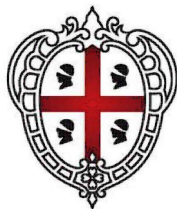


Regione
Sardegna



Provincia di
Sassari



Comune di
Alghero



IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SAN-MARCO" DI 16MW SITO NEL COMUNE DI ALGHERO (SS) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTISTI INCARICATI:

Ing. Luca Monsorno

Scala

-

Titolo elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICA
con
CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA e SISMICA**

Formato

A4

Ing. Alberto Voltolina

CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
SPFVSA04	PAUR2	R	11

ALTRI TECNICI COINVOLTI

Dott.ssa Archeol. Ilaria Frontori
Arch. Maurizio Cossar Dott.
Geol. Alberto Velicogna

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	01/24	Prima emissione	DZ	AV	AV
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 30

OPR SUN 30 SRL
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano
PEC: opsun30@legalmail.it
P.iva 13086440966

Prove penetrometriche, indagini geofisiche,
prelievo campioni di terreno, prove di carico su piastra,
videoispezioni, ricerca cavi, tubazioni e sottoservizi,
servizi tecnici a professionisti, imprese e privati.
Operiamo in tutta Italia (isole comprese).

www.applisasgeoservizi.com

a.velicogna@libero.it

seguici  <http://www.facebook.com/Applisas>



LAUT ENGINEERING Srl, via San Crispino 106, 35129, Padova (PD)

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO FOTOVOLTAICO

ALGHERO (SS)



Commessa: 144-23 rev01

Data: 27/11/23

Dott.Geol. Alberto Velicogna

*SEDI: (legale e operativa)
(territoriali)*

*via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3.	INTRODUZIONE.....	5
4.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO	6
	4.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
	4.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
	4.3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	8
	4.4. IDROGEOLOGIA.....	9
5.	VINCOLI E TUTELE PRESENTI.....	14
6.	MODELLO GEOLOGICO	16
7.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	18
8.	VERIFICA A LIQUEFAZIONE.....	19
9.	MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	20
10.	CONCLUSIONI.....	21
	BIBLIOGRAFIA	22

1. PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto, nell'ambito del progetto relativo alla costruzione del nuovo parco fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile nel comune di Alghero, allo scopo di fornire informazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico sui luoghi che accoglieranno l'intervento in progetto

Il presente elaborato fa riferimento alle risultanze delle prove penetrometriche e dei sondaggi eseguiti a non più di 1,5 km dall'area di riferimento ed intorno ad essa.

In particolare, vengono utilizzati:

- I dati relativi alla campagna d'indagine svolta il 31 Luglio 2023 per il campo fotovoltaico Alghero-Olmedo, a circa 1,5 km più ad Est;
- I dati del sondaggio e delle prove penetrometriche condotte in zona industriale San Marco più a Sud;
- Le stratigrafie di due pozzi idrici presenti nella banca dati dell'ISPRA, uno dei quali a pochi metri dall'inizio dell'area oggetto di studio.

Le prove risultano condotte nei medesimi terreni caratterizzanti l'area d'interesse.



Figura 1 - Ubicazione dell'area di studio

2

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>



Figura 2 - Ubicazione delle prove penetrometriche, sondaggio e stratigrafie utilizzate

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D. Lgs. N. 4 del 16 gennaio 2008 in vigore dal 13 giugno 2008, recante importanti modifiche al D.Lgs 152/2006 in materia ambientale

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Piani Territoriali di coordinamento (Province)

Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico

PRG comune di Alghero (SS)

3. INTRODUZIONE

Il sito analizzato sarà interessato dalla realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico ed è ubicato nell'agro di Alghero (SS) a ridosso del confine con il territorio comunale di Sassari.

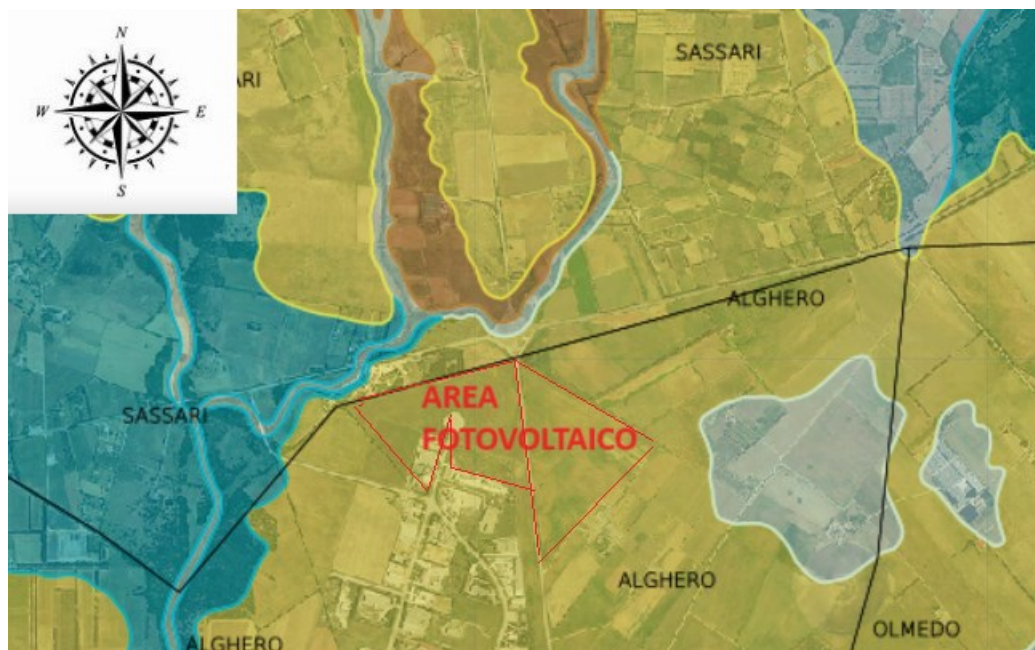


Figura 2 - Vista satellitare dell'area divisa per comuni.

L'area del parco fotovoltaico può essere descritta e collocata geograficamente all'interno di un centroide ideale con le seguenti coordinate con quota media sul livello del mare 39 m:

LATITUDINE 40° 39'54" N

LONGITUDINE 8°19' 35" E

ALTITUDINE 35 m s.l.m.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

4.1. *Inquadramento geografico*

Alghero è un comune italiano di 42 287 abitanti], costitutivo della rete metropolitana del Nord Sardegna in provincia di Sassari, in Sardegna.

Alghero è situata nella parte nord-occidentale della Sardegna, all'interno dell'omonima rada. La maggior parte del territorio a nord dell'area urbana è occupato dalla pianura della Nurra. Nell'estrema frangia a nord-ovest si ergono i sistemi carsici di Capo Caccia, Punta Giglio e Monte Doglia. Procedendo a sud della città si osserva un territorio formato per lo più da vulcaniti che vanno a formare gli altipiani di Villanova Monteleone e Bosa, dall'ultimo del quale hanno origine alcuni corsi d'acqua che hanno favorito l'agricoltura

Altitudine minima: 0 m s.l.m.

Altitudine massima: 436 s.l.m.

Comuni vicini ad Alghero: Olmedo, Putifigari, Villanova Monteleone, Uri, SASSARI.

4.2. *Inquadramento geologico*

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro, è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1: 25.000 che definisce, in maniera particolareggiata, i litotipi presenti nell'area di interesse e a cui fanno riferimento le sigle delle formazioni e le descrizioni litostratigrafiche generali.

L'area d'interesse ricade nei terreni caratterizzati dalla sigla PVM2a ossia *Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sintema Di Portovesme). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. Età: Pleistocene Sup.(Fig.3)*

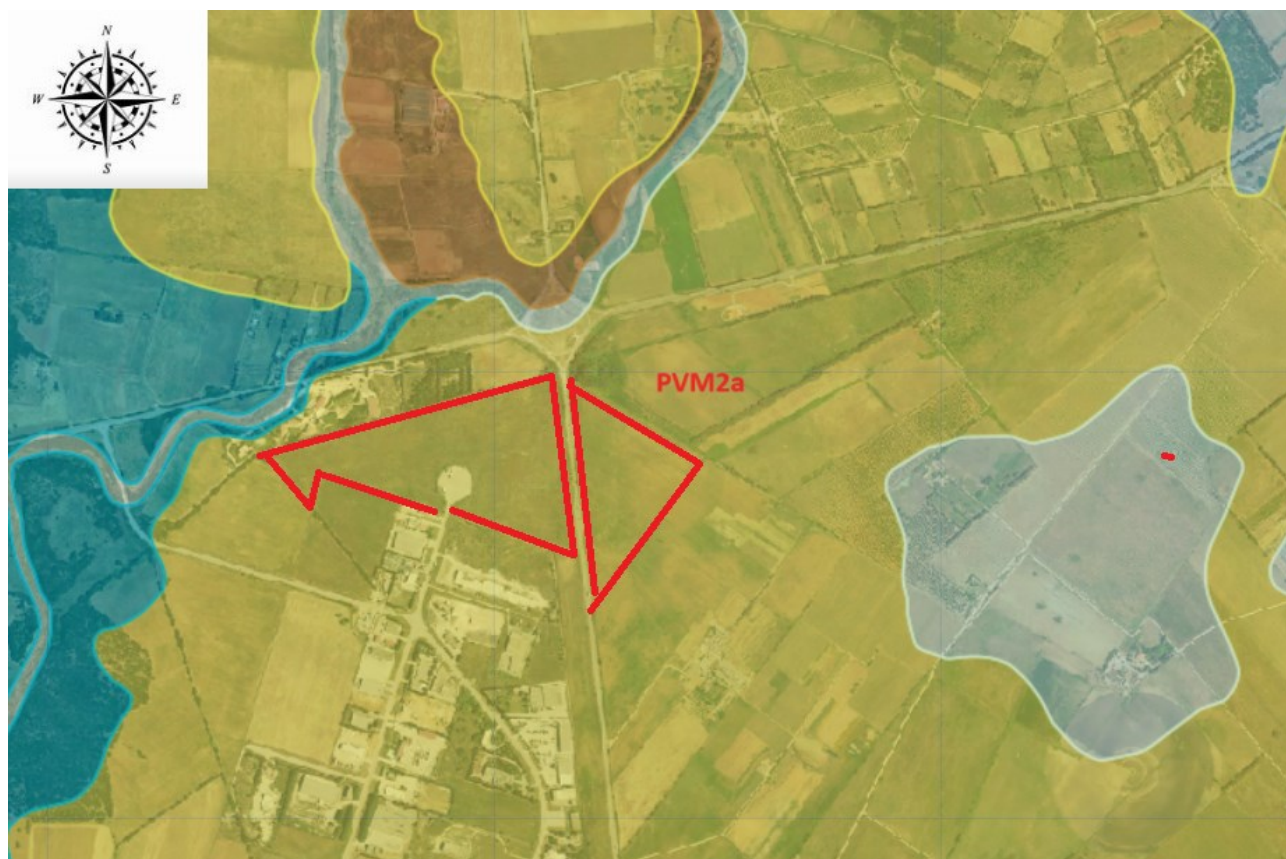


Figura 3 – Stralcio della Carta Geologica – SIT Sardegna

Subsintema di Portoscuro (PVM2) – sono compresi in questo subsintema le ghiaie e sabbie alluvionali (PVM2a), le arenarie e sabbie eoliche (PVM2b), i detriti di versante stratificati tipo “eboulis ordonnes

(PVM2c), i corpi ed accumuli di frane relitte (PVM2d) ed i calcari lacustri con gasteropodi polmonati (PVM2e).

Ghiaie e sabbie alluvionali PVM2a: le ghiaie e le sabbie alluvionali, talvolta terrazzate, poggiano sul substrato pre-Quaternario costituito dai calcari e dolomie mesozoiche e dalle vulcaniti oligo-mioceniche.

In alcuni casi formano terrazzi alluvionali sospesi sui fondi vallivi attuali in genere di qualche metro di altezza.

Calcari lacustri con gasteropodi polmonati PVM2e: sono costituiti da calcari micritici, fitoclastici, fitostromali e fitoermali e subordinatamente da sabbie e limi calcarei. I calcari sono ben cementati,

7

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

in strati spessi fino ad 1 m, contengono resti di molluschi ed altri gasteropodi di acqua dolce. Spesso le varie facies menzionate si alternano a sabbie calcaree fitoclastiche, con noduli e tubuli di incrostazione sui vegetali rimaneggiati.

4.3. Inquadramento geomorfologico e idrografico

Dal punto di vista geomorfologico l'area si presenta sub- pianeggiante con quote assolute comprese tra +31 e + 36 m s.l.m. ed è delimitata a ovest dal corso del Rio Filiberto, affluente del Rio Barca e compreso nel più ampio bacino idrografico che culmina nello stagno di Calich.

Il reticolo idrografico della Nurra in generale, rappresentativo anche dell'area inquadrata, presenta valli poco o per nulla incise. Il tracciato originale dei corsi d'acqua è stato quasi completamente celato dai lavori di bonifica effettuati in epoca fascista, soprattutto nel settore attorno all'aeroporto di Alghero. Accostandosi ai margini della piana si osserva un crescente approfondimento del reticolo idrografico, con formazioni di corte valli terrazzate che in breve portano alla confluenza nello stagno di Calich, una laguna costiera compresa tra la linea dunale e i margini meridionali della Nurra.

Il Riu Filiberto, che scorre immediatamente a ovest dell'area inquadrata, presenta tali caratteristiche. Il tratto del Riu Filiberto inizia a monte del ponte della S.S. 291 della Nurra e prosegue verso sud fino alla confluenza nel Rio Barca, per una lunghezza complessiva di circa 8,5 km.

L'alveo ha una pendenza media pari allo 0,33% e percorre in un'area pianeggiante compresa tra l'aeroporto di Alghero, a est, e la S.P. 42 dei due Mari. La sezione trasversale è piuttosto incisa in tutto il tratto, con larghezza media pari a 25 m e vegetazione di densità variabile a tratti.

Il tratto che scorre a ovest dell'area industriale San Marco, quindi del sito in esame, per quasi 3 km rappresenta il primo tronco e ha caratteristiche naturali, con golene densamente vegetate da essenze arboree. Più a valle, l'alveo risulta confinato tra aree coltivate che interessano anche la regione fluviale. Poco oltre l'attraversamento della SP 42, il corso d'acqua confluisce nel Rio Barca, in una zona a destinazione agricola.



Figura 4 – Carta delle altimetrie e reticolo idrografico - In rosso il lotto oggetto d'intervento

4.4. **Idrogeologia**

Dal punto di vista idrogeologico, l'area di studio è inserita nel bacino della Nurra la cui complessità geologica e la varietà delle litologie presenti rende problematica la ricostruzione della circolazione idrica e delle geometrie dei corpi idrici sotterranei. Sulla base di studi precedenti è stato stabilito che le riserve idriche sotterranee sono ospitate principalmente nelle coperture carbonatiche mesozoiche. Esse sono rappresentate, dal basso verso l'alto, da tre unità idrogeologiche principali:

- l'acquifero del Trias, costituito da dolomie e calcari, con importanti livelli evaporitici (essenzialmente gessi);
- l'acquifero del Giurassico, il più importante, con uno spessore di oltre 700 m, costituito da dolomie e calcari con intercalazioni marnose;

□ l'acquifero del Cretaceo, costituito da calcari e marne. Sulle successioni carbonatiche mesozoiche poggiano flussi piroclastici, spesso alterati in argille smectitiche e coperture alluvionali neogeniche.

La successione mesozoica è caratterizzata dalla sovrapposizione di due sistemi di pieghe che conferiscono all'area una caratteristica geometria a duomi e bacini. Il primo sistema ha interessato la piattaforma carbonatica mesozoica durante il Cretaceo medio dando luogo a sovrascorrimenti orientati NW-SE immergenti verso NE e ad ampie pieghe con piani assiali subverticali o immergenti verso NE ed assi orientati NW-SE. Il secondo sistema ha coinvolto anche i depositi del Cretaceo superiore, ma non la successione vulcano-sedimentaria terziaria, e ha dato luogo a un sistema di pieghe orientate NE-SW (Da Pelo et Alii 2017).

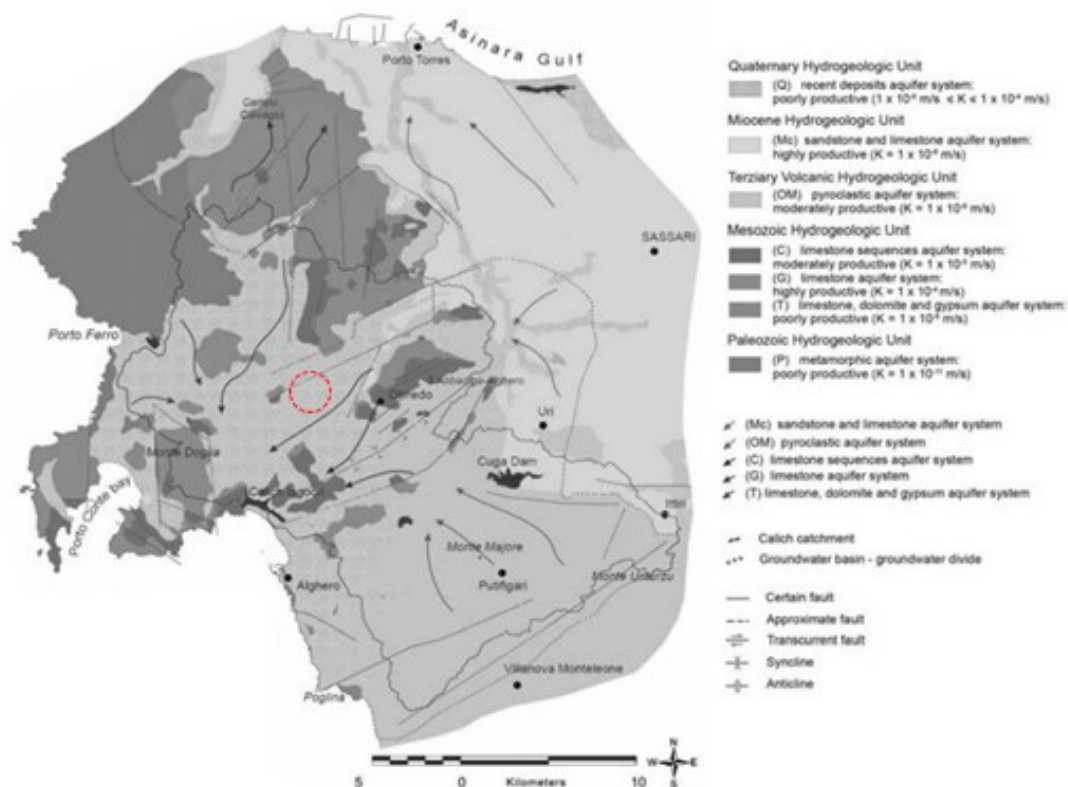


Figura 5 – Carta Idrogeologica della Nurra (Ghiglieri et alii).

È stato dimostrato che il campo di moto dell'acquifero è fortemente influenzato dai sistemi di pieghe, faglie dirette e sovrascorrimenti individuati nell'area. In particolare, nell'acquifero del Giurassico, essi producono direzioni di drenaggio principali verso NE nel settore nord e verso SW nel settore sud. I sovrascorrimenti a basso angolo con direzione NW mettono in contatto l'acquifero del Giurassico con quello del Trias nel settore più occidentale della regione della Nurra (vedi figura seguente).

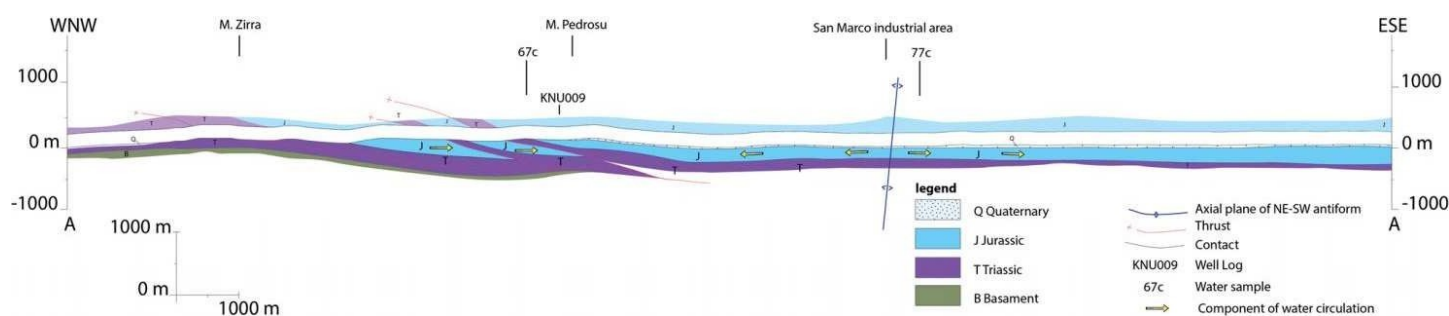


Figura 6 – Sezione idrogeologica passante per la Z.I. di San Marco (S. Da Pelo, et Alti - 2017)

Per la ricostruzione del modello idrogeologico locale si è fatto riferimento alle stratigrafie di pozzi presenti nelle vicinanze dell'area oggetto di studio e classificate nell'archivio pozzi dell'Ispra. Si riportano qui sotto le stratigrafie del pozzo cod.29025 sito a pochi metri dall'area e a nord della stessa e la stratigrafia del pozzo cod.26524 sito più a sud ovest nell'area industriale San Marco.(Fig.7)



Figura 7 – Ubicazione pozzi con stratigrafia nei pressi dell'area di interesse

POZZO 29025

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	40,00	50,00	10,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
set/1987	40,00	50,00	10,00	0,050

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	60,00	60,00		ROCCIA CALCAREA

POZZO 26524**FALDE ACQUIFERE**

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	30,00	30,00	0,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/2000	10,00	35,00	25,00	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	50,00	50,00	MESOZOICO	CALCARE FRATTURATO E ARGILLIFICATO

Da quanto riportato sulla stratigrafia del pozzo 29025 la falda nel sito in esame si imposta a profondità elevate intorno ai -40 m dal piano campagna.

Come evidenziato dagli studi di carattere regionale, il primo acquifero individuato al di sotto del lotto in esame, è quello contenuto all'interno della sequenza carbonatica giurassica costituita da litotipi calcareo-dolomitici stratificati e sovente fratturati.

I valori di soggiacenza, e la direzione generale della falda profonda è verso Sud-Ovest

5. VINCOLI E TUTELE PRESENTI

L'area in esame ricade in ambito agricolo principalmente seminativo.

L'area è pianeggiante e non soggetta a potenziali fenomeni franosi – Pericolo e rischio Geomorfologico Nulli.

Dal punto di vista del pericolo e rischio idraulico nessuna porzione del terreno in oggetto risulta soggetto a pericolosità o rischio come riportato nelle seguenti carte.

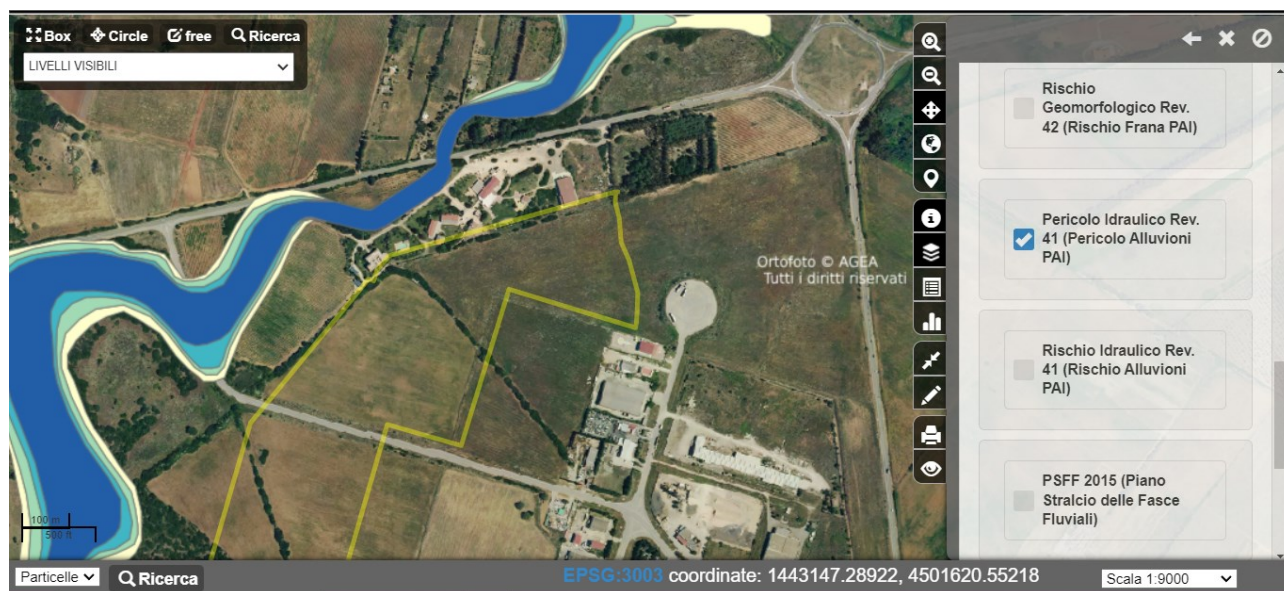


Figura 8 – Pericolo alluvioni. PAI



Figura 9 – Rischio alluvioni. PAI.

6. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico locale è stato ricostruito sulla base dei riscontri di prove penetrometriche di tipo DPSH e DPM e dalla stratigrafia di un sondaggio effettuato nei pressi dell'area in esame.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle prove/sondaggio con le quali si è ricostruito il modello geologico del sito.



Modello Geologico

Litologia	Profondità dal piano campagna
Terreno superficiale coltivo Limo sabbioso	da circa 0,00 m a circa 0,60 m
Argille limose sabbiose con clasti di quarzo	da circa 0,60 m a circa - 5/6 m
Bedrock Calcareo Formazione di Monte Nurra	da circa -5/6 m in poi

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica sono regolate dalle norme contenute nella O.P.C.M. n. 3274/2003 del 23.03.2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003.

In tale quadro il comune di Alghero ricade in zona sismica 4: pericolosità sismica molto bassa.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . <u>E'</u> la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

8. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

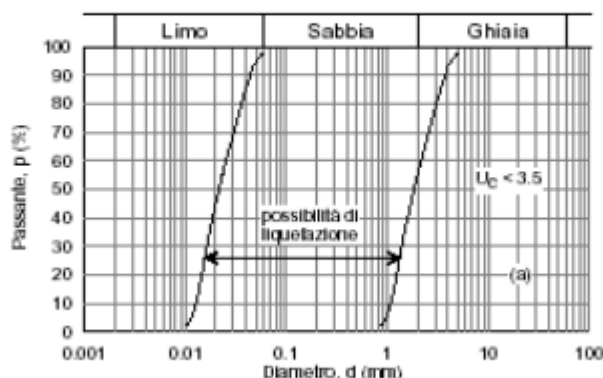
Le caratteristiche dei terreni investigati escludono questa ipotesi in quanto gli stessi non sono riferibili a fusi granulometrici critici. Si esclude pertanto a priori ogni criticità. In ottemperanza alle NTC i terreni interessati non rientrano in quelli soggetti a liquefazione, pertanto è lecito omettere tale verifica.

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste:

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



9. MODELLAZIONE GEOTECNICA

I valori caratteristici dei parametri geotecnici, di seguito riportati, sono stati desunti dalle prove penetrometriche condotte nei pressi dell'area in esame.

Non sono pertanto parametri restituiti dall'elaborazione di prove condotte direttamente sul sito anche se ritenuti rappresentativi delle litologie riscontrabili sull'area.

Strato	Prof.(m)	Peso volume nat. KN/m3	Peso volume saturato KN/m3	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Kpa	Litologica
A	Da 0,00 m a - 0,60 m circa	14.70	17.65	25	4	Terreno superficiale coltivo Limo sabbioso
B	Da - 0,60 m a - 5/6 m circa	18.5	20.5	22	39	Argille limose sabbiose con clasti di quarzo
C	Da -5/6 m circa	24.5	24.5	35	-	Bedrock Calcareo Formazione di Monte Nurra

10. CONCLUSIONI

Nello svolgimento dell'incarico, il cui prodotto finale è la seguente relazione, si sono accertate a livello bibliografico le condizioni geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e sismiche del sito indagato. L'intervento – relativamente ai dati analizzati e reperibili in bibliografia, con le dovute accortezze – sotto il profilo geologico è dunque fattibile.

Seriate, 27 Novembre 2023

Dott. Alberto Velicogna

BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- PAI Sardegna
- SIT Sardegna
- Piano regolatore comune di Alghero (SS)