

COMUNE DI ORISTANO

Assessorato ai Lavori Pubblici - Servizio Lavori Pubblici



RECUPERO E RICONVERSIONE FUNZIONALE DELL'EX COMPLESSO ENTE RISI

CIG: 69632900B1

CUP: H19J17000000001

PROGETTO PRELIMINARE

PROPRIETA':

COMUNE DI ORISTANO - R.U.P.: Ing. Giuseppe Pinna

PROGETTISTI:

Arch. Rossella Sanna (Capogruppo)

VPS Architetti (Mandante)

Arch. Luca Putzolu (Mandante)



vps
architetti

VPS srl
Via Asproni, 40 - 09123 Cagliari



DESCRIZIONE ELABORATO:

Relazione geologica

ELABORATO:

03RS.Doc.01

SCALA:

| AGG.: | DATA: | DESCRIZIONE: | AGG.: | DATA: | DESCRIZIONE: |
|-------|------------|--------------|-------|-------|--------------|
| 01 | 30/05/2017 | EMISSIONE | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Provincia di Oristano

COMUNE DI ORISTANO



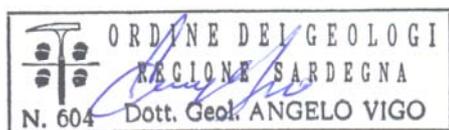
Recupero e riconversione funzionale
dell'ex Complesso Ente Risi
STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ALL. GLT
Scala -

Il Professionista incaricato:

dott. Geol. Angelo Vigo



DATA: MAGGIO 2017

Rev.: 00

INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3 | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO..... | 4 |
| 3.1 | <i>Sintesi del progetto.....</i> | 4 |
| 4 | ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO A SCALA DELL'AREA VASTA | 7 |
| 5 | CARATTERI MICROCLIMATICI DELL'AREA DI INTERVENTO | 10 |
| 5.1 | <i>Acquisizione ed analisi dei dati locali.....</i> | 11 |
| 5.1.1 | <i>Analisi della distribuzione delle temperature medie diurne</i> | 13 |
| 5.1.2 | <i>Elaborazione umbrotermica di Walter e Lieth.....</i> | 13 |
| 6 | MODELLO GEOLOGICO A SCALA D'INTERVENTO | 15 |
| 6.1 | <i>Caratteri geomorfologici e litostratigrafici dell'area in studio</i> | 15 |
| 6.1.1 | <i>Pericolosità geologica.....</i> | 15 |
| 6.2 | <i>Idrografia locale</i> | 15 |
| 6.2.1 | <i>Pericolosità idraulica</i> | 17 |
| 6.3 | <i>Assetto litostratigrafico ed idrogeologico locale.....</i> | 17 |
| 6.3.1 | <i>Assetto idrogeologico locale: falde superficiali</i> | 19 |
| 7 | MODELLO GEOTECNICO | 20 |
| 8 | CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI | 22 |

1 PREMESSA

In data 26.05.2017 lo scrivente dott. geol. Angelo Vigo (n.604 Ordine Geologi della Sardegna), ha ricevuto per l'esecuzione dello studio geologico e geotecnico in ordine allo studio di fattibilità tecnica ed economica del *Progetto di recupero e riconversione funzionale dell'ex Complesso Ente Risi*.

Il presente elaborato ed i relativi allegati sono stati redatti in conformità alla normativa vigente, a corredo del progetto summenzionato, del quale costituiscono parte integrante e non diversamente utilizzabile per scopi ed interventi differenti da quelli di destinazione.

Nella definizione del modello geologico e geotecnico, fa riferimento a studi ed indagini redatti dallo scrivente su aree contermini, rimandando alla successiva fase di progettazione l'analisi del contesto litostratigrafico e litotecnico mediante le necessarie indagini geognostiche.

Lo studio tratta le seguenti tematiche in ordine alla definizione del contesto geologico e geotecnico:

- ❑ Inquadramento geologico a scala di bacino, con identificazione delle formazioni prevalenti e descrizione dell'assetto strutturale, e a scala di intervento con la definizione dei caratteri dei litotipi in affioramento, di quelli profondi e dei loro rapporti stratigrafici;
- ❑ Inquadramento geomorfologico a scala di bacino e a scala di intervento, con individuazione delle forme prevalenti, del loro grado di evoluzione e delle possibili problematiche a carico del territorio;
- ❑ Inquadramento idrogeologico con definizione delle unità idrogeologiche principali, del grado di trasmissività e della geometria e profondità degli acquiferi a scala di intervento;
- ❑ pericolosità geologica ed idraulica in rapporto alla pericolosità intrinseca del territorio ed agli effetti dell'inserimento dell'opera;
- ❑ prime ipotesi di parametrizzazione dei litotipi prevalenti nell'area di sedime, con particolare riferimento alla resistenza al taglio ed alla compressibilità.

Lo studio è stato articolato come segue:

1. reperimento delle fonti bibliografiche cui attingere per la definizione del contesto geologico-geomorfologico a scala locale e di bacino;
2. analisi cartografica e fotointerpretazione;
3. definizione dell'assetto litostratigrafico locale mediante correlazione dei litotipi prevalenti;
4. individuazione di criticità idrogeologiche ed idrauliche.
5. individuazione della natura e potenza dei litotipi compresi nel volume significativo in via preliminare sulla base di indagini pregresse eseguite su contesti assimilabili;
6. definizione delle unità litotecniche (litotipi) a base di verifica e prima definizione del modello geotecnico del complesso opera-volume significativo.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo scrivente ha redatto il presente studio ai sensi alle seguenti disposizioni di legge:

- ❑ DM 14 gennaio 2008, pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 4 febbraio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e la relativa Circolare 2 febbraio 2009, n. 617.
- ❑ D.M. 11/03/1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.) - "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*", e relativa Circolare di applicazione LL.PP. 24-09-1988 n. 30483 (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).
- ❑ Delib.G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31, pubblicata nel B.U. Sardegna 21 agosto 2004, n. 23 Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- ❑ Legge 2 febbraio 1964 n. 74 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (art. 1).
- ❑ Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- ❑ D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area oggetto di intervento è ubicata nella periferia orientale del Comune di Oristano, a ridosso del tracciato ferroviario FSI (Fig.1), ad una quota media di circa 10,00 metri s.l.m.



Figura 1. Vista aerea (Google Earth - 2014) dell'area di intervento (perimetro in rosso).

Nella Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 essa ricade nel foglio 528120 – S. Giusta. Nell'inquadramento topografico ci si è avvalsi del DTM su rilievo Lidar con maglia 1 m della RAS ed in quello geologico si fa riferimento alla Carta Geologica di Italia in scala 1:50.000, foglio 528 – Oristano edito dall'ISPRA nell'ambito del progetto CARG su rilievo 1:10.000.

3.1 Sintesi del progetto

Il progetto prevede il risanamento strutturale ed architettonico dei fabbricati che costituiscono la vecchia sede dell'Ente Nazionale Risi, in via Ozieri 21.

È previsto il consolidamento dei fabbricati affetti da lesioni a tamponature e pavimentazioni, il risanamento e la riconversione funzionale degli edifici precedentemente adibiti a depositi ed uffici, compresa la bonifica delle coperture in Eternit.

L'intervento è suddiviso in stralci funzionali: allo stato attuale è prevista la sola realizzazione del primo stralcio, riguardante la ristrutturazione e la riqualificazione della palazzina uso uffici posta in prossimità dell'ingresso (Fig.3).

Per i dettagli si rimanda agli elaborati di progetto.



Figura 2. Vista aerea dello stato attuale della struttura.

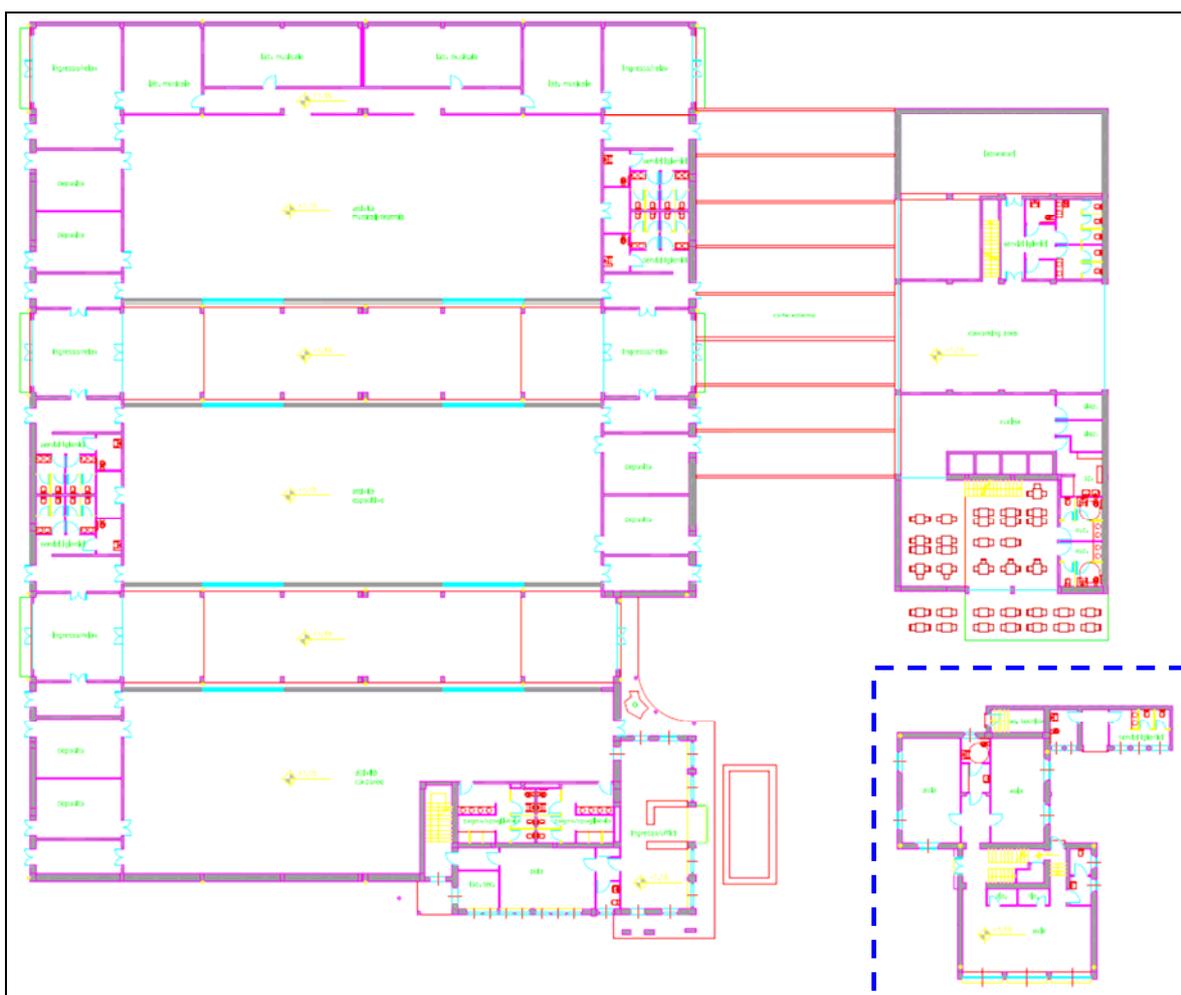


Figura 3. Stato di progetto: pianta piano terra. Entro il quadrilatero in tratteggio blu è contenuto il fabbricato oggetto del 1° stralcio funzionale, per il quale si procederà alla progettazione definitiva ed esecutiva.



Figura 4. Stato di Progetto: pianta esterni.

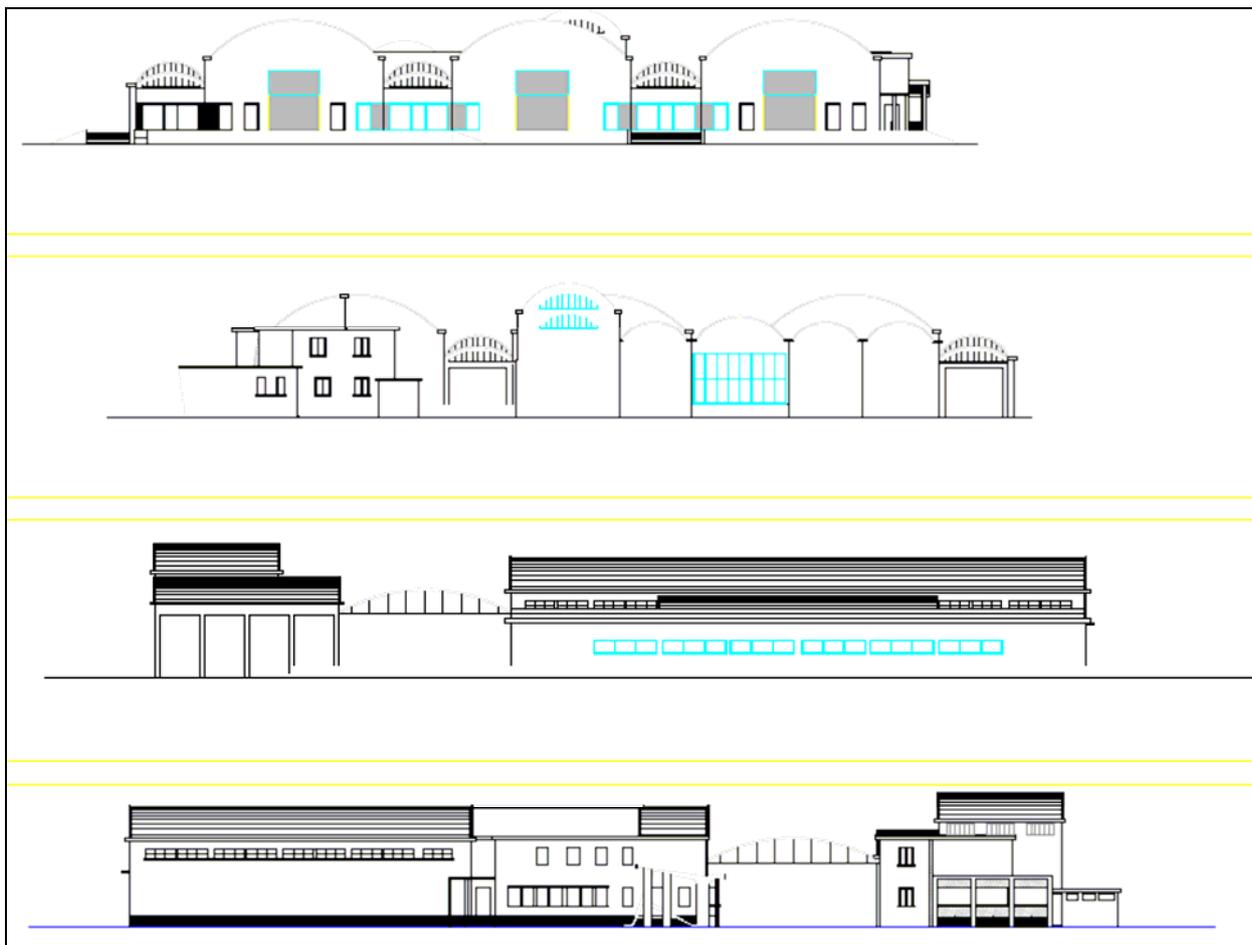


Figura 5. Stato di Progetto: prospetti principali.

4 ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO A SCALA DELL'AREA VASTA

L'area di intervento ricade nell'estremità nord-occidentale del Graben del Campidano (Fig.6), che costituisce un segmento della più ampia fossa Sarda, riattivata per effetto della tettonica distensiva Pliocenica la cui subsidenza, in questo settore, si è protratta probabilmente sino al Pleistocene inferiore.

Sino al quaternario, quindi, la fossa campidanese costituisce un ampio bacino di sedimentazione, che raccoglie i prodotti dello smantellamento del massiccio del Monte Arci, che si distribuiscono su una conoide ("Conoide del Tirso") estesa per oltre 20 km.

Tale imponente cono di deiezione si è generato in un paleoclima assai più umido di quello attuale, con un livello marino più elevato che imponeva il precoce rilascio dell'abbondante apporto solido mobilizzato, dalle falde detritiche del M.te Arci, in virtù delle copiose portate del Tirso e delle aste minori. Il protrarsi della subsidenza, inoltre, manteneva in attività il bacino sedimentario, permettendo di compensare gli incrementi di quota derivanti dall'accumulo dei depositi.

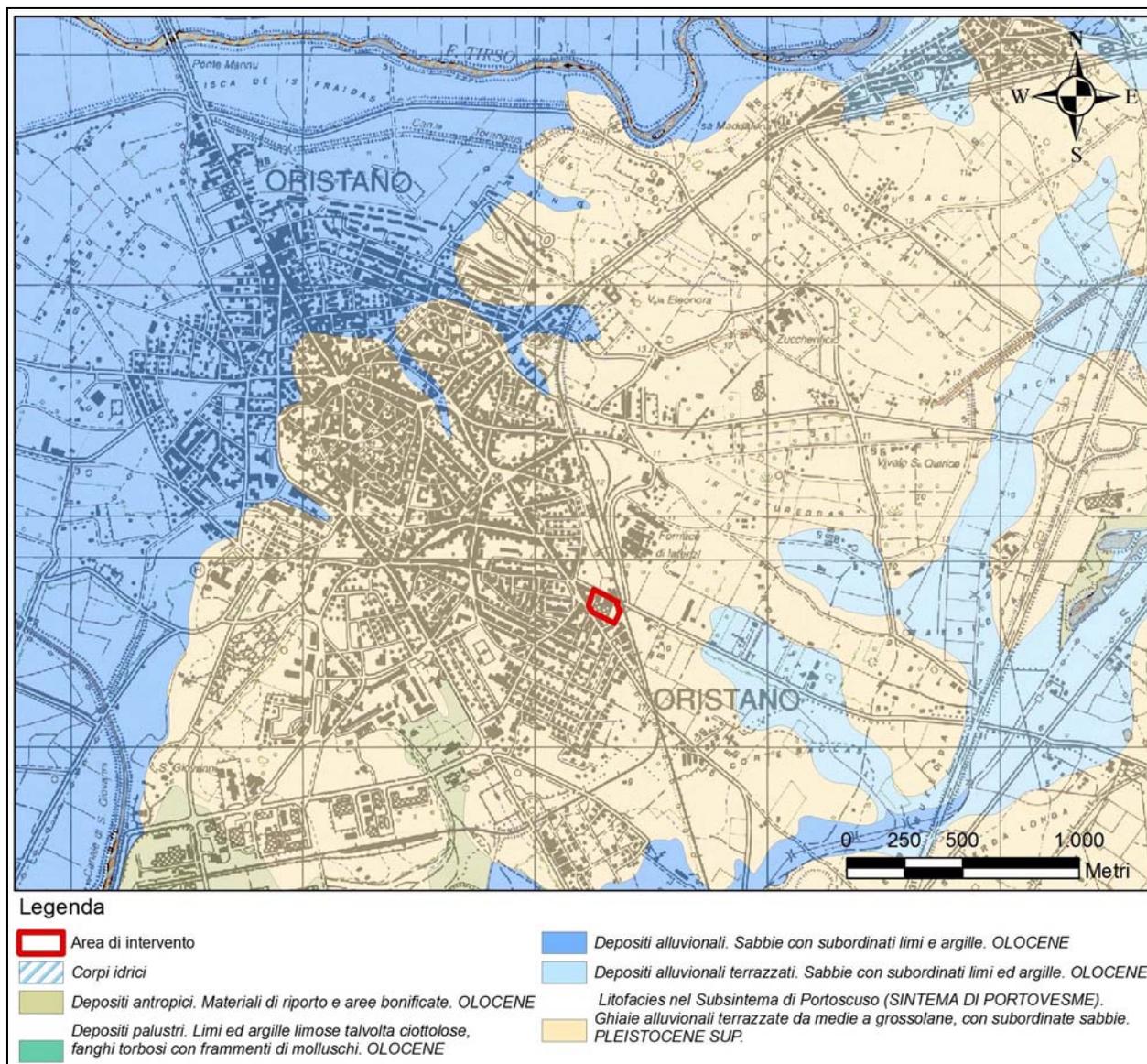


Figura 6. Carta Litologica dell'area vasta, su base Geologica 1:25.000 della RAS.

Questi ultimi, in generale, sono costituiti da ghiaie e sabbie medio-grossolane, fittamente intercalati e talora in eteropia di facies, presi in carico dalle falde detritiche e dai glacis del Monte Arci.

Il paesaggio in cui si inserisce l'intervento, quindi, è quello tipico di un'ampia piana alluvionale che giace su una colmata di sedimenti quaternari di ambiente fluvio-deltizio, frequentemente terrazzati (Fig.7).

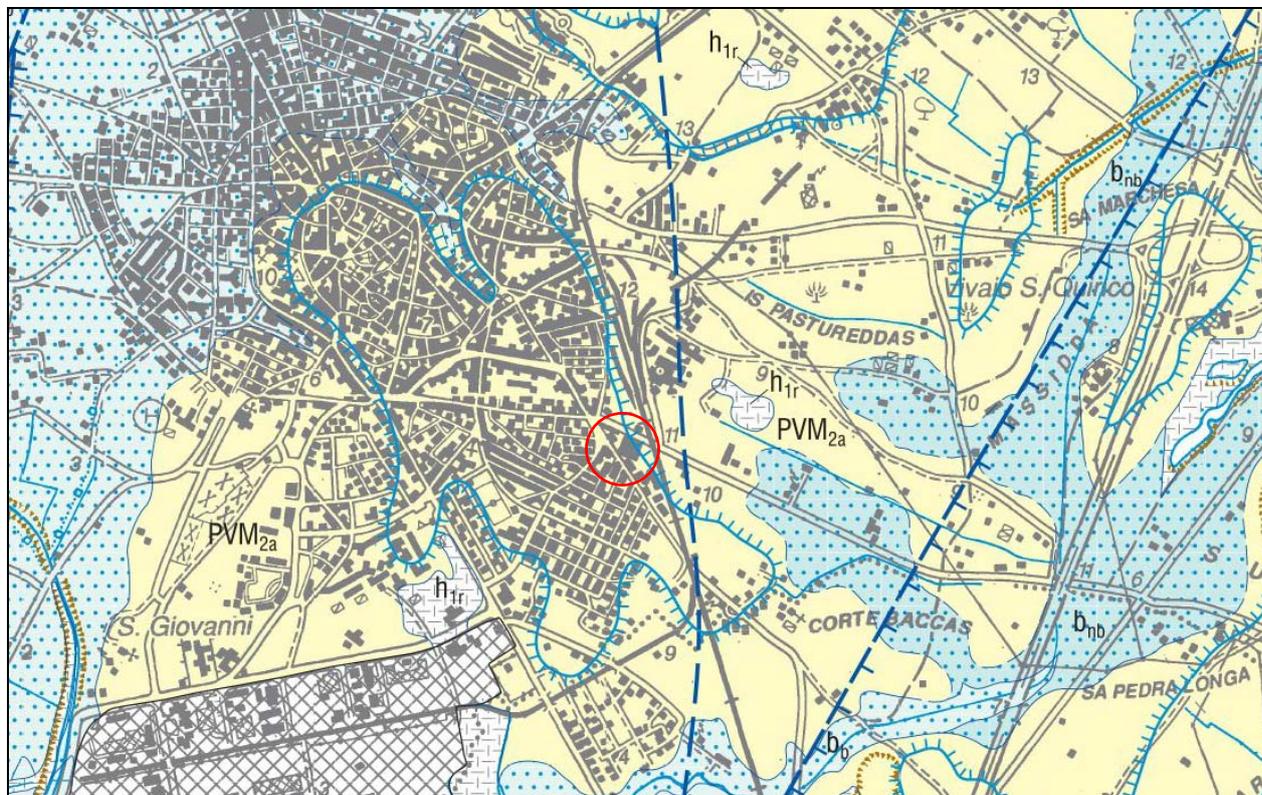


Figura 7. Particolare dei sedimenti alluvionali terrazzati del Pleistocene sup., sui cui bordi ricade l'area di intervento (circonferenza in rosso). (da: Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. ISPRA - Progetto CARG. Stralcio modificato)

Il paesaggio urbano e periurbano di Oristano è quindi dominato da forme morbide e sub-tabulari, che si interrompono soltanto nelle principali incisioni fluviali ed in corrispondenza di forme antropiche quali rilevati stradali e ferroviari, come si evince agevolmente dal modello digitale del terreno ricavato dal volo LIDAR 2008 della RAS (Fig.8).

Tale modello evidenzia la ridotta escursione altimetrica che caratterizza l'area circostante il centro abitato, con picchi di quota che, significativamente, si ritrovano soltanto in corrispondenza di manufatti in materiali sciolti connessi a opere di attraversamento stradali e ferroviarie.



Figura 8. DTM ricavato dal volo LIDAR 2008 RAS: si osserva la modesta escursione altimetrica, con quote massime di circa 15,6 metri. L'area di intervento giace ad una quota media di circa 10,00 metri s.l.m.

5 CARATTERI MICROCLIMATICI DELL'AREA DI INTERVENTO

La posizione geografica, il carattere di insularità e l'orografia della Sardegna costituiscono i principali fattori che ne condizionano il clima (M. Pinna, 1954): occupando il centro del bacino occidentale del mediterraneo, essa è esposta al dominio dei venti occidentali e delle masse d'aria calda tropicale.

Nella classificazione di Köppen (1936) il clima regionale ricade nel novero di quelli temperati, corrispondente al tipo C – *Climi temperati delle medie latitudini* caratterizzato dal mese più freddo con temperature medie inferiori a 18°C ma superiore a -3°C e da almeno un mese avente temperatura media pari ad almeno 10°C. Si tratta quindi di un clima che esprime sia una stagione estiva che una invernale, ed è genericamente definito come clima Mediterraneo.

In ambito regionale la quasi totalità del territorio, ad eccezione delle zone interne e montuose, ricade nel sottotipo Csa della classificazione di Köppen, che si caratterizza per una temperatura media, nel mese più caldo, superiore ai 22°C e precipitazioni, nel mese più secco del semestre arido, inferiore a un terzo di quello del mese invernale più piovoso, e comunque non superiore a 30 mm.

Tale classificazione è stata ulteriormente dettagliata da Pinna nella Carta Climatica d'Italia (Fig.9) dove sono distinti quattro sottotipi del tipo C: *subtropicale* lungo tutta la costa meridionale e per un breve tratto della costa orientale (Siniscola-Orosei); *temperato caldo* nelle restanti zone costiere, in particolare quelle occidentali, e per tutto il Campidano e Logudoro-Marghine; le aree interne e montuose sono

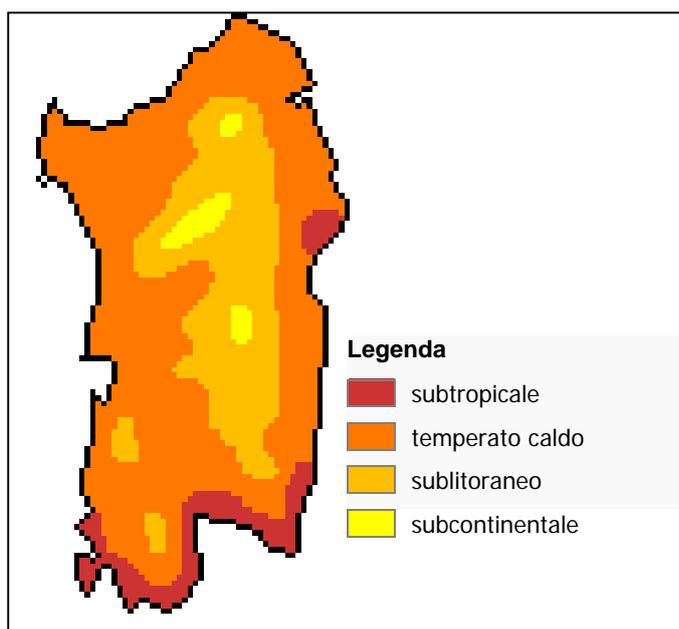


Figura 9. Climi temperati (tipo C di Köppen) caratteristici della Sardegna nella classificazione di Pinna (da Carta Climatica d'Italia - Modificata).

interessate prevalentemente dai climi *sublitoraneo* e, limitatamente ai rilievi più pronunciati, *subcontinentale*. Il comune di Oristano ricade nel primo sottotipo.

La peculiare differenziazione delle stagioni deriva principalmente dalla migrazione del limite settentrionale delle celle di alta pressione che insistono nelle fasce subtropicali (Peixoto, 1992). Lo spostamento dell'alta pressione (*Anticiclone delle Azzorre*) raggiunge l'arco alpino nei mesi estivi, determinando un regime stabile talvolta tipico di climi subtropicali aridi, con temperature elevate e precipitazioni scarse o assenti lungo le coste.

A partire dall'autunno l'alta pressione rimane confinata al margine Nordafricano, favorendo la circolazione di aria umida atlantica che, scontrandosi con le masse d'aria calda ancora stazionanti sul mediterraneo, dà vita alla *ciclogenesi*¹ che interessa la Sardegna (Pinna, 1954) generando le perturbazioni cui si deve il più elevato apporto in termini di

¹ La regione mediterranea presenta la più alta frequenza e concentrazione di ciclogenese del mondo (Landsberg, 1988).

precipitazioni, seguito dal meno abbondante massimo primaverile.

5.1 Acquisizione ed analisi dei dati locali

La base dati di riferimento è stata ricavata dal nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna (SISS) pubblicato nel 1998 per conto della R.A.S. dall'Ente Autonomo del Flumendosa (oggi ENAS), nel quale si considera un modulo di riferimento che va dal 1922 al 1992 per le pluviometrie e dal 1924 al 1992 per le termometrie. Dette misure sono state completate con i dati resi disponibili dal *Servizio tutela e gestione delle risorse idriche* della RAS sul sito istituzionale: il modulo pluviometrico è stato esteso sino al 2007, per un totale di 86 anni, mentre quello delle temperature riporta le misure sino al 2002 per un totale di 79 anni. Per i pluviogrammi è stata considerata la stazione pluviometrica di Oristano (12 m s.l.m.), mentre per le temperature, in assenza di serie complete relative a detta stazione, si è fatto riferimento a quella Santa Giusta (10 m s.l.m.).

Di seguito (Tabella 1) si riportano le medie delle precipitazioni e delle temperature medie diurne mensili rispetto al modulo considerato:

Tabella 1. Medie termo-pluviometriche dell'area di intervento.

| MESE | GEN | FEB | MAR | APR | MAG | GIU | LUG | AGO | SET | OTT | NOV | DIC |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MEDIA PLUV. (mm) | 65,4 | 61,5 | 47,4 | 49,5 | 31,9 | 11,2 | 2,6 | 6,9 | 35,4 | 75,3 | 90,2 | 85,2 |
| MEDIA TEMP. (°C) | 10,7 | 11,0 | 12,5 | 14,6 | 17,8 | 21,9 | 24,7 | 24,8 | 22,8 | 19,0 | 15,1 | 12,0 |

I dati pluviometrici rivelano l'andamento che caratterizza il settore costiero meridionale, con una evidente prevalenza delle precipitazioni nel periodo autunnale ed un minimo altrettanto netto nel periodo estivo (Istogramma in Fig.10). Il cumulato annuo è pari a circa 562,5 mm, un valore che rientra nella media dei dati costieri.

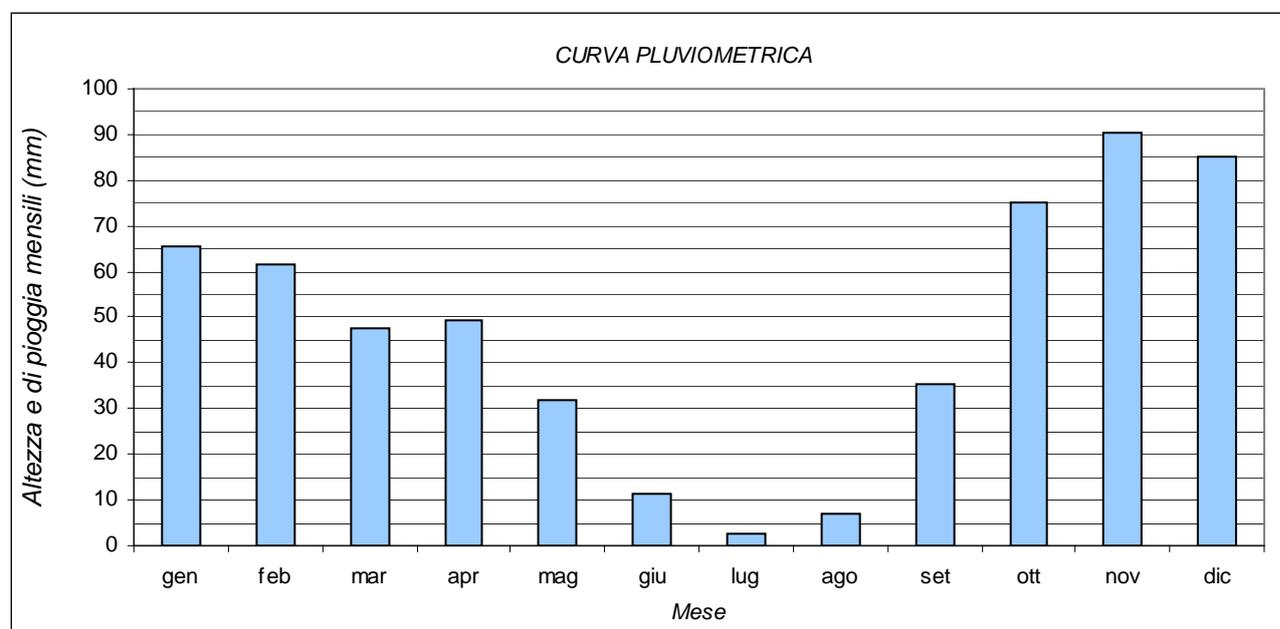


Figura 10. Diagramma delle pluviometrie medie mensili ed annue, su un modulo di 86 anni.

Il trimestre autunnale ottobre-dicembre, in particolare, fa registrare un cumulato medio pari a circa 250,5 mm, contro i 174,3 mm del trimestre invernale e i 92,6 mm di quello primaverile. Come accade per le zone costiere della Sardegna, dove la norma è costituita da estati aride con scarsissime precipitazioni, nell'area in studio nel trimestre luglio-settembre si registra un'altezza media di pioggia pari a circa 44,9

mm, che si concentrano in gran parte nel mese di settembre.

La distribuzione delle precipitazioni, quindi, ricalca tipicamente la media dei climi mediterranei costieri, con un massimo, non particolarmente abbondante, in novembre (90,2 mm) ed un minimo in luglio, con soli 2,6 mm.

Per quanto attiene la durata e l'intensità delle piogge, esse sono rappresentate a scala regionale nello studio "Il clima in Sardegna" predisposto a cura di P.A. Chessa e A. Delitala per il Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico dell'ARPA Sardegna (<http://www.sar.sardegna.it>).

Tale studio è stato realizzato su dati circoscritti al periodo 1951-1980 per temperature e precipitazioni, e al 1951-1993 per i restanti parametri. Nella fattispecie, è di notevole interesse la distribuzione del numero di giorni piovosi sul territorio regionale (Fig.11), che evidenzia un massimo di oltre 80 giorni in corrispondenza dell'altipiano di Campeda, e dei massicci del Gennargentu e del Limbara.

Il Comune di Oristano ricade tra quelle a minore piovosità, con valori medi annui compresi tra 60 e 70 giorni.

In termini di intensità giornaliera, espresse in numero medio di giorni per altezza di pioggia, è significativa la carta regionale del numero di giorni con valore di precipitazioni superiore a 50 mm (Fig.12), nella quale si evidenzia un netto gradiente W-E con oltre 3 giorni piovosi in corrispondenza dell'Ogliastra: i rovesci violenti ed intensi sono quindi nettamente localizzati lungo il settore orientale dell'isola, benché il numero dei giorni piovosi sia tra i più bassi, contrariamente a quanto accade nel settore in studio dove al valore non elevato dei giorni piovosi corrisponde comunque una distribuzione più uniforme delle precipitazioni.

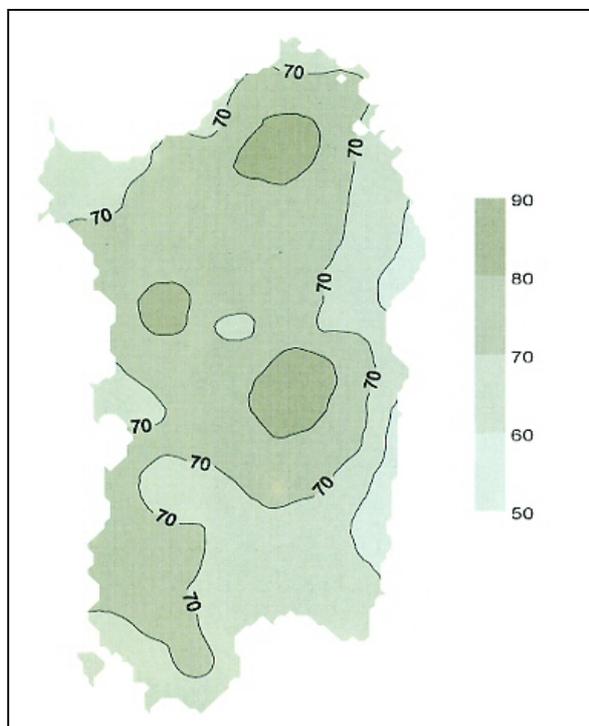


Figura 12. Distribuzione del numero medio annuo dei giorni piovosi.

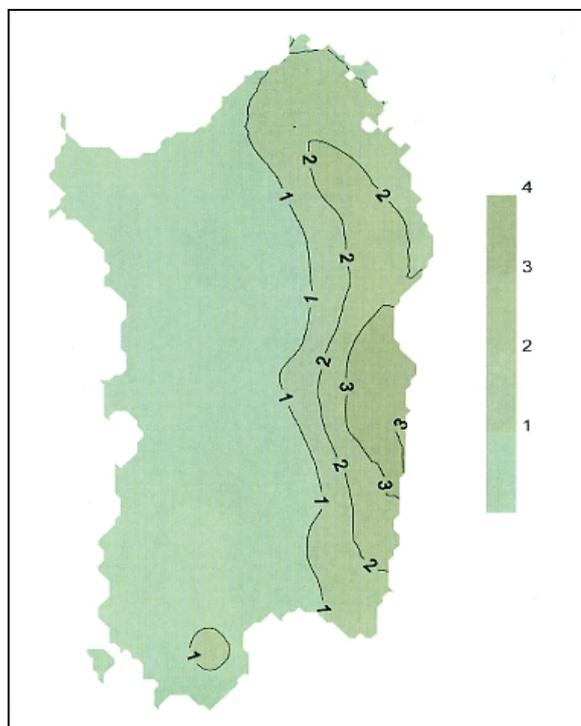


Figura 11. Distribuzione del numero medio annuo dei giorni con altezze di pioggia superiori a 50 mm.

5.1.1 Analisi della distribuzione delle temperature medie diurne

La temperatura è un parametro geograficamente più stabile e meno soggetto a variazioni locali rispetto alle precipitazioni, per cui è oggettivamente arduo, e talora artificioso, stabilire correlazioni a scala così ridotta. Con i dati riferiti alla Tabella 2 è stato elaborato il grafico (Fig.13) della distribuzione delle medie diurne mensili.

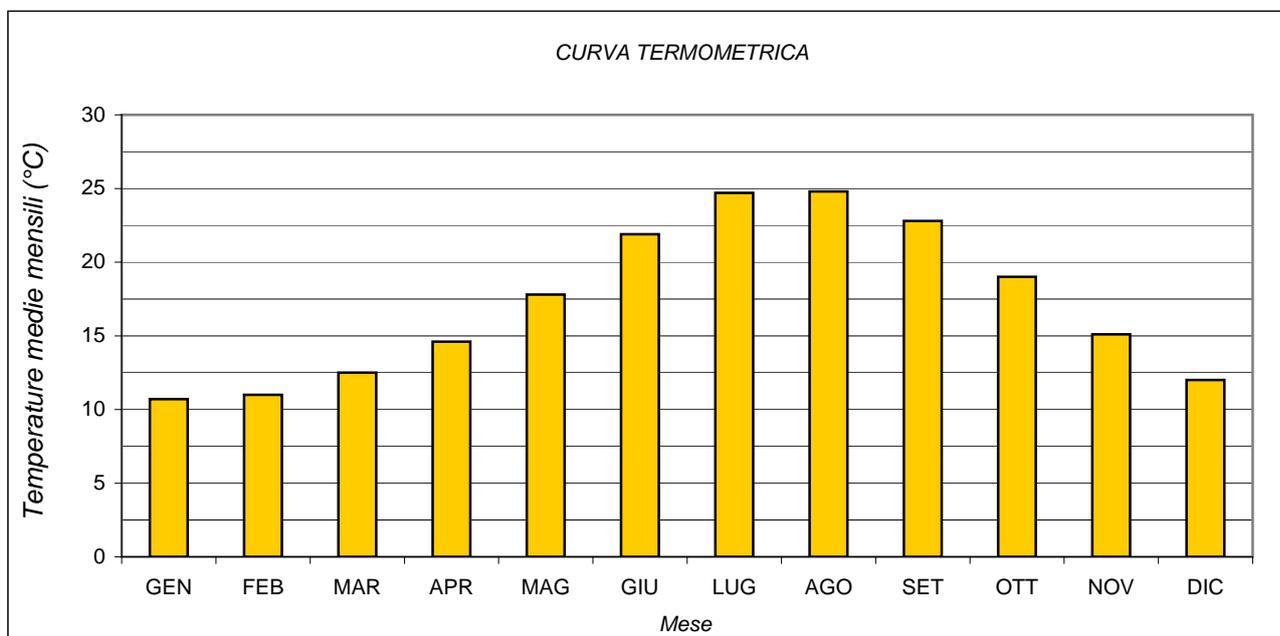


Figura 13. Trend annuo delle temperature medie mensili.

La stazione di riferimento descrive un clima costiero mite con una media annua pari a 19,2°C ed un trend delle temperature che presenta il picco estivo nei mesi di luglio ed agosto, con medie praticamente coincidenti (rispettivamente 24,7 e 24,8°C), leggermente più elevate di quelle medie della costa, di norma entro l'isoterma dei 24°C (P.A. Chessa, A. Delitala, 1997). Anche la stagione invernale rientra pienamente nei canoni descritti per il sottotipo climatico, con un minimo di 10,7°C collocato nel mese di gennaio, seguito da 11,0°C in febbraio.

Tali valori sono tipici di un inverno mite che si accompagna ad una ridotta escursione termica annua, con un valore medio di 15,0°C, corrispondente all'isodiafora dei 15°C che segna il limite minimo ubicato nella costa meridionale (Pinna, 1954).

5.1.2 Elaborazione ombrotermica di Walter e Lieth

Nella definizione del regime microclimatico è di notevole utilità la correlazione tra la curva termometrica e quella pluviometrica, ottenuta mediante la costruzione del diagramma di Walter e Lieth (Fig.14) sulle medie dell'intero comune.

Il diagramma confronta in modo diretto l'andamento stagionale dei due parametri, posti convenzionalmente su scale fisse, con quella delle precipitazioni doppia rispetto a quella delle temperature, evidenziandone il trend stagionale e le reciproche interazioni nel corso dell'anno.

Nel caso in oggetto, si osserva la caratteristica "sfasatura" tra le due curve, tipica del clima mediterraneo: la curva delle temperature subisce un netto incremento nella stagione estiva, con un massimo in luglio-agosto, mentre contemporaneamente le precipitazioni calano ai minimi annui; nella stagione autunno-

invernale il processo si inverte, con una progressiva diminuzione delle temperature, con un minimo tra dicembre e gennaio, a fronte di un rapido incremento delle precipitazioni che culmina nei mesi di novembre-dicembre.

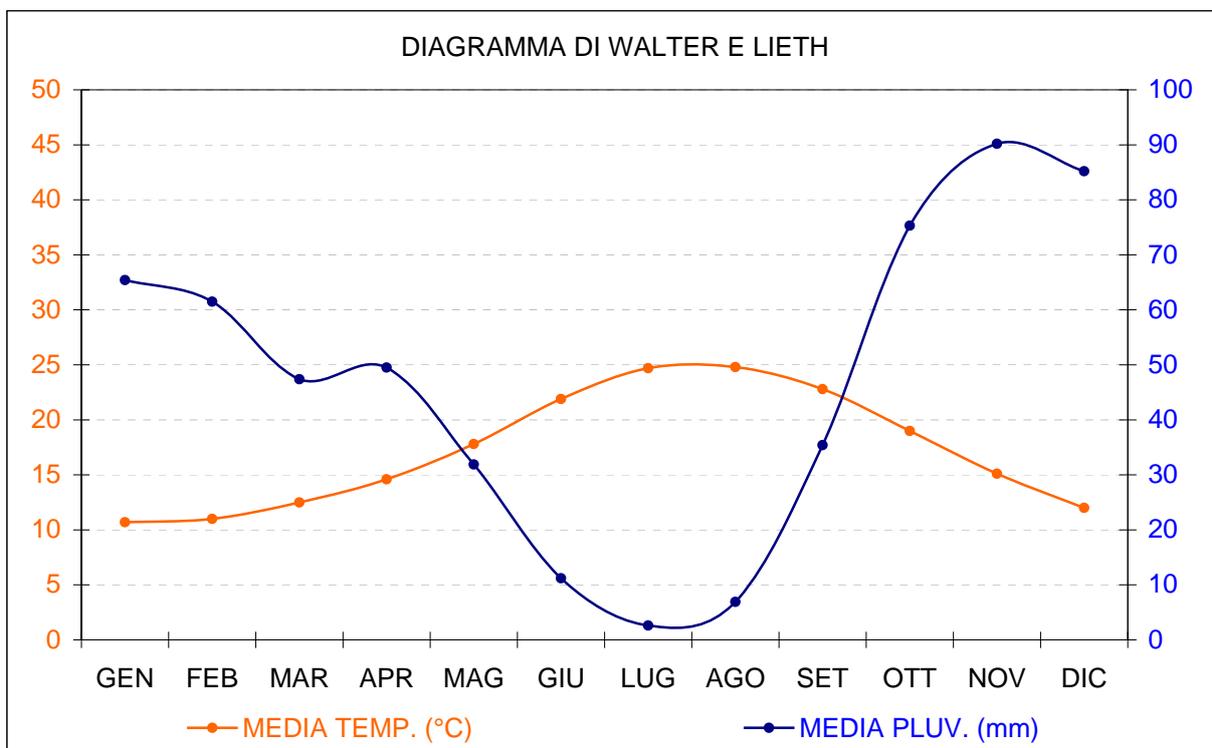


Figura 14. Diagramma umbrotermico di Walter-Lieth riferito alle medie dell'area di intervento.

Si registrano quindi due punti di intersezione delle curve che delimitano sulle ascisse l'intervallo di aridità cui corrisponde un periodo di deficit idrico: esso è compreso, in questo caso, tra maggio e settembre, come di norma accade nelle coste della Sardegna e si caratterizza per un tasso elevato di evapotraspirazione e una piovosità ridotta.

L'alternanza così netta di stagioni secche e stagioni umide riveste notevole importanza nella gestione del territorio sia sotto il profilo idrogeologico ed idraulico, con apprezzabili oscillazioni delle portate dei corsi d'acqua principali e delle aste secondarie.

6 MODELLO GEOLOGICO A SCALA D'INTERVENTO

6.1 Caratteri geomorfologici e litostratigrafici dell'area in studio

6.1.1 Pericolosità geologica

Data la fisiografia sub-pianeggiante e l'assenza di scarpate artificiali di qualche rilievo, non si registrano fenomeni di dissesto gravitativo in atto. Coerentemente con quanto osservato, il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) non delimita aree di pericolosità, sia nella versione vigente (approvata nel 2007), sia nello studio di dettaglio ex Art.8 c.2 delle N.A., redatto a corredo dell'adeguamento del PUC al PAI e PPR, adottato in regime di salvaguardia con delibera CC n.29 del 22/03/2016. In quest'ultimo caso (Fig.15) l'area ricade in classe di pericolosità Hg0, ossia tra quelle studiate ma *prive di pericolosità da frana attuale o potenziale*.

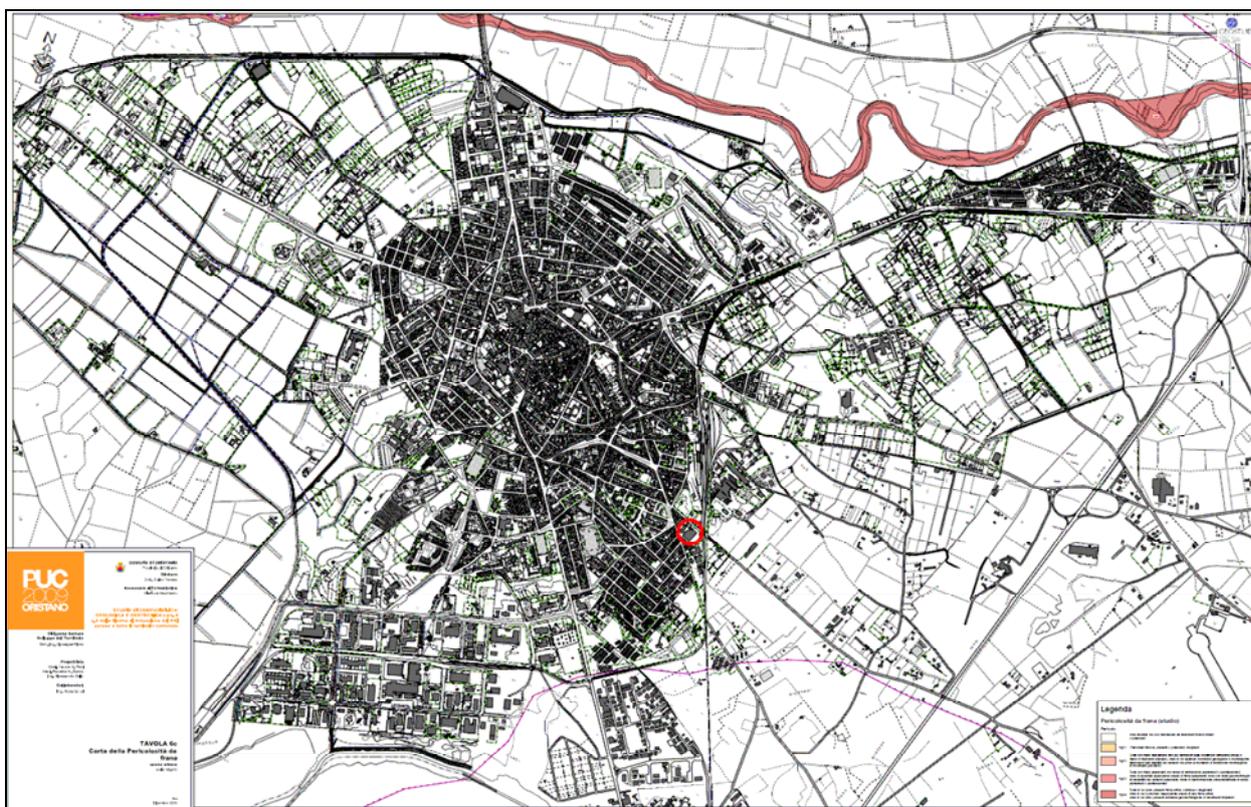


Figura 15. Studio di compatibilità geologica e geotecnica ex art.8 c.2 delle N.A. del PAI, Tavola 6b - Carta della pericolosità da frana - settore ovest. In evidenza l'ampia campitura in grigio che identifica le aree studiate e prive di dissesti significativi, in atto o potenziali. L'area in studio è contenuta nella circonferenza rossa.

6.2 Idrografia locale

L'idrografia dell'area è dominata dal bacino del Tirso che con 3365.78 km² di estensione e circa 185 km di lunghezza dell'asta principale, rappresenta il fiume più importante della Sardegna. La geometria a scala di bacino evidenzia un pattern evoluto, prevalentemente dendritico, con aste che localmente assumono direzioni sub-parallele, dando vita ad una caratteristica geometria di tipo "pennato". Queste ultime si osservano in particolare nel quadrante sud-orientale dell'area in studio (Fig.16), in corrispondenza di conoidi detritiche in cui le aste che le incidono tendono più facilmente ad allinearsi secondo la massima pendenza in forza della facile erodibilità di tali sedimenti.

Nelle aree pianeggianti e depresse si evidenzia in modo netto l'azione antropica sul governo delle acque

superficiali, attuato mediante una fitta rete di canali di bonifica e irrigazione, tutt'ora attivi, che fanno oramai parte del paesaggio.



Figura 16. Reticolo idrografico dell'Area Vasta di Oristano: in evidenza il tracciato meandriforme del Tiro e la presenza di pattern assai differenti, in particolare nel quadrante sud-orientale, dove compaiono geometrie di tipo pennato.

Il grado di evoluzione dell'asta principale si evidenzia in particolare sulla piana, con un tracciato sinuoso e meandriforme, a tratti con cenni di meandri abbandonati e anastomizzazioni, delimitato dalla fascia golenale che ospita la porzione settentrionale dell'abitato di Oristano.

L'area in studio, in particolare, ricade in prossimità di una delle tante incisioni, oramai oblitee dall'urbanizzazione, colmate di sedimenti perlopiù limoso-argillosi, con potenze di alcuni metri.

Le coperture sedimentarie superficiali, inoltre, possiedono una scarsa capacità di infiltrazione efficace e favoriscono locali e perduranti ristagni, specie nelle zone più depresse ed acquitrinose, innescati da precipitazioni anche di intensità non eccezionale.

6.2.1 Pericolosità idraulica

Il settore centro-settentrionale dell'area urbana di Oristano ricade in aree di pericolosità idraulica definite sia nell'ambito del PAI che del PSFF. La relazione di compatibilità idraulica a corredo del PUC propone nuove perimetrazioni e recepisce le prime in regime di salvaguardia, con la citata Delibera CC n.29/2016: sia le precedenti perimetrazioni che quelle di nuova estensione, non interessano l'area oggetto di intervento, nemmeno per tempi di ritorno pari a 500 anni (rispettivamente classe di pericolosità Hi1 e Fascia C dei predetti studi).

La carta di sintesi dei tre studi illustrati è riportata in Fig.17)

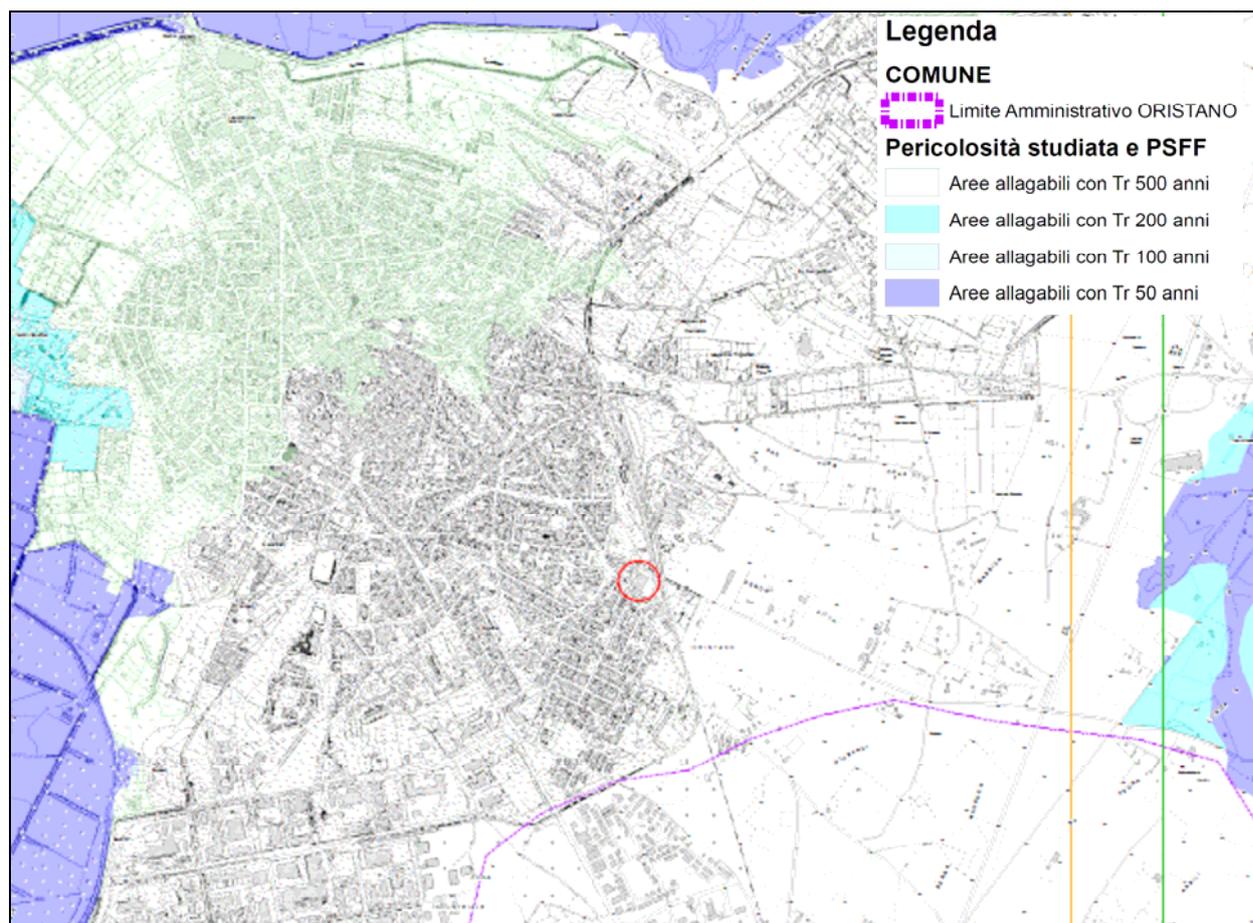


Figura 17. Stralcio della Tav.07 - Carta delle misure di salvaguardia (Studio-PSFF). Si tratta di un elaborato coordinato tra PSFF vigente e lo studio di compatibilità idraulica a corredo del PUC.

6.3 Assetto litostratigrafico ed idrogeologico locale

In considerazione della fase progettuale ancora in via di definizione, gli elementi litostratigrafici e litotecnici, relativi all'area in studio e al sedime delle opere, sono stati desunti dall'interpolazione di verticali di indagine nella disponibilità dello scrivente. Si tratta, in particolare, di 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di circa 10 metri dall'attuale p.c. (con quote simili al sedime delle opere) e di 4 pozzetti geognostici spinti sino a circa 4,00 metri.

La correlazione dei log stratigrafici ricavati da dette verticali evidenzia un contesto litostratigrafico tutto sommato omogeneo, caratterizzato dalla stratificazione sub-orizzontale di sedimenti continentali, prevalentemente in facies alluvionale. I litotipi riconosciuti (Litotipo 1-4), accomunati da caratteristiche

geotecniche simili sono quattro, compresi suolo e riporto, e si ritrovano a quote comparabili o poco differenti, quando non identiche, in tutti i sondaggi e, per quanto attiene i primi tre, anche nelle trincee.

Si osserva, in particolare, un'iniziale prevalenza di sabbie eterometriche limose, miste ad argilla, talora abbondante e plastica (Litotipo 1): si tratta di un litotipo semicoerente, mediamente addensato, ma pedogenizzato e rimaneggiato negli orizzonti superficiali raggiunte dal disturbo della pregressa attività agricola (il litotipo 1 è pedogenizzato?).

Il contatto con i sottostanti limi argilloso-sabbiosi (Litotipo 2), come spesso accade in contesti simili, si caratterizza per l'assenza di una vera e propria soluzione di continuità, con un passaggio "sfumato" tra i due strati la cui giacitura a scala di rilievo può approssimarsi a sub-orizzontale, benché non si possano escludere passaggi lentiformi ed interdigitati. Detti limi si caratterizzano in genere per un buon addensamento, come testimoniato dagli apprezzabili riscontri ottenuti con prove penetrometriche dinamiche (SPT) eseguite nei fori di sondaggio, mediante le quali si sono ottenuti valori di N_{SPT} crescenti con la profondità e variabili da un minimo di 15 ad un massimo di 33.

Tabella 2. Elenco prove SPT eseguite entro fori di sondaggio su aree limitrofe.

| Descrizione litotipo | Prova | Profondità (m) | N_{SPT} |
|--------------------------------------|-------|----------------|-----------|
| Limi argilloso-sabbiosi (Litotipo 2) | SPT 1 | 2,00 – 2,45 | 15 |
| | SPT 2 | 4,00 – 4,45 | 20 |
| | SPT 3 | 5,50 – 5,95 | 33 |
| | SPT 4 | 2,00 – 2,45 | 19 |
| | SPT 5 | 4,00 – 4,45 | 19 |
| | SPT 6 | 6,00 – 6,45 | 26 |

Nel caso del contatto tra Litotipo 2 e 3 le differenze sono decisamente più marcate con un passaggio a sabbie da grossolane a finissime, limose, miste a ghiaia minuta, con rari livelli ciottolosi, ben addensate e talora con debole cementazione. Rappresenta un litotipo di ambiente fluvio-deltizio di maggiore energia rispetto ai precedenti ed evidenzia un' apprezzabile grado di consolidazione. La permeabilità medio-alta lo rende un buon acquifero, come si illustrerà in seguito.

Sulla base della correlazione delle verticali di indagine citate in precedenza, si può anticipare il modello litostratigrafico di massima (Fig.18) che dovrà essere verificato ed approfondito relativamente all'area di sedime mediante indagini e prove specifiche.

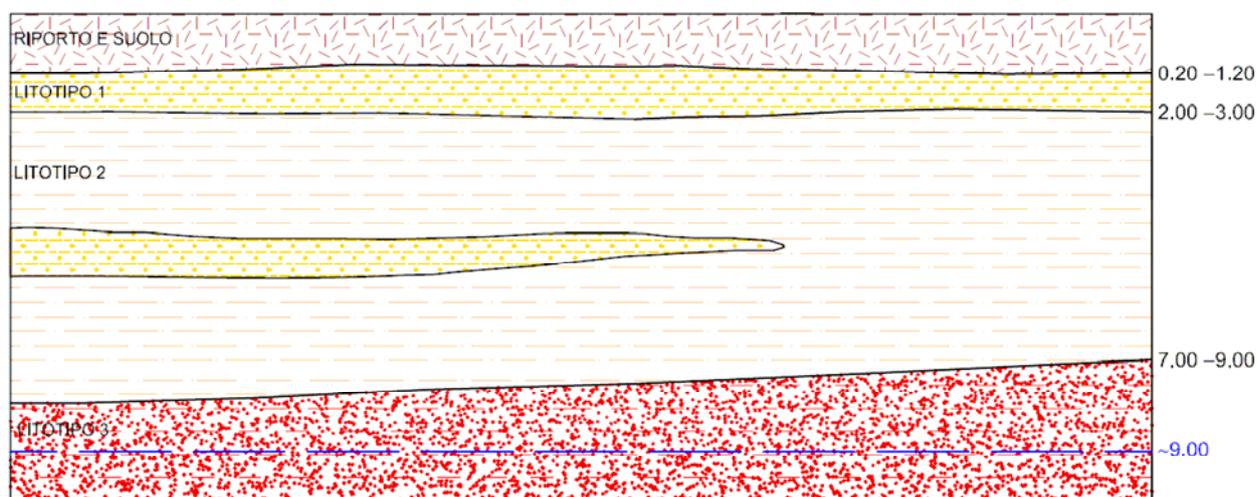


Figura 18. Modello litostratigrafico di massima ricostruito sulla base di verticali di indagine su aree limitrofe.

6.3.1 Assetto idrogeologico locale: falde superficiali

Le potenti coltri detritiche, da argillose a ghiaiose, costituiscono un tipico acquifero multistrato, caratterizzato da un'ampia variabilità latero-verticale dei parametri di conducibilità idraulica, con falde ospitate nei livelli sabbioso-ghiaiosi, e confinate (parzialmente o totalmente) tra *aquitard/aquiclude* limoso-argillosi.

Facendo riferimento ad indagini eseguite su aree non distanti dal sito in studio, è stata individuata una falda freatica ad una quota media di circa 4,00 metri s.l.m., corrispondente ad una soggiacenza (nel sito di indagine) di circa 9,00 metri. Detta misura è riferibile al primo periodo invernale, ossia ad una fase di presumibile ricarica dell'acquifero.

7 MODELLO GEOTECNICO

Come per la definizione dei caratteri litostratigrafici, anche nella modellazione geotecnica e nelle verifiche di sicurezza si è fatto riferimento ad indagini e prove pregresse. I parametri attribuiti ai litotipi derivano da prove in situ e in laboratorio eseguite su campioni non ricadenti nel sedime dell'opera in progetto, pertanto pur conservando un'apprezzabile rappresentatività, non possono essere messi a base di calcolo del dimensionamento delle strutture e delle relative verifiche di sicurezza. Queste ultime, pertanto, dovranno basarsi su un piano di indagini e prove espressamente dedicati all'intervento in oggetto.

SUOLO E RIPORTO

Si tratta di terreni di riporto, o comunque rimaneggiati, che regolarizzano il piano viabile attuale, talvolta sovrapposti al suolo vegetale naturale prevalentemente grossolano e sciolto con livelli limo-argillosi organici più coerenti in profondità. I parametri sono stati tratti dalla letteratura su basi cautelative, in considerazione della prevista bonifica mediante scotico profondo e sostituzione con materiale arido.

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{nat}} &= 15,00 \text{ kN/m}^3 \\ \phi' &= 25^\circ \\ c &= 0,0 \text{ kPa}\end{aligned}$$

LITOTIPO 1

Si tratta di sabbia eterometrica, con clasti sub-angolari, in abbondante matrice limoso-argillosa, mediamente compatta e consistente. L'elevata matrice fina, non particolarmente plastica, le rende semicoerenti e a tratti compressibili. Anche in questo caso, dati i ridotti spessori e la discontinuità di tale strato, si è ricorsi a dati di letteratura.

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{nat}} &= 18,20 \text{ kN/m}^3 \\ \phi' &= 29^\circ \\ c' &= 3,0 \text{ kPa}\end{aligned}$$

LITOTIPO 2

Rappresenta il litotipo più abbondante, coerente e sovraconsolidato, costituito in prevalenza di limi sabbiosi e argillosi, con frequenti passaggi decimetrici a termini più schiettamente argillosi. Di norma è abbastanza consistente e compatto, con plasticità non elevata e una discreta resistenza al taglio non drenata.

La coesione efficace è stata ridotta di 2/3 rispetto a quella determinata in laboratorio a scopo cautelativo dato l'ampio campo di variabilità di tale parametro il quale, di norma, non raggiunge valori elevati in condizioni drenate. La resistenza non drenata (S_u) è stata stimata sulla base di correlazioni empiriche da prove SPT.

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{nat}} &= 20,51 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{\text{sat}} &= 20,99 \text{ kN/m}^3 \\ \phi' &= 26^\circ \\ c' &= 8,5 \text{ kPa} \\ S_u &= 92,0 \text{ kPa} \\ E_{\text{ed}} &= 14.500 \text{ kPa} \quad \text{per } 98,07 < (\sigma_{v0} + \sigma_v) < 196,14 \text{ kPa}\end{aligned}$$

LITOTIPO 3

Sabbia eterometrica da limosa a debolmente limosa, da mediamente addensata a ben addensata, con dispersi rari clasti eterometrici. Il comportamento è spiccatamente attritivo sebbene si registrino locali livelli semicoerenti o blandamente cementati. I parametri di densità e resistenza al taglio sono stati stimati mediante il valore di N_{SPT} , mentre la massa volumica è tratta dalla letteratura.

$$\gamma_{nat} = 19,80 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$$

$$D.r. = 0,50$$

$$\phi' = 33^\circ$$

$$c' = 2,00 \text{ kPa}$$

$$E_y = 80 \text{ MPa}$$

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI

L'area in studio giace ad una quota di circa 10,00 metri s.l.m. su sedimenti continentali pleistocenici in facies di conoide. Il sito non ricade in aree di pericolosità idraulica e/o da frana delimitate nell'ambito del PAI, del PSFF e del PGRA.

A scala di intervento non si individuano criticità geomorfologiche connesse a dissesti gravitativi potenziali od in atto, mentre sotto il profilo idraulico va rimarcata la scarsa capacità di infiltrazione superficiale delle coperture sedimentarie superficiali pedogenizzate.

In prima istanza, l'assetto litostratigrafico riferibile al sedime consta di 3 litotipi prevalenti, generalmente limoso-argillosi o limoso-sabbiosi, caratterizzati da un addensamento ed una resistenza al taglio crescente con la profondità. Il Litotipo 3, sabbioso e acquifero, ospita una falda freatica con quota piezometrica pari a circa 1-2 metri s.l.m.

Detto modello dovrà necessariamente essere approfondito nei successivi gradi di progettazione, mediante indagini in situ e prove di laboratorio, al fine di consentire il corretto dimensionamento delle opere di nuova realizzazione e degli interventi di risanamento di quelle esistenti.

Cagliari, 30/05/2017

Il geologo

dott. Angelo Vigo

