimato da interventi di sistemazione idraulica (arginature e difese di sponda). Con l'inizio delle arginature su entrambe le sponde, viene a mancare quasi completamente l'erosione spondale; al di fuori di esse, in particolare in sponda destra presso la località sa Tierra de Uta, sono visibili solchi di erosione, canali di erosione riattivabili e alvei abbandonati che costituiscono le tracce di antichi eventi alluvionali. Nonostante la presenza delle arginature queste forme possono essere riattivabili in caso di eventi di piena eccezionali.

Il bacino è stato suddiviso in 14 sottobacini definiti come di seguito rappresentato, con le sezioni di chiusura coincidenti con quelle di rilievo topografico.

Sottobacino	Descrizione	Sezione
A	sottobacino di testata Riu Cixerri	07_CX_078
B	Valle confluenza riu Trullu e riu Gibarra	07_CX_074
C	Valle confluenza riu Santu Tomeu	07_CX_066
D	Valle confluenza riu S.Giovanni	07_CX_063
E	Intermedio	07_CX_060
F	Valle confluenza riu Forresu	07_CX_054
G	Intermedio	-
H	Valle confluenza riu Masi	07_CX_040
I	Valle confluenza riu Salixi Nieddu	07_CX_031
L	Valle confluenza riu S. Giuseppe	07_CX_029
M	Monte invaso Genna Is Abis	07_CX_022
N	Valle invaso Genna Is Abis	07_CX_020
O	Intermedio	07_CX_008
P	Confluenza in Flumini Mannu	07_CX_001

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio è caratterizzato dalla alta permeabilità della unità dalla formazione sedimentaria sabbiosa - ghiaiosa dell'Olocene - Pleistocene (alluvioni), dalla medio – bassa permeabilità della formazione vulcanica di tipo ignimbrico, dalla bassa permeabilità della successione sedimentaria paleogenica del Cixerri e dalla medio – bassa permeabilità della formazione metamorfica del Paleozoico. Litologie caratterizzanti il macro settore:

- b / bb / ba / bna / bnb / bc/ / bnc/ PVM2a / PVM2b Depositi sedimentari quaternari, antichi e recenti (OLOCENE - PLEISTOCENE);

SQA PIROCLASTITI DI SILIQUA. Depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente stratificati, costituiti da clasti angolosi, da metrici a centimetrici, di lava microvescicolata andesitica, porfirica con fenocristalli di PI e Am. OLIGOCENE – MIOCENE;

FORMAZIONE DEL CIXERRI. Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati. EOCENE MEDIO - OLIGOCENE;

ARENARIE DI SAN VITO. Alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie medio-fini, metasiltiti con laminazioni piano-parallele, ondulate ed incrociate, e metasiltiti micacee di colore grigio. Intercalazioni di

metamicroconglomerati. CAMBRIANO MEDIO – ORDOVICIANO INF.

In assenza di dati ricavati da prove di emungimento e/o di portata eseguibili su pozzi prossimi all'area in studio, e in assenza di risultati da prove di laboratorio realizzate su campioni di terreno indisturbati, sono stati assunti dei parametri medi di conducibilità idraulica (capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo), tipici di queste formazioni, al fine di valutare le caratteristiche idrogeologiche delle unità litologiche riscontrate durante il rilevamento geologico di campo.

Bisogna precisare che le unità idrogeologiche riscontrate sono interessate da una permeabilità K, che, in alcuni casi è per porosità e in altri per fessurazione. Per quanto riguarda il complesso sedimentario di tipo alluvionale, il quale rappresenta la litologia predominante nella macro area in esame, siamo in presenza di valori di permeabilità K elevati, compresi tra 10-3 - 10-5 m/s. Per quanto riguarda il complesso vulcanico, siamo in presenza di due valori di permeabilità, uno per il complesso sano massivo o alterato - argillificato, 10-9 -10-11 m/s, e il secondo relativo ad un acquifero interessato da sistemi di fratture, quindi con una K compresa tra 10-5 -10-7 m/s. Per quanto riguarda infine il complesso sedimentario relativo alla formazione del Cixerri, siamo in presenza di valori di permeabilità K bassi, compresi tra 10-9 -10-11 m/s. Per quanto riguarda il complesso metamorfico, siamo in presenza di due valori di permeabilità, uno per il complesso sano massivo, 10-9 -10-11 m/s, e il secondo relativo ad un acquifero interessato da sistemi di fratture, quindi con una K compresa tra 10-5 -10-7 m/s.

In definitiva, sono stati riconosciuti tre complessi idrogeologici principali, riferiti al Quaternario (alluvioni), al Cenozoico (depositi di flusso piroclastico) e al Paleozoico (metarenarie). Nel secondo complesso, ospitante falde idriche in pressione profonde (vulcanico - metamorfico), probabilmente non verranno intercettate acque sotterranee durante le fasi esecutive del progetto. La formazione del Cixerri, invece, in linea generale si presenta con circolazione idrica scarsa o assente.

Per quanto concerne invece le falde idriche freatiche superficiali, si rileva probabilmente la superficie piezometrica entro i primi 2,0 - 4,0 metri di profondità all'interno dei sedimenti alluvionali.

Relativamente al sito oggetto di intervento, in base a studi eseguiti in zone limitrofe all'area d'intervento, e in base alla misura del livello della falda idrica freatica rilevato in un pozzo presente limitrofo all'area oggetto di intervento, si può confermare la presenza di un acquifero freatico superficiale impostato sulle alluvioni quaternarie. La soggiacenza rilevata, tramite freatimetro, è risultata pari a 3.70 m da p.c. alla data di rilevamento. Tale valore rappresenta il livello statico medio della falda idrica nei periodi di medio apporto idrico da parte delle precipitazioni medie stagionali, ed essendo freatica risente in maniera più o meno rapida delle infiltrazioni delle stesse.

2.8 Programma delle Indagini

In base a quanto riportato, anche e soprattutto in funzione delle indagini in sito, si considera idoneo, da un punto di vista geotecnico, come piano di fondazione, il terreno compreso tra i 0,70 e 1,40 mt di profondità dal piano campagna. L'esame del modello interpretativo del sondaggio ha evidenziato che si tratta di terreni con grado di addensamento e compattazione crescente in funzione della profondità e, la presenza di ciottoli di varie dimensioni, ne è garanzia di permeabilità di queste porzioni. Non viene riscontrata nessuna circolazione idrica sotterranea tale per cui il comportamento geotecnico dei terreni possa essere influenzato. Sono state messe in evidenza anche aree a diverso grado di rischio di inondazione:

- R1: aree a rischio di inondazione moderato con possibili danni sociali economici e al patrimonio ambientale alquanto marginali;
- R2: aree a rischio d'inondazione medio con possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R3: aree a rischio d'inondazione elevato con possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio – economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.

Diversi studi sono stati eseguiti anche in base alle norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, che dettano criteri generali e prescrizione per la progettazione e l'esecuzione e relativo collaudo delle opere civili quali opere di fondazione e anche opere di sostegno delle terre.

Viene altresì normato l'uso e la tutela del territorio regionale, con annesse norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Vengono adottate infine, misure urgenti connesse con la prevenzione del rischio idrogeologico. Inoltre è stato esaminato il Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico inserendo nelle 2 carte di sintesi le aree interessate da fenomeni di dissesto idraulico. È stato delimitato l'intero alveo del Fiume Cixerri di Siliqua, soggetto ad esondazione per effetto di eventi pluviometrici eccezionali. Nell'abitato sono state delimitate tre aree a rischio inondazione R1, R2 ed R3; in quest'ultima area sono consentiti esclusivamente interventi idraulici volti alla messa in sicurezza delle aree a rischio, tali da migliorare le condizioni di funzionalità idraulica, interventi di ristrutturazione edilizia a condizione che non comportino modifiche per cui l'assetto idrogeologico possa essere anche solo parzialmente compromesso, così come interventi di ampliamento degli edifici esistenti. L'ampliamento è consentito solo a condizione di adeguamento igienico – sanitario. Sono infine consentiti manufatti che non siano qualificabili come volumi edilizi purché siano compatibili con le condizioni di rischio che gravano sull'area. A tal fine ogni progetto dovrà essere corredato da un adeguato studio di compatibilità idraulica. Si sottolinea come i pali di sostegno – elevazione dei moduli fotovoltaici di cui in oggetto al nostro intervento, hanno una profondità di infissione che interessa la porzione di terreno compatta. Dunque le strutture migliorano maggiormente il grado di addensamento del terreno per cui si ritengono compatibili con il terreno sottostante. Infine, le aree in cui si intende progettare non sono interessate da rischio idraulico.

3 CONCLUSIONI

Dai rilievi di superficie del sito e del suo intorno, dall'esame critico di quanto riportato dalla letteratura tecnica specializzata per i terreni riscontrati, è stato possibile pervenire ad una esaustiva valutazione delle condizioni geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dei siti oggetto di intervento. Dallo studio effettuato, si individuano nei siti in esame le condizioni geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche compatibili con la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico in progetto. In funzione dei carichi indotti sul sedime di fondazione degli interventi da realizzare, considerato quanto esposto nel presente capitolo 1, si dovrà tenere conto della locale variabilità laterale e verticale delle caratteristiche reologiche del sito. In fase esecutiva dovranno essere esperite le indagini geognostiche indirette e dirette e le prove geotecniche in situ e in laboratorio per la definizione del modello geotecnico di dettaglio indispensabile per la corretta progettazione delle più idonee strutture fondali delle opere in progetto. Dal punto di vista geomorfologico e idrogeologico si dovrà, con le indagini geognostiche, verificare l'entità della coltre detritica eluvio colluviale e della coltre di alterazione presente sulle formazioni geologiche, individuandone le caratteristiche idrogeologiche e procedere alla sua stabilizzazione ed alla stabilizzazione dei dissesti rilevati. Bisognerà inoltre stabilizzare il profilo di base dei corsi d'acqua che attraversano le aree in studio e migliorare la loro capacità di drenaggio, specie nelle zone con lievi pendenze, migliorando nel contempo il drenaggio delle acque nelle aree dove è presente ruscellamento diffuso.