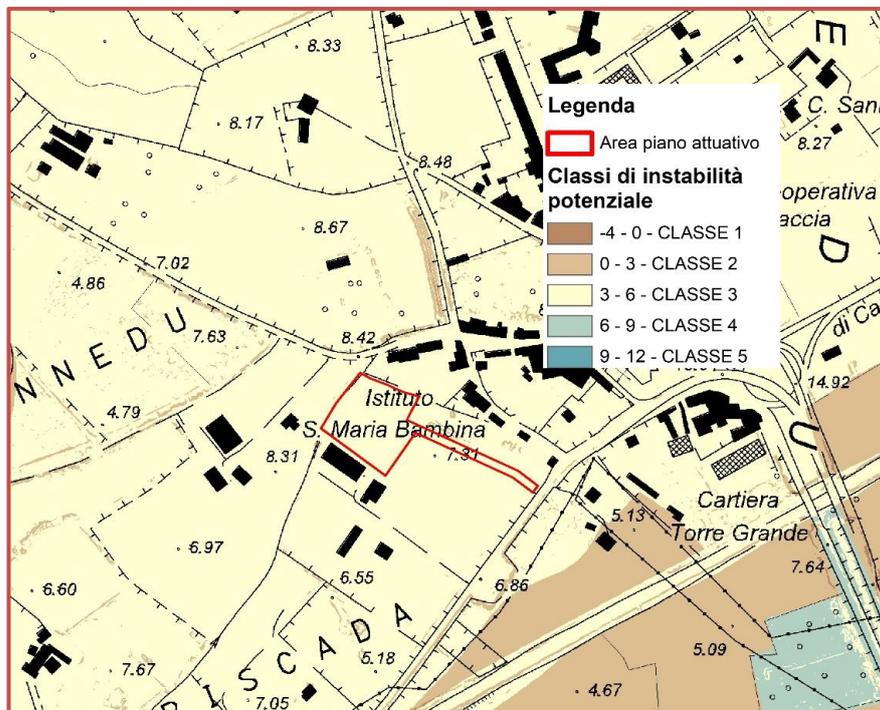


**PROVINCIA DI ORISTANO
COMUNE DI ORISTANO**



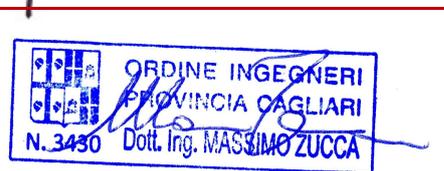
**STUDIO DI COMPATIBILITÀ
GEOLOGICA E GEOTECNICA**

**"CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA"
RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE,
STRUTTURA RESIDENZIALE PSICHIATRICA PER INTERVENTI SOCIO
RIABILITATIVI E COMUNITÀ INTEGRATA PER ANZIANI**

00	Prima emissione	10/08/2022	Dott. Geol. Nicola Pili	Ing. Massimo Zucca
Rev	Descrizione	Data	Geologo	Ingegnere
Committente ALF INVESTMENT SRL				



Via ARBAREI n°16
09026 – San Sperate (CA)
Tel. +393477160465
PEC nicola.pili@pec.it
e-mail dott.geol.nicolapili@tiscali.it



Comune di Oristano
Provincia di Oristano

"CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA"
RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE,
STRUTTURA RESIDENZIALE PSICHIATRICA PER INTERVENTI SOCIO
RIABILITATIVI E COMUNITÀ INTEGRATA PER ANZIANI

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E
GEOTECNICA

INDICE

PREMESSA	3
1. GENERALITÀ	4
1.1. <i>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</i>	4
1.2. <i>RIFERIMENTI NORMATIVI</i>	6
2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	7
2.1. <i>RICERCA BIBLIOGRAFICA</i>	7
2.2. <i>INDAGINI IN SITU</i>	7
3. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	10
3.1. <i>CARATTERI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA</i>	10
3.2. <i>CARATTERI STRATIGRAFICI LOCALI</i>	12
3.3. <i>CARATTERI IDROLOGICI</i>	13
3.4. <i>CARATTERI GEOMORFOLOGICI</i>	16
3.5. <i>CARATTERI IDROGEOLOGICI</i>	19
4. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO	20
4.1. <i>SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA</i>	20
4.2. <i>REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI</i>	20
4.3. <i>CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI</i>	20
5. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	23
5.1. <i>METODOLOGIA</i>	23



5.2.	<i>CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE</i>	29
5.2.1.	<i>CARTA DELLE PENDENZE</i>	29
5.2.2.	<i>CARTA LITOTECNICA</i>	30
5.2.3.	<i>CARTA DELL'USO DEL SUOLO</i>	30
5.2.4.	<i>CLASSI DI INSTABILITÀ POTENZIALE</i>	31
5.3.	<i>FATTORI CLIMATICI</i>	31
5.4.	<i>CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA</i>	31
	CONCLUSIONI	32

ALLEGATI

ALL. 1	PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
--------	---

TAVOLE

TAV. 1	CARTA GEOLOGICA
TAV. 2	CARTA IDROGEOLOGICA
TAV. 3	CARTA GEOMORFOLOGICA
TAV. 4	CARTA DELLE PENDENZE
TAV. 5	CARTA LITOTECNICA
TAV. 6	CARTA DELL'USO DEL SUOLO
TAV. 7	CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE
TAV. 8	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

PREMESSA

Il presente STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA si redige su incarico della società ALF INVESTMENT SRL ad opera dello scrivente dott. NICOLA PILI iscritto all'albo dei Geologi della Sardegna con il N° 761 e del dott. Ing. MASSIMO ZUCCA iscritto all'albo degli Ingegneri della provincia di Cagliari con il n° 3430, in riferimento al progetto "CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA" Residenza Sanitaria Assistenziale, Struttura Residenziale Psichiatrica per Interventi Socio Riabilitativi e Comunità Integrata per anziani i", nel comune di Oristano (OR).

L'elaborato in argomento è redatto in ottemperanza ai contenuti dell'art. 8 comma 2 del PAI della regione Sardegna, conformemente all'allegato F delle norme di attuazione del PAI "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25 delle Norme di Attuazione del PAI".

1. GENERALITÀ

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

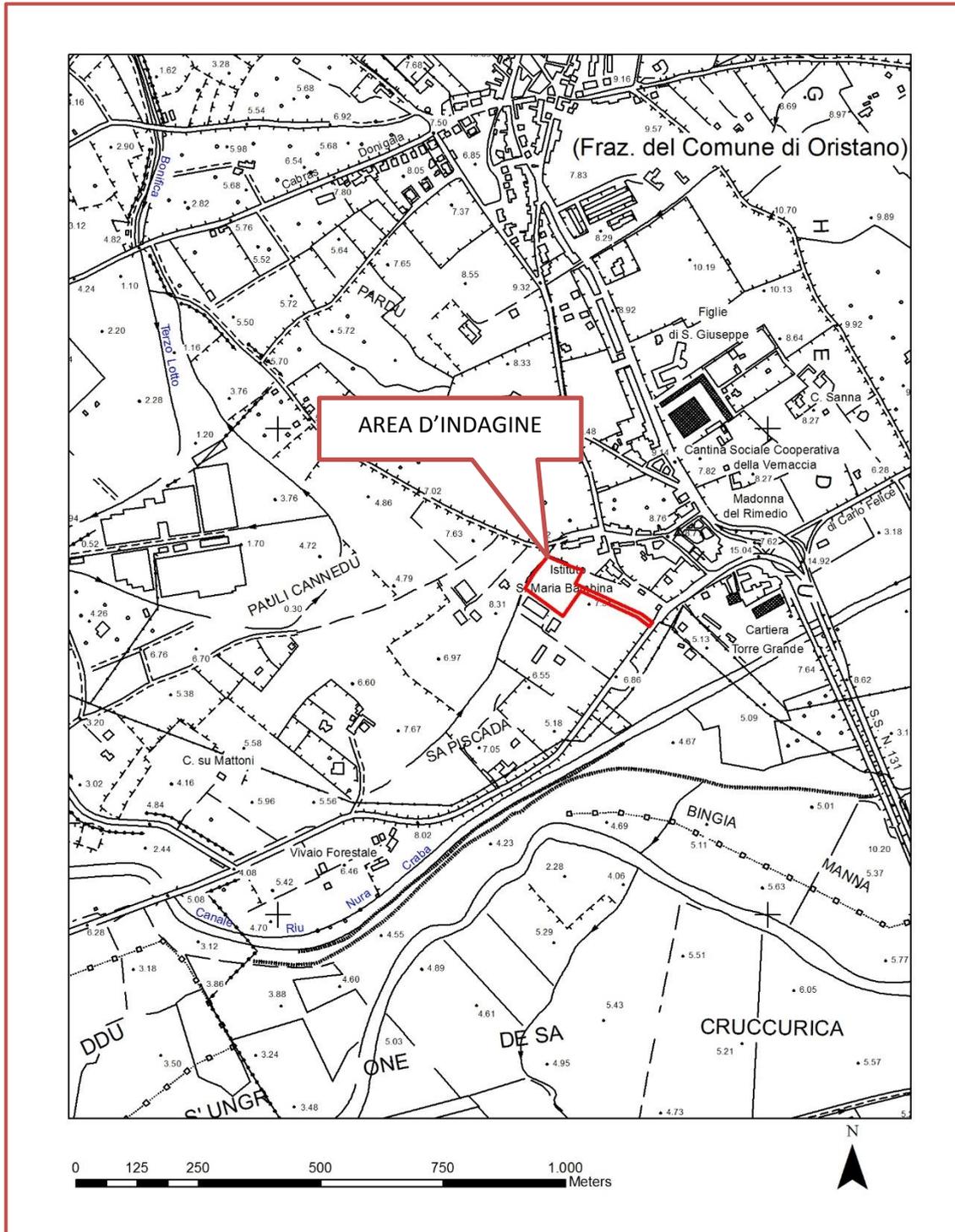


FIGURA 1- Stralcio Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 - n° 528070 "CABRAS"

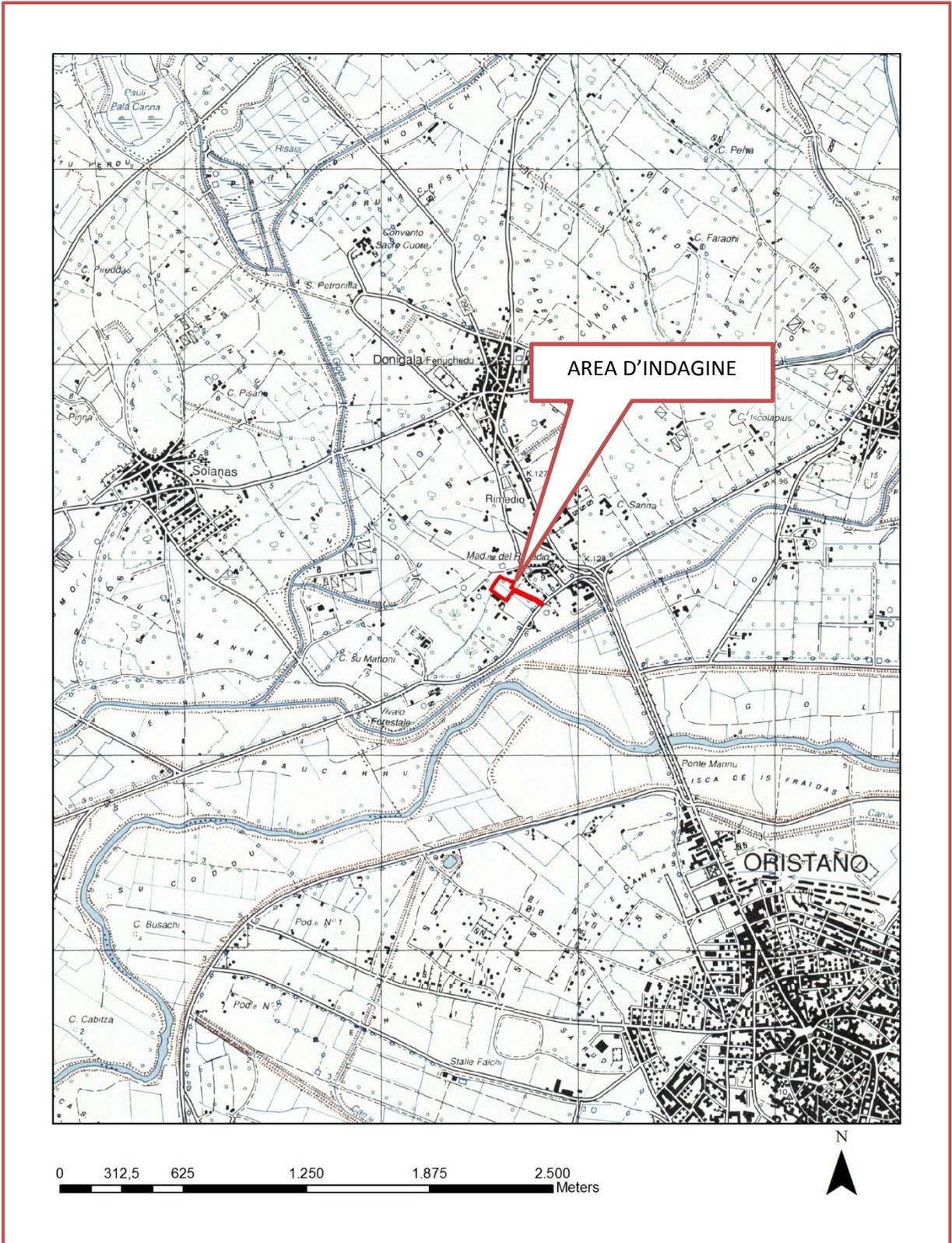


FIGURA 2- Stralcio Carta IGM scala 1:25000 foglio 528 sezione I "ORISTANO NORD"

L'areale in studio geograficamente ricade all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

Foglio IGM scala 1:50000 = 528 "ORISTANO",

Tavoletta IGM 1:25000 = FOGLIO 528 SEZIONE I "ORISTANO NORD",

Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 = n° 528070 "CABRAS".

1.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'elaborato è redatto ai sensi dell' art. 8 comma 2 del PAI *"Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrare dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale", che rimanda all' art. 25 del PAI "Studio di compatibilità geologica e geotecnica" redatto secondo come disposto dall' allegato F del PAI "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art. 25 delle Norme di Attuazione del PAI".*

2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geologica ha tenuto conto della conoscenza pregressa dei terreni presenti nell'intorno e della tipologia di opere da realizzarsi. Sono state effettuate le seguenti ricerche:

- ❖ Ricerca bibliografica;
- ❖ Indagini in situ.

2.1. RICERCA BIBLIOGRAFICA

La conoscenza geologica e la realizzazione di una carta geolitologica rappresentativa, costituiscono la base di lavoro del presente studio al fine di definire il modello geologico del sito. La carta geolitologica è stata realizzata in scala 1:2.000 portando a termine una ricerca bibliografica delle carte geologiche esistenti che interessano il territorio in esame, in particolare:

- ❖ Carta geologica Sardegna geoportale, scala 1:25000.

2.2. INDAGINI IN SITU

Sono state effettuate le seguenti indagini in situ:

- ❖ N° 1 tomografia sismica a rifrazione.



FIGURA 3- Posizionamento della strumentazione per l'esecuzione della prospezione geofisica a rifrazione

La tomografia sismica si basa sugli effetti di rifrazione del segnale sismico in corrispondenza dell'interfaccia tra un mezzo soprastante a velocità sismica minore rispetto ad uno strato sottostante al primo con velocità sismica superiore.

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (in questo caso delle onde prime **P**) generate in un punto in superficie (punto di energizzazione/sparo), in corrispondenza di una molteplicità di ricevitori (geofoni) disposti allineati sulla superficie topografica.

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà fisico - meccaniche dei terreni e il grado di addensamento e/o la compattezza dei materiali da queste attraversati.

Le profondità raggiunte sono al massimo la metà della distanza compresa tra lo shot esterno e l'ultimo geofono della stesa sismica sviluppata. È comunque generalmente considerato che la profondità esplorata non superi 1/3 dello sviluppo geometrico sopradescritto. La capacità risolutiva in termini di spessore degli strati sismici viene ad essere valutato in circa il 25% della distanza geofonica.

La tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure effettuate sul terreno e le misure "virtuali" registrate sul modello sintetico attraverso una procedura iterativa che alterna le due seguenti fasi:

- Nella fase "diretta" vengono calcolati sul modello sintetico i tempi di arrivo dell'impulso sismico (smartTomo è basato sul lavoro di Moser, T. J. "Shortest path calculation of seismic rays." Geophysics 56.1 (1991): 59-67). Il modello di velocità iniziale è suddiviso in una griglia le cui celle hanno assegnato un valore di velocità iniziale. Sui lati della cella sono presenti più nodi (il numero è scelto dall'utente) che costituiscono i nodi della rete di ipotetici raggi sismici che connettono tutte le sorgenti e tutti i ricevitori che sono anch'essi dei nodi. Ogni nodo è connesso con i nodi delle celle adiacenti.

Il percorso delle onde rifratte corrisponde al percorso lungo i raggi sismici che impiega il minor tempo a percorrere il tragitto tra la sorgente ed il ricevitore.

- Nella fase "inversa" i tempi sintetici calcolati nel passo "diretto" vengono confrontati con i tempi misurati; le differenze tra i due tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico (smartTomo impiega un algoritmo riconducibile alla famiglia delle "Simultaneous Iterative Reconstruction Technique"). Nell'applicazione di questo metodo la velocità viene sostituita dal suo inverso, la

lentezza. Quindi considerando un generico raggio sismico j tra la sorgente ed il ricevitore la lentezza media può essere espressa come:

$$S_j = \frac{t_{0j}}{l_j}$$

dove t_{0j} rappresenta il tempo misurato tra la sorgente ed il ricevitore e l_j rappresenta la lunghezza del raggio sismico j -esimo. Pertanto, conoscendo i tempi di percorso misurato t_m e t_c per il raggio j -esimo si può calcolare il residuo del tempo di percorso:

$$\Delta t_j = t_{mj} - t_{cj}$$

Il residuo dei tempi di percorso può essere proiettato su ciascuna cella k su cui può essere calcolato anche il fattore di correzione della lentezza:

$$\Delta S_k = \frac{\sum \Delta t_{ik}}{\sum \Delta l_{ik}}$$

L'indice i indica ciascun raggio sismico incidente sulla cella k -esima. Il fattore di correzione della lentezza verrà utilizzato per aggiornare il modello di velocità alla fine di ogni iterazione del ciclo di risoluzione.

Questa procedura consente di ottenere un modello, con variazioni di velocità continue e non necessariamente vincolato alla presenza di rifrattori.

3. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

Il MODELLO GEOLOGICO del terreno definisce lo schema delle condizioni litologiche, stratigrafiche, strutturali, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche generali e del sito in costruzione, finalizzato all'analisi quantitativa delle pericolosità geologiche.

3.1. CARATTERI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA

La zona indagata ricade nella porzione centrale del rift sardo, una struttura continua ma costituita da un sistema articolato e complesso di bacini originati per movimenti di distensione durante il Miocene inferiore-medio, contemporaneamente alla rotazione del Blocco Sardo-Corso (Burdigaliano) e all'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno centro settentrionale.

In questa fase si sviluppa un sistema di bacini tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara con sedimentazione prevalente marina e notevoli spessori di vulcaniti calcalcaline.

Il rift sardo ha subito un'evoluzione differente tra la parte settentrionale dell'isola e la parte meridionale: la depressione nella parte settentrionale coincidente al Logudoro si presenta come un grande bacino immergente verso W, che ospita spessori di sequenze ignimbriche notevoli. La parte meridionale è influenzata invece dalla sovrapposizione di un'altra importante struttura derivante da una successiva fase di tettonica distensiva del Pliocene, che dall'Oristanese al Golfo di Cagliari porta alla formazione di una fossa conosciuta come "Campidanese". Gli allineamenti strutturali di questa fossa insistono sulle precedenti strutture mioceniche del rift, avendo un trend da SSE-NNW a SSW a NNE. La disponibilità di un nuovo bacino e sub-bacini favorì una breve e localizzata ingressione marina nel Pliocene inferiore e da manifestazioni vulcaniche plio-pleistoceniche prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeiitica. Dal Pliocene medio al Quaternario, durante la fase di continentalità della fossa campidanese, si è manifestata un'intensa subsidenza che innescò l'erosione dei rilievi circostanti portando alla deposizione della Formazione di Samassi.

Nel Quaternario quindi continua la fase di riempimento dipendente dalle ciclicità delle fluttuazioni eustatiche del livello del mare: si originano importanti esondazioni nei periodi di massimo eustatico, seguite da profonde incisioni e terrazzamenti alluvionali nella fase di regressione marina nel periodo glaciale. Il susseguirsi di questi eventi permette la distinzione di più ordini di terrazzamenti, dai più antichi pleistocenici a quelli odierni olocenici di più alto ordine.

Dal punto di vista tettonico-strutturale la "Fossa Campidanese" è costituita da un sistema di graben, half graben, che nella parte settentrionale di Oristano immerge verso E, mentre nella parte meridionale di Cagliari immerge verso W. La parte centrale prossima alla Soglia di Sardara

rappresenterebbe una zona di torsione in cui si osserva il cambiamento di direzione di immersione dei bacini.

Le conoscenze stratigrafiche sul graben campidanese provengono soprattutto dai sondaggi profondi eseguiti tra il 1961 - 1964 per conto della SAIS e AGIP, che ha portato alla realizzazione in prossimità di Oristano di due pozzi di profondità tra i 1700 - 1800 metri.

Il pozzo ORISTANO 1 perforato presso lo Stagno di Sassu a sud di Santa Giusta individua nei primi 300 m una sequenza sedimentaria pleistocenica-pleiocenica superiore, di cui i primi 33 metri riferibili al Tirreniano. La sequenza stratigrafica quaternaria è caratterizzata da sedimenti sabbiosi, argillosi e limosi in facies salmastra, palustre e alluvionale. Dai 304 a 310 m circa viene individuato un orizzonte vulcanico di basalti grigi scuri compatti in colate.

Il pozzo ORISTANO 2 è stato perforato presso Riola, a nord di Oristano: individua i primi 20 metri di sabbie dunari e da spiaggia appartenenti al Wurm-Tirreniano e da uno spessore di 200 m circa di argille e limi sabbiosi di facies palustre e alluvionale pleistocenica. A circa 218 m di profondità si rinviene un orizzonte basaltico di circa 25 metri.

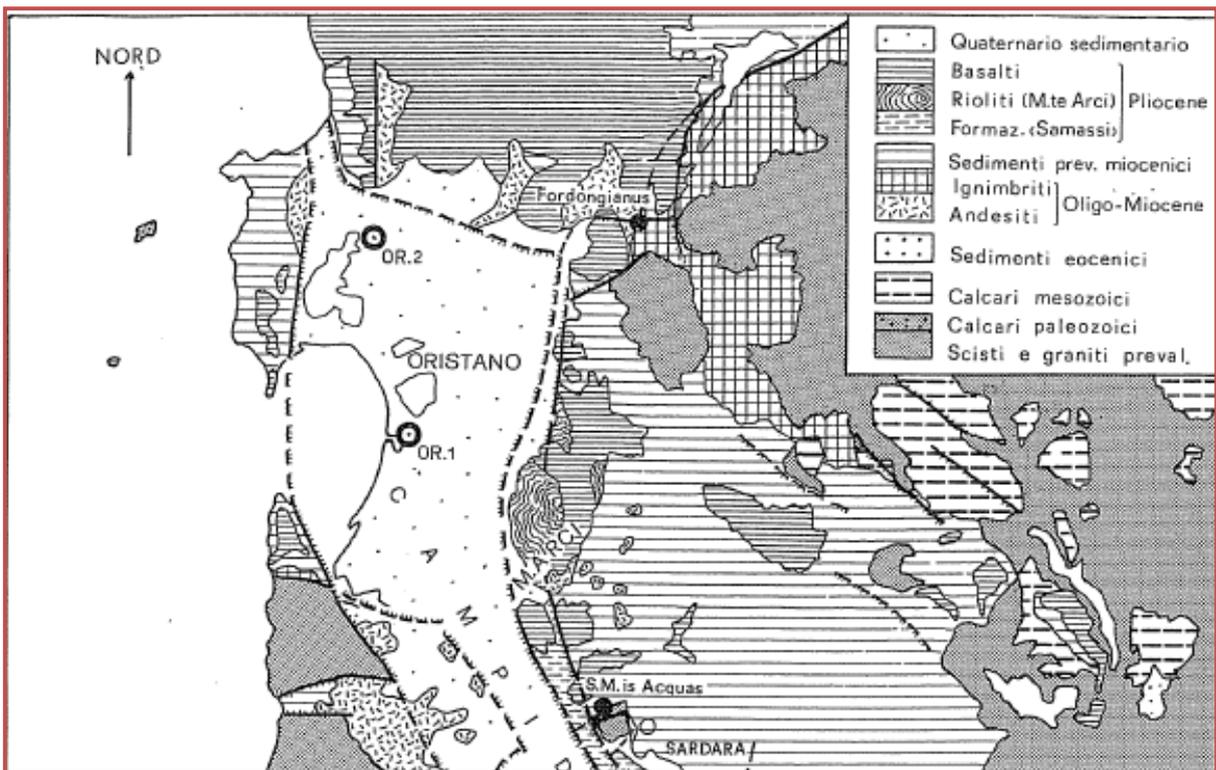


FIGURA 4 - da Ricerche Geotermiche in Sardegna - 1982, porzione della carta geolitologica con ubicazione dei pozzi Oristano 1 e Oristano 2

I depositi quaternari presenti nel settore in studio sono costituiti da sequenze alluvionali:

- ❖ Depositi palustri costituiti da limi e argille limose, talvolta ciottolose e fanghi torbosi con frammenti di molluschi [OLOCENE].
- ❖ Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi e argille [OLOCENE];
- ❖ Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie [PLEISTOCENE SUPERIORE].

3.2. CARATTERI STRATIGRAFICI LOCALI

La campagna d'indagine, ha messo alla luce una successione stratigrafica che si discosta da quanto descritto dalla cartografia ufficiale; nella fattispecie pare che i depositi alluvionali terrazzati costituiti perlopiù da ghiaie e sabbie [LIVELLO B], affioranti nella cartografia ufficiale, siano attestati a -20,00 m da p.c. e ricoperti da sedimenti olocenici a tessitura argilloso-sabbiosa [LIVELLO A].

Tale configurazione stratigrafica è emersa sia dalla restituzione tomografica dell'indagine sismica a rifrazione, sia dalla presa visione di stratigrafie e altre indagini compiute in aree attigue.

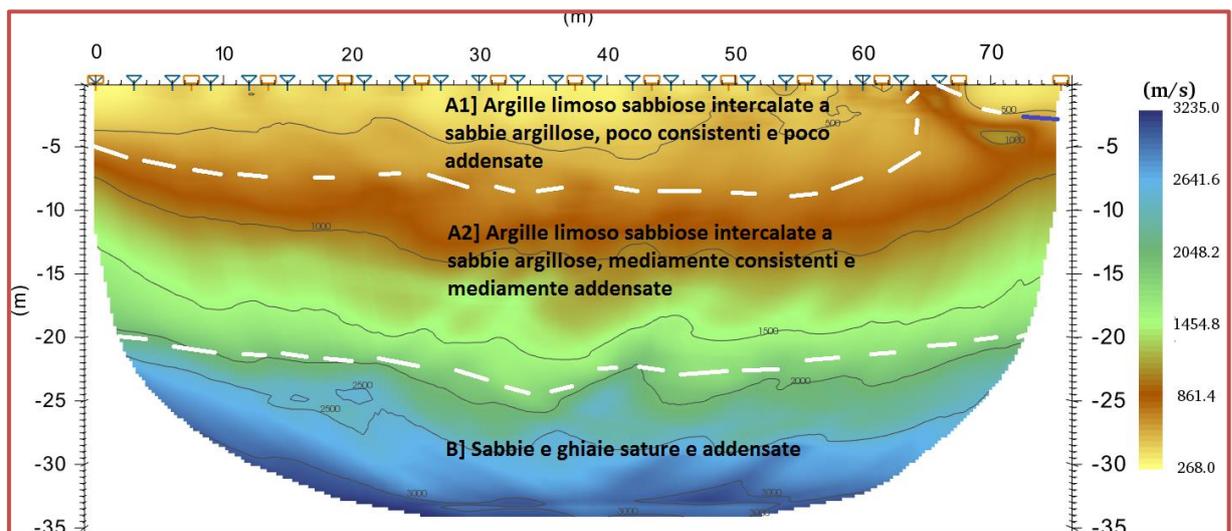


FIGURA 5- Sezione sismostratigrafica e interpretazione geologica

Va da se che per un corretto dimensionamento geotecnico delle strutture, sarà opportuno realizzare una serie di indagini geognostiche dirette tali da meglio definire il modello geologico e geotecnico sito-specifico.

- ❖ **LIVELLO A1 – Depositi alluvionali costituiti da argille e sabbie poco consistenti e poco addensate [OLOCENE]**
[DA 0,00 m variabile 8,00 m A 14,00 m]

Depositi alluvionali costituiti da sabbia con argilla e argilla con sabbia di colore da nocciola a ocre con screziature da arancio a porpora, moderatamente addensati/consistenti, saturi oltre i 3,00 m di profondità.



FIGURA 6 – Livello A1, deposito alluvionale in facies argilloso-sabbiosa

- ❖ **LIVELLO A2 – Depositi alluvionali costituiti da argille e sabbie mediamente consistenti e mediamente addensate [OLOCENE]**

[DA 8,00 m variabile 14,00 m A 20,00 m]

Come sopra ma con maggior grado di consistenza e addensamento.

- ❖ **LIVELLO B – Depositi alluvionali terrazzati costituiti ghiaie e sabbie [PLEISTOCENE SUPERIORE].**

[DA 20,00 m A >30,00 m]

Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sintema di Portovesme) costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie, addensate e sature.

3.3. CARATTERI IDROLOGICI

L'idrologia costituisce il carattere dominante dell'area in studio, ubicata nella piana costiera del campidano di Oristano, all'interno del bacino idrografico del Tirso, sub bacino del Riu Saouru.

Il Riu Saouru è un torrente con sviluppo longitudinale est-ovest per una lunghezza di 16 km. Nasce poco più a nord di Zerfaliu con un reticolo di drenaggio dendritico orientato nord-sud: in quest'area prende il nome di Rio Caddus.

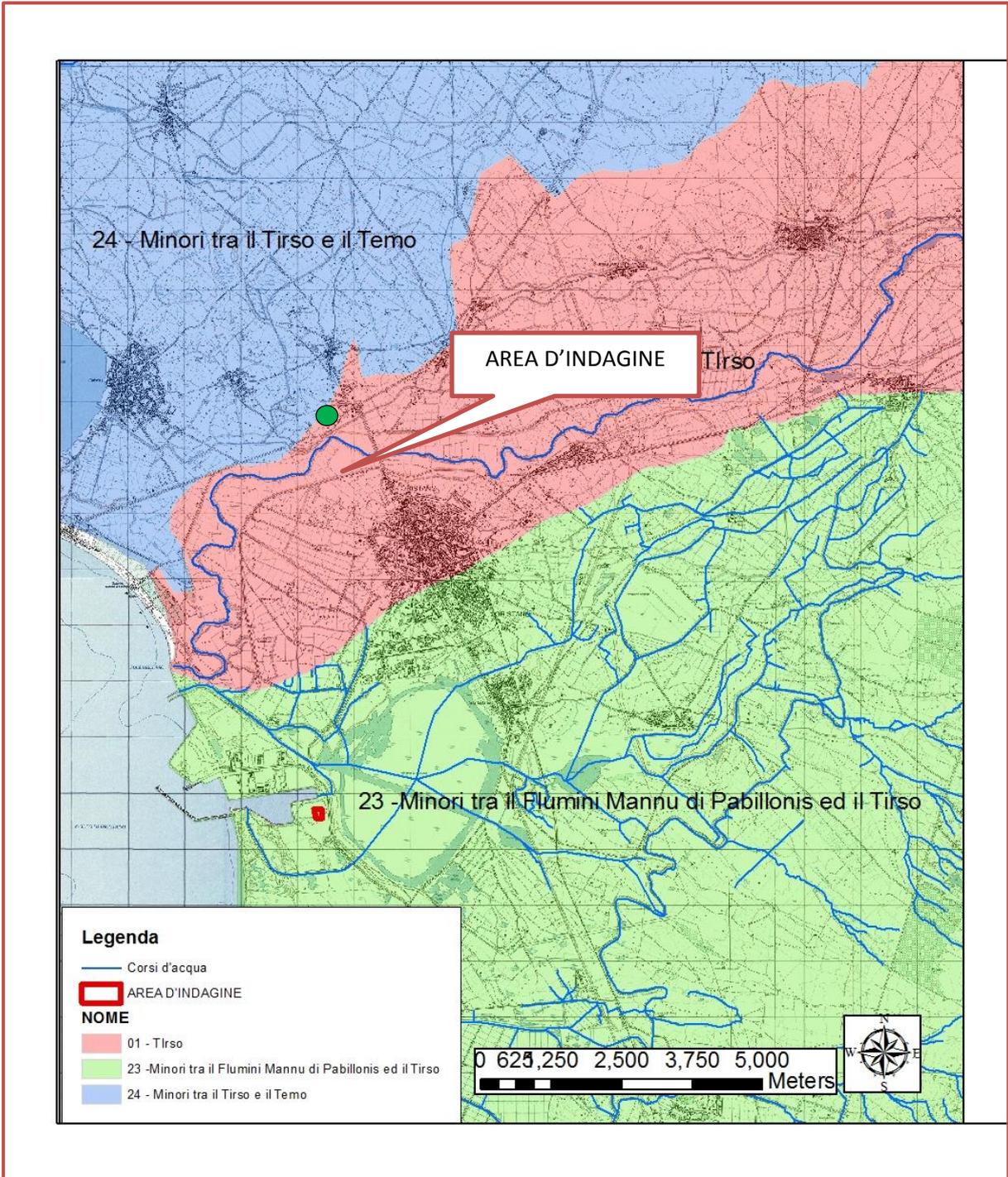


FIGURA 7 – Carta dei bacini idrografici estratta da PTA della Sardegna anno 2006

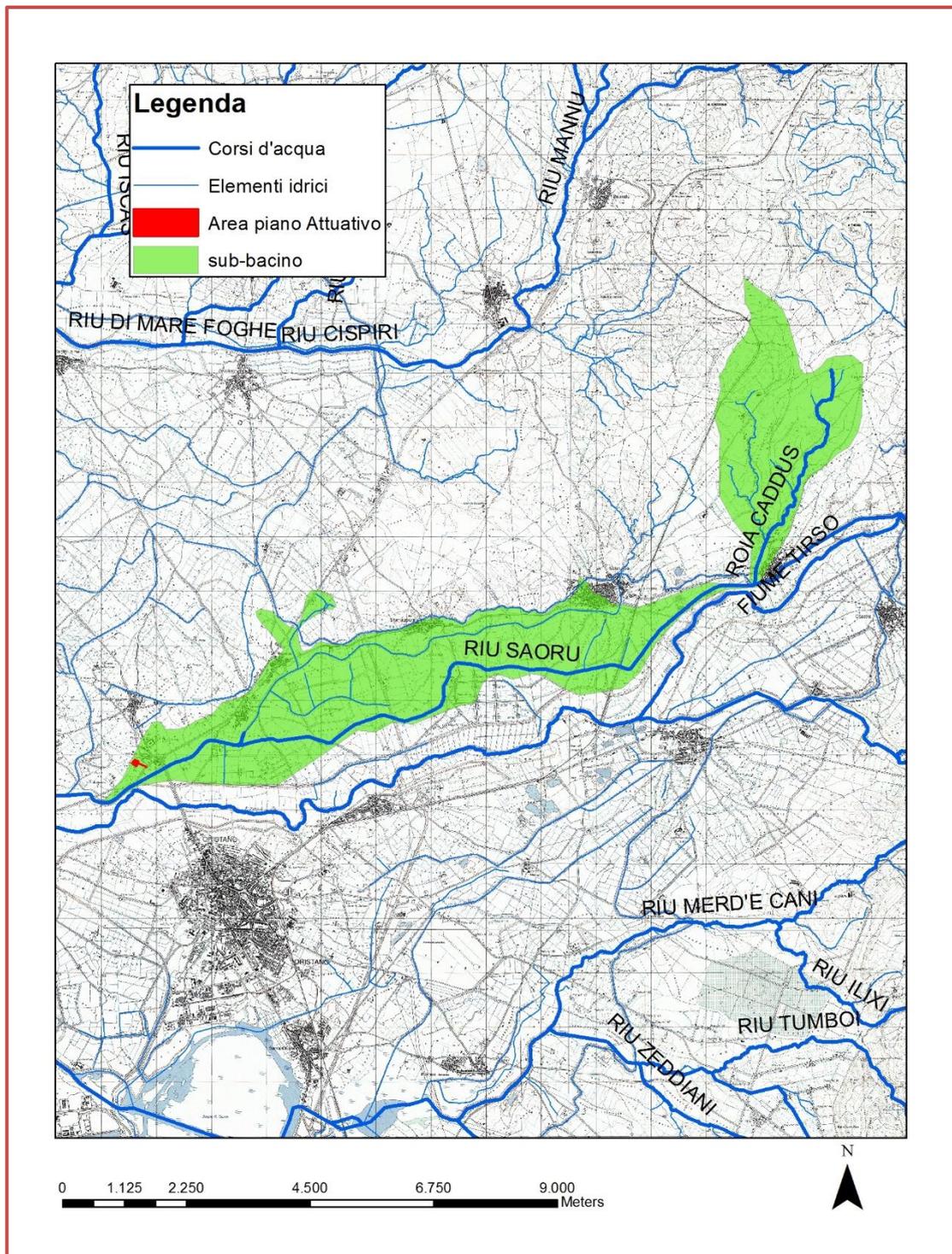


FIGURA 8 – Bacino idrografico Rio Saoru

Il corso d'acqua ha un ordine gerarchico di Strahler pari a 5 a cui è associata una fascia di prima salvaguardia di 100 m (art. 30 ter. Delle norme di attuazione del PAI); l'area di progetto è ubicata a 150 m di distanza dall'alveo del Rio Saoru (localmente Rio Nura Craba), esternamente alla fascia di prima salvaguardia.

3.4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il settore in studio, da un punto di vista geomorfologico, è ubicato nella piana costiera del Campidano di Oristano, alla foce. La superficie si presenta sub-pianeggiante e costituita da terrazzi alluvionali del pleistocene a matrice prevalentemente ghiaiosa, depositi alluvionali olocenici poco o debolmente cementati a tessitura da sabbiosa a limo-argillosa e depositi palustri di facies a bassa energia.

Il contesto geomorfologico è tipicamente di ambiente fluvio-deltizio con deposizione di sedimenti secondo facies di diversa energia.

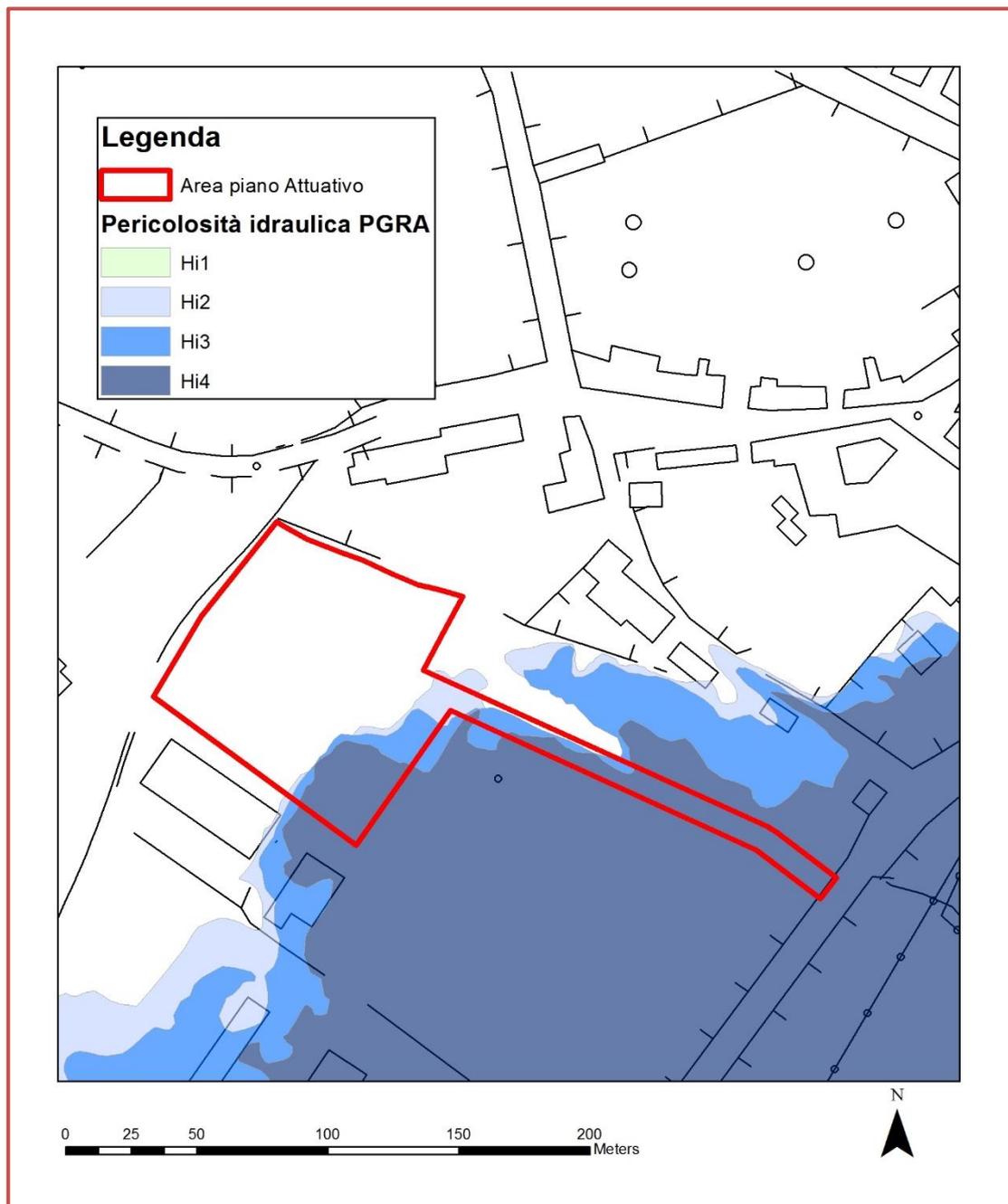


FIGURA 9- Carta della pericolosità idraulica estratta dal PGRA revisione del 2020

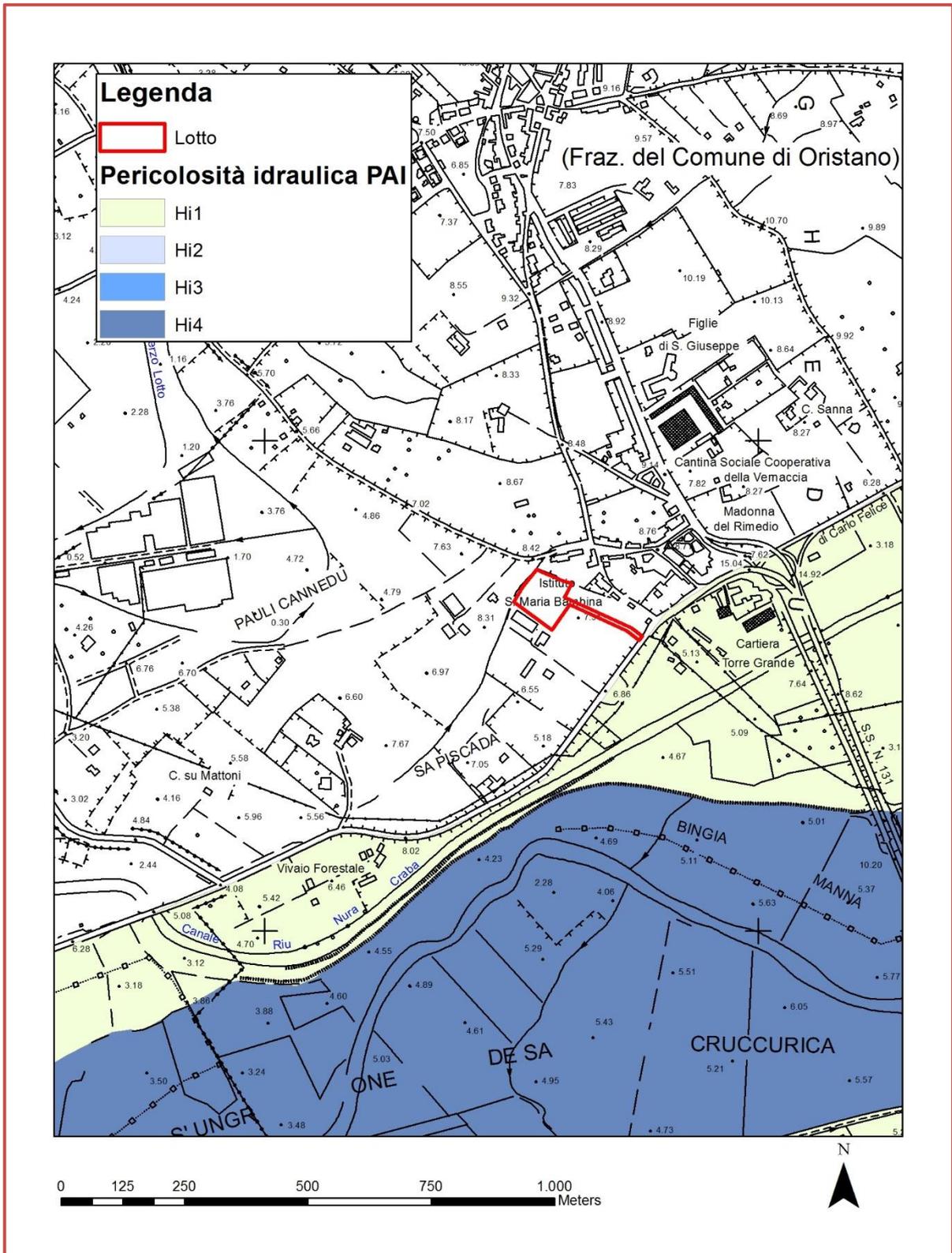


FIGURA 10- Carta della pericolosità idraulica estratta dal PAI

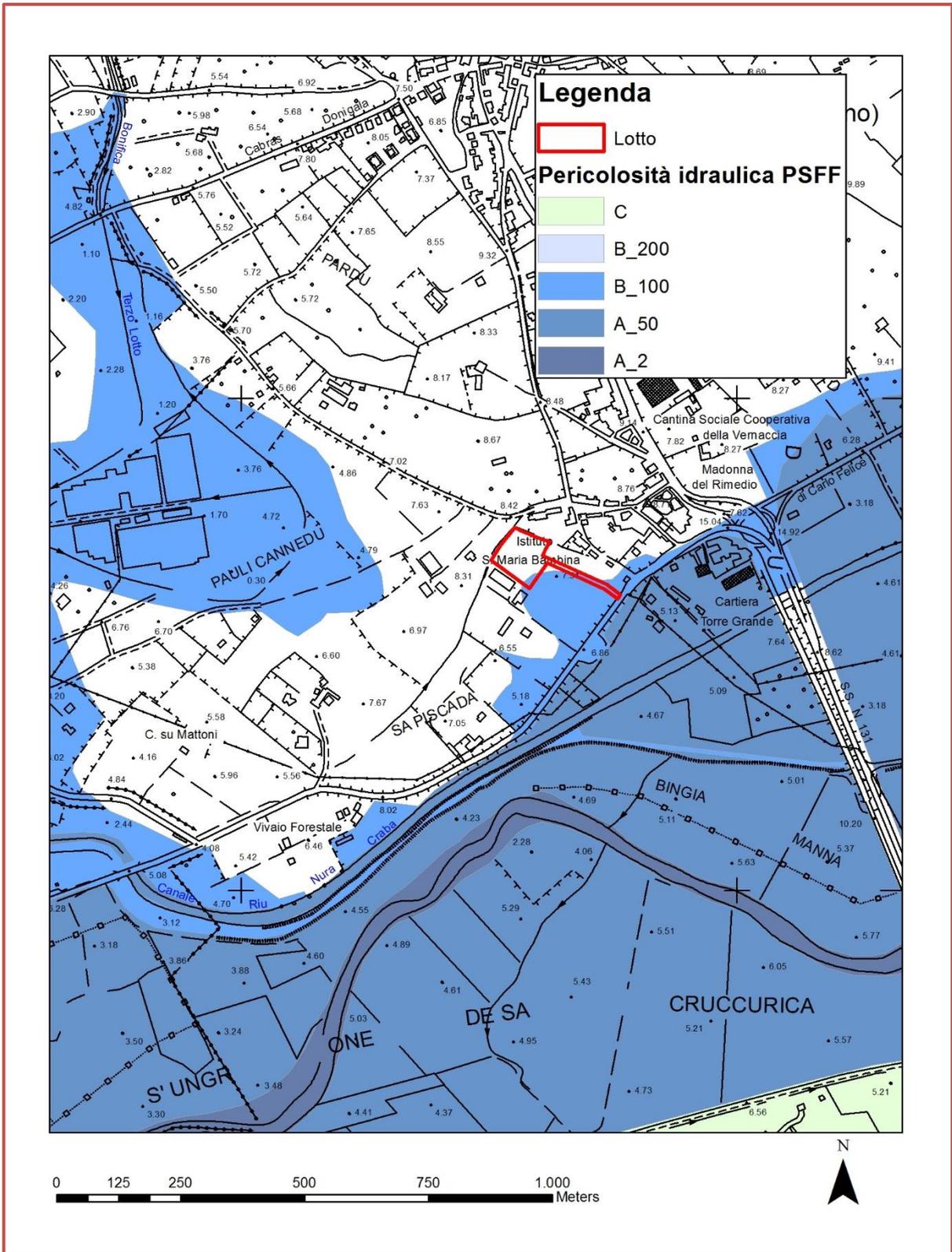


FIGURA 11- Carta della pericolosità idraulica estratta dal PSFF

Il lotto ricade parzialmente all'interno dell'area a pericolosità idraulica Hi2, Hi3 e Hi4 del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, revisione del 2020, riferite rispettivamente a un evento di piena con tempo di ritorno di 200, 100 e 50 anni.

Ricade altresì parzialmente nella fascia di pericolosità B100 del PSFF, mentre è esterno alle perimetrazioni del PAI.

3.5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'area appartiene all'unità dell'**Acquifero alluvionale plio-Quaternario del Campidano**.

La struttura idrogeologica è costituita da un materasso alluvionale di ricoprimento, potente sino a circa 40 metri (stratigrafie POZZO CAMPIDANO 1 E POZZO CAMPIDANO 2), ma che in alcune zone può raggiungere i 200 m, poggianti sulle formazioni marine mioceniche o sulle coltri detritiche plioceniche.

L'acquifero è costituito da depositi terrigeni alluvionali, di diversa tessitura e di diverso grado di cementazione, che generano delle variazioni di trasmissività e conferiscono dei caratteri di tipo multistrato.

Sono da considerare a permeabilità medio-alta i **depositi alluvionali a tessitura ghiaiosa-sabbiosa**, con valori di k compresi tra $10^{-06} \div 10^{-05}$ m/s pur con alcune sensibili differenziazioni in funzione delle caratteristiche della matrice sabbioso-limosa e del grado di cementazione, che determinano una maggiore difficoltà alla circolazione idrica.

Sono da considerare impermeabili (*acquiclide*) o scarsamente permeabili (*acquitardi*) gli orizzonti a tessitura limoso argillosa.

Dalla carta delle piezometrie si osserva una direzione di filtrazione orientata verso sud-ovest e la soggiacenza risulta attestata intorno a -6,00 m da p.c..

Tuttavia dalle indagini geofisiche appare evidente che il terreno risulti saturo a partire da -20,00 m da p.c.. E' verosimile pertanto ritenere che l'acquifero sia confinato al tetto da uno strato argilloso impermeabile.

4. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

Il MODELLO GEOTECNICO del terreno redatto ai sensi delle NTC 2018 e conseguito dall'indagine geognostica, definisce lo schema delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali, della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo ed è finalizzato all'analisi quantitativa delle problematiche geotecniche connesse alla realizzazione di una lottizzazione, ovvero, problematiche connesse alle opere di scavo, realizzazione di opere murarie, fabbricati, strade, definizione dei cedimenti e della portanza dei terreni di sedime.

4.1. *SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA*

Si rimanda al modello geologico per la consultazione della successione litostratigrafica rinvenuta in situ.

4.2. *REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI*

Sulla base dell'indagine geognostica compiuta nel mese di LUGLIO 2022, è stato possibile determinare il livello piezometrico si trova a -6,00 m da p.c., seppure pare che localmente la falda risulti essere in pressione e confinata al tetto a -20,00 m di profondità.

In via cautelativa, nei calcoli per la determinazione della resistenza al taglio dei terreni, si ragionerà in termini di pressioni neutre a partire da -6,00 m da p.c., considerando il peso in volume immerso [ysub] dei terreni, alleggerito dalla spinta di Archimede.

4.3. *CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI*

Sulla base della successione litostratigrafica descritta nel cap. 3.1. al fine di definire un modello geotecnico concettuale, sono stati individuati i seguenti strati con caratteristiche fisico meccaniche omogenee:

❖ **LIVELLO A – Depositi alluvionali in facies sabbiosa**

Deposito costituito prevalentemente sabbie eterodimensionali, di colore nocciola passanti a ocre, da moderatamente addensate ad addensate.

La resistenza ad infissione penetrometrica ha un valore **Nspt=13-22 colpi/30 cm.**

A questo livello sono stati assegnati, per mezzo di correlazioni empiriche fornite dalla letteratura, i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRI	SIMBOLO	DATO	METODO DI DETERMINAZIONE
Resistenza a infissione penetrometrica	Nspt	13-22 colpi/30 cm	Da letteratura
Peso di volume	γ	14,70-16,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Peso del campione immerso	γ_{sub}	4,70-6,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Coesione	C	0,02÷0,34 daN/cm ²	correlazione con spt [Road Bridge Specification] e da prova di taglio
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	30°-42°	correlazione con spt [Japanese National Railway, Sowers, Meyerhof] e da prova di taglio
Modulo di Young	E ₅₀	60÷150 daN/cm ²	correlazione con spt [Schmertmann, Webb]
Modulo Edometrico	Ed	70 ÷ 175 daN/cm ²	correlazione con spt [Schultze e Menzebach]

TABELLA 1 - Parametri geomeccanici dei depositi sabbiosi [LIVELLO B1]

❖ LIVELLO A – Depositi alluvionali in facies limoso-argillosa

Limo argilloso di colore grigio verdastro con screziature ocre e arancio, saturo, intercalato a livelletti di limo-sabbiosi, moderatamente consistente.

La resistenza ad infissione penetrometrica compiuta su terreni analoghi in aree attigue, ha un valore **Nspt=8-18 colpi/30 cm.**

A questo livello sono stati assegnati, per mezzo di correlazioni empiriche fornite dalla letteratura, i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRI	SIMBOLO	DATO	METODO DI DETERMINAZIONE
Resistenza a infissione penetrometrica	Nspt	8-18 colpi/30 cm	Da letteratura
Peso di volume	γ	19,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Peso del campione immerso	γ_{sub}	9,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Coesione non drenata	Cu	0,43÷1,00 daN/cm ²	correlazione con
Modulo di Young	E ₅₀	30÷110 daN/cm ²	correlazione con spt [Schmertmann, Webb]
Modulo Edometrico	Ed	50 ÷ 130 daN/cm ²	correlazione con spt [Schultze e Menzebach]

TABELLA 2 - Parametri geomeccanici dei depositi ghiaioso sabbiosi [LIVELLO A]

❖ LIVELLO B – Depositi alluvionali terrazzati in facies ghiaioso sabbiosa

Si tratta dei depositi appartenenti al sub-sintema di Portoscuso, caratterizzati da ghiaie e sabbie addensate.

La resistenza ad infissione penetrometrica compiuta su terreni analoghi in aree attigue, ha un valore **Nspt>50 colpi/30 cm**

A questo livello sono stati assegnati, per mezzo di correlazioni empiriche fornite dalla letteratura, i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRI	SIMBOLO	DATO	METODO DI DETERMINAZIONE
Resistenza a infissione penetrometrica	N _{spt}	50 colpi/30 cm	Da letteratura
Peso di volume	γ	19,50 kN/m ³	da indagini geofisiche
Peso del campione immerso	γ_{sub}	9,50 kN/m ³	da indagini geofisiche
Coesione	C	0,01÷0,05 daN/cm ²	correlazione con spt [Road Bridge Specification] e da prova di taglio
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	37°-45°	correlazione con spt [Japanese National Railway, Sowers, Meyerhof] e da prova di taglio
Modulo di Young	E ₅₀	300÷500 daN/cm ²	correlazione con spt [Schmertmann, Webb]
Modulo Edometrico	Ed	90 ÷ 200 daN/cm ²	correlazione con spt [Schultze e Menzebach]

TABELLA 3 - Parametri geomeccanici dei depositi ghiaioso sabbiosi [LIVELLO A]

5. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

5.1. *METODOLOGIA*

Conformemente alle Linee Guida del PAI, la metodologia proposta per la realizzazione della Carta della pericolosità da frana, consiste nella predisposizione di alcune carte tematiche che rappresentano, rispettivamente i **fenomeni geomorfologici esistenti sul territorio** e i **singoli fattori predisponenti alla franosità** e nella verifica attraverso l'incrocio e la sovrapposizione (overlay) di queste carte, secondo il diagramma di flusso schematizzato in Figura 21.

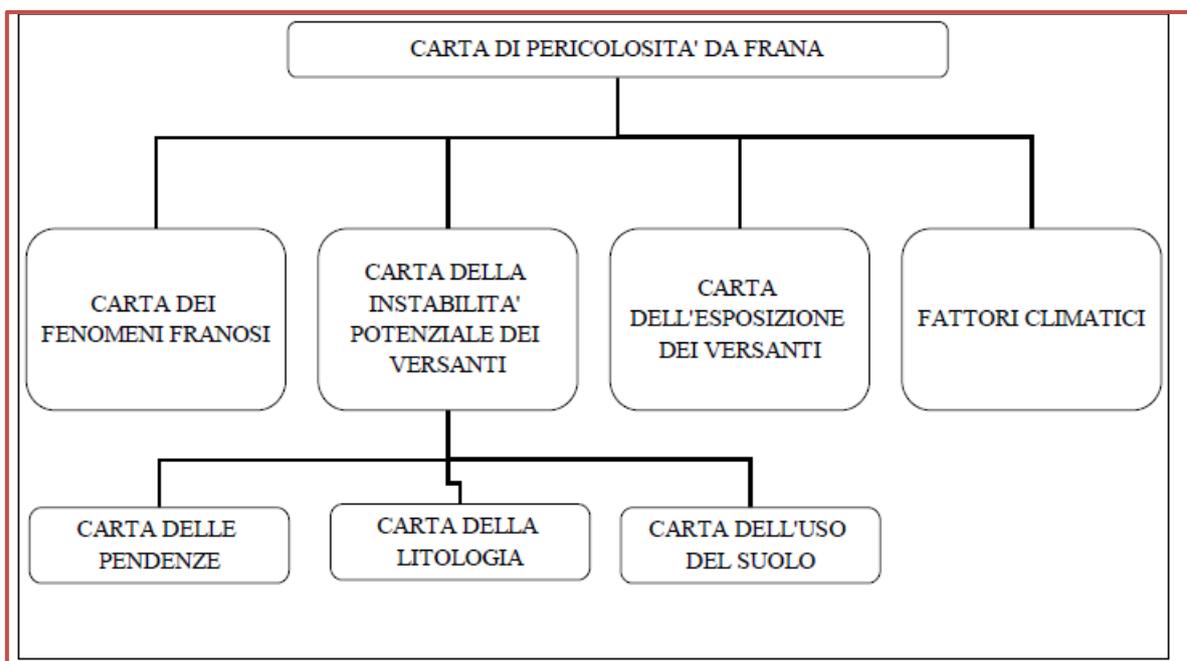


FIGURA 12 – Schema metodologico per la redazione della carta di Pericolosità da Frana, estratto da linee guida del PAI

❖ *CARTA DEI FENOMENI FRANOSI*

Nel corso dell'indagine si è appurato che nell' areale di studio non si ha evidenza di eventi franosi pregressi ne attivi, ne quiescenti, ne fossili. Pertanto non è stata prodotta alcuna carta in tal senso, ma è stata elaborata una carta geomorfologica contenente le indicazioni delle dinamiche e dei processi in atto nel territorio in esame.

❖ *CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE*

Acclività, geolitologia e uso del suolo, rappresentanti i fattori di suscettività franosa, concorrono alla definizione ed elaborazione della **Carta dell'Instabilità potenziale**, attraverso una procedura di overlay mapping.

Due di questi parametri, Litologia e Pendenza, sono passivi, quindi non suscettibili di sensibili variazioni in tempi brevi; l'uso del suolo è un parametro attivo, quindi suscettibile di sensibili variazioni in tempi brevi.

Il risultato è stato poi ulteriormente interpretato sulla base dei dati acquisiti nell'analisi geomorfologica (non sono presenti processi gravitativi attivi).

Carta delle pendenze

La pendenza dei versanti è un fattore molto importante in quanto maggiore è l'inclinazione di un pendio, maggiore è la tendenza al dissesto per effetto della gravità, dell'azione degli agenti atmosferici, senza la protezione della vegetazione che non riesce a insediarsi. **A titolo di esempio** si può ritenere che le classi di pendenza presenti siano cinque; si attribuiscono i seguenti pesi, compresi tra -2 e +2.

<i>Classi di pendenza</i>	<i>Peso</i>
0- 10%	+2
11-20%	+1
21-35%	0
36-50%	-1
>50%	-2

TABELLA 4 – Pesi delle classi di pendenza dei versanti, estratto da linee guida del PAI

Carta litotecnica

Per litologia, non si intendono unicamente le caratteristiche della natura dei terreni (sedimentari, vulcanici, metamorfici) ma anche le caratteristiche fisico-meccaniche ad essi relative (compattezza, grado di cementazione, stratificazione, scistosità).

Per l'attribuzione dei pesi si è fatto riferimento alla conoscenza diretta delle caratteristiche dei litotipi affioranti nel territorio di studio derivate dal rilevamento litotecnico eseguito con il fine di caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico le varie litologie presenti nell'area in studio. La carta litotecnica prodotta si basa sulla valutazione dei seguenti parametri:

- ✓ Grado di cementazione
- ✓ Spessore del deposito
- ✓ Compattezza
- ✓ Permeabilità

✓ Grado di cementazione

Il grado di cementazione è stato valutato in campagna in maniera speditiva tramite le indicazioni contenute nelle seguenti tabelle:

Classe 1: Elevato
Classe 2: Moderato
Classe 3: Debole
Classe 4: Nullo

TABELLA 5 – Classi del grado di cementazione del terreno

Grado di Cementazione	Descrizione del terreno
Elevato	Il campione non si frantuma con le dita
Moderato	Il campione si frantuma solo se viene impressa una forte pressione con le dita
Debole	Il campione si frantuma sotto leggera pressione delle dita
Nullo	Il campione è completamente inconsistente

TABELLA 6 – Descrizione del terreno per la definizione del grado di cementazione

✓ Profondità del deposito

La profondità del deposito è la misura di quanto potente può essere il corpo di frana ed è definita come segue:

Classe 1: $Z < 1m$
Classe 2: $1m < Z < 3m$
Classe 3: $3m < Z < 5m$
Classe 4: $Z > 5m$

TABELLA 7 – Classi della profondità del deposito

✓ Compattezza

La compattezza in un deposito è la misura del suo stato di addensamento/consistenza; maggiore è la compattezza migliori sono le sue caratteristiche geotecniche. La compattezza è stata valutata in campagna in maniera speditiva tramite le indicazioni contenute nelle seguenti tabelle:

Classe 1: Molto compatta	
Classe 2: Compatta	
Classe 3: Mediamente sciolta	
Classe 4: Sciolta	

Grado di Cementazione	Descrizione del terreno
Molto compatta	Facilmente intaccato dall'unghia
Compatta	Facilmente intaccato da un dito ma non penetrato
Mediamente sciolta	Penetrato con moderata difficoltà
Sciolta	Facilmente penetrato da un dito

TABELLA 8 e 9 – Classi del grado di compattazione e Descrizione del terreno per la definizione del grado di compattazione

✓ **Permeabilità.**

Sono state distinte 4 classi di permeabilità

Classe 1: Fortemente permeabili
Classe 2: Mediamente permeabili
Classe 3: Poco permeabili
Classe 4: Non Permeabili

TABELLA 10 – Classi di permeabilità

Carta dell'Uso del suolo

L'attribuzione dei pesi è stata compiuta sulla carta Corine land cover 2008 della regione Sardegna, facendo riferimento a quanto indicato nella tabella 11.

<i>Sigla</i>	<i>Classi di uso del suolo</i>	<i>Impedenza</i>	<i>Peso</i>
111	Tessuto urbano continuo	mediocre	0
112	Tessuto urbano discontinuo	mediocre	0
121	Aree industriali e commerciali	mediocre	0
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
124	Aeroporti	mediocre	0
131	Aree estrattive	nulla	-2
133	Aree in costruzione	minima	-1
211	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
231	Prati stabili	mediocre	0
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	nulla	-2
311	Boschi di latifoglie	massima	+2
312	Boschi di conifere	massima	+2
313	Boschi misti	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria d'alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglieti	buona	+1
324	Aree vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	buona	+1
331	Spiagge, dune, sabbie	nulla	-2
332	Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti	nulla	-2
333	Aree con vegetazione rada	minima	-1
411	Paludi	nulla	-2
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	nulla	-2
512	Bacini d'acqua	nulla	-2

TABELLA 11– Classi di Uso del Suolo secondo il Corine – Land cover, estratto dalle linee guida del PAI

Classi di instabilità potenziale

Sulla base della considerazione dei fattori descritti nelle pagine precedenti e delle esperienze metodologiche, si definiscono le classi di instabilità potenziale dei versanti a cui corrispondono intervalli di valori (pesi) derivati dalle operazioni di sovrapposizione previste.

Si propongono 5 classi di instabilità potenziale [Tabella 13], con valore decrescente di gravità; la classe di maggiore instabilità è quella corrispondente a valori più bassi dei pesi (ridotte quindi sono le qualità dei fattori considerati) mentre un pendio stabile è rappresentato dai valori più alti (i fattori che contribuiscono hanno buone caratteristiche di tenuta).

Classe di instabilità	Descrizione	Pesi	
		da	a
1	<i>Situazione potenzialmente stabile</i>	10	12
2	<i>Instabilità potenziale limitata</i>	7	9
3	<i>Instabilità potenziale media</i>	4	6
4	<i>Instabilità potenziale forte</i>	1	3
5	<i>Instabilità potenziale massima</i>	-3	0

TABELLA 12– Classi d’instabilità, estratto dalle linee guida del PAI

❖ CARTA DELL’ESPOSIZIONE DEI VERSANTI

Non essendo presenti in sito dei versanti, non è stata prodotta alcuna carta in tal senso.

❖ FATTORI CLIMATICI

Le variazioni climatiche, gli effetti della temperatura combinata alle precipitazioni, provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzione di detriti sciolti e instabili. Dati bibliografici, indicano la piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto, secondo la seguente Tabella 14.

<i>mm/a</i>	<i>zona</i>
<i>> 1600</i>	<i>sicuramente franosa</i>
<i>1600 - 1300</i>	<i>probabilmente franosa</i>
<i>1300 - 1000</i>	<i>mediamente franosa</i>
<i>1000 - 700</i>	<i>raramente franosa</i>
<i>< 700</i>	<i>non franosa</i>

TABELLA 13– Influenza delle precipitazioni sulla propensione al dissesto, estratto dalle linee guida del PAI

Le serie pluviometriche dal 1986 al 2018 riferite al comune di Oristano (comune adiacente all’area di progetto) identificano una pluviometria media annua pari a **472 mm, che identificano una zona non franosa.**

❖ CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

La Carta di sintesi della pericolosità deriva dalla verifica dei risultati dell’analisi geomorfologica di terreno (fenomeni effettivamente presenti sul territorio - vedi “**carta geomorfologica**”) e dell’analisi delle condizioni di potenziale instabilità (vedi “**Carta dell’instabilità potenziale dei versanti**”).

La “Carta di sintesi di pericolosità da frana”, rappresenta la condizione di pericolosità del territorio indicata attraverso il parametro Hg, secondo quattro livelli indicati nella Tabella 15, a ciascuno dei quali si è attribuito un "peso" su base puramente empirica:

<i>Pericolosità</i>		
<i>Classe</i>	<i>Intensità</i>	<i>Peso</i>
<i>H_g1</i>	<i>Moderata</i>	<i>0,25</i>
<i>H_g2</i>	<i>Media</i>	<i>0,50</i>
<i>H_g3</i>	<i>Elevata</i>	<i>0,75</i>
<i>H_g4</i>	<i>Molto elevata</i>	<i>1</i>

TABELLA 14– Definizione dei livelli di pericolosità del territorio, estratto dalle linee guida del PAI

Si è attribuita una classe Hg0 per indicare un’assenza di pericolosità.

L'attribuzione del livello (ovvero del peso) di pericolosità ad un'area discende dal confronto tra lo stato di fatto attuale dei fenomeni franosi e le condizioni generali di instabilità potenziale sulla base di alcuni criteri generali quali:

- ❖ prevalenza di classe di instabilità potenziale
- ❖ presenza di indizi geomorfologici
- ❖ presenza di fenomeni di dissesto in atto e di indizi di movimento
- ❖ presenza di fattori tettonici (presenza di faglie o lineazioni riconosciute)
- ❖ presenza di copertura boschiva
- ❖ presenza di fattori altimetrici
- ❖ orientazione del versante.

5.2. CARTA DELL’INSTABILITÀ POTENZIALE

La **carta dell’instabilità potenziale** rappresenta, attraverso procedimenti induttivi, la propensione al dissesto del territorio. E’ stata realizzata attraverso l’overlay mapping dei fattori di suscettività franosa, quali acclività, litologia e uso del suolo; due di questi parametri, Litologia e Pendenza, sono passivi, quindi non suscettibili di sensibili variazioni in tempi brevi; l’uso del suolo è un parametro attivo, quindi suscettibile di sensibili variazioni in tempi brevi.

5.2.1. Carta delle pendenze

Il territorio in esame si presenta come sub pianeggiante, con pendenze che si aggirano intorno a valori del 2-4%, pertanto, la carta delle pendenze riportata in **TAVOLA 4** attribuisce all’intera area di studio un peso di +2 [pendenze inferiori al 10%].

5.2.2. Carta litotecnica

Si riporta in tabella 16 una sintesi dei pesi attribuiti a ciascun litotipo.

LITOLOGIA	PESO CEMENTAZIONE	PESO SPESSORE	PESO COMPATTEZZA	PESO PERMEABILITA'	PESO TOTALE LITOLOGIA
DEPOSITI ALLUVIONALI Limi e argille	1,5	1	3	1,5	2
DEPOSITI ALLUVIONALI Sabbie con subordinati limi e argille	2	1	2,5	5,5	3
DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI Ghiaie con subordinate sabbie	5	1	6	4,5	4

TABELLA 15– Pesi assegnati ai vari litotipi per ciascun parametro considerato

Come riportato nella **tavola 5**, **il territorio in esame ricade nel dominio delle alluvioni terrazzate [PESO 4]**. Tuttavia dalle indagini in sito, pare che in affioramento siano perlopiù presenti sedimenti a tessitura sabbioso-argillosa. Tale aspetto sarà quindi preso in considerazione della determinazione finale della pericolosità geomorfologica.

5.2.3. Carta dell'Uso del suolo

La carta dell'Uso del suolo riportata in **Tavola 6** è stata redatta attribuendo dei pesi alle classi di uso perimetrare nella carta Corine Land Cover 2008 della regione Sardegna, così come disposto nella tabella 13 delle linee guida del PAI:

CLASSI D'USO DEL SUOLO	IMPEDENZA	PESO
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	NULLA	-2
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	MINIMA	-1
FRUTTETI, TESSUTO URBANO, INSEDIAMENTI INDUSTRIALI, PRATI STABILI, AREE RICREATIVE E SPORTIVE	MEDIOCRE	0
GARIGA, FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	BUONA	+1
PIOPPETI, SALICETTI, EUCALITTETI ECC, ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	OTTIMA	+2

TABELLA 16– Pesi assegnati all'Uso del Suolo

Il territorio in esame ricade interamente nelle aree a impedenza mediocre [PESO 0]; a seguito della conversione d'uso del suolo, l'area manterrà un valore di impedenza mediocre [PESO 0].

5.2.4. Classi di instabilità potenziale

Dalla sovrapposizione della carta delle Pendenze, dalla carta dell'Uso del Suolo e dalla carta Litotecnica si è dedotta la carta dell'instabilità potenziale riportata in **Tavola 7**.

Il lotto di progetto ricade interamente all'interno del perimetro delle aree a instabilità potenziale media [PESO 4].

5.3. FATTORI CLIMATICI

Le serie pluviometriche dal 1986 al 2018 riferite al comune di Oristano (comune adiacente all'area di progetto) identificano una pluviometria media annua pari a **472 mm, che identificano una zona non franosa.**

5.4. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

Nonostante l'areale d'indagine presenti un'instabilità potenziale media, trattandosi di un territorio pianeggiante, non si hanno evidenze geomorfologiche di processi in atto che possono generare situazioni di pericolo [**Tavola 3**]; anche i fattori climatici definiscono un'area non franosa.

Sulla base di quanto sopra è stato attribuito all'intero territorio in esame un valore di pericolosità Hg0 [pericolosità assente] così come riportato in Tavola 8.

CONCLUSIONI

L'elaborato in argomento è redatto in ottemperanza ai contenuti dell'art. 8 comma 2 del PAI della regione Sardegna, conformemente all'allegato F delle norme di attuazione del PAI "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25 delle Norme di Attuazione del PAI".

Esso concerne la relazione geologica sulle indagini, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito, la relazione geotecnica, la caratterizzazione fisico meccanica dei terreni, la definizione della portanza e dei cedimenti, l'analisi geomorfologia di contesto, la definizione dell'instabilità potenziale e la valutazione della pericolosità geomorfologica, inerente il progetto "CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA" RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE, STRUTTURA RESIDENZIALE PSICHIATRICA PER INTERVENTI SOCIO RIABILITATIVI E COMUNITÀ INTEGRATA PER ANZIANI" sito nel comune di Oristano.

Il sito da cartografia ricade all'interno delle sequenze alluvionali del quaternario costituite da ghiaie e sabbie; le indagini eseguite in sito hanno messo in evidenza come le litologie presenti sono perlopiù rappresentate da un'intercalazione di sabbie, limi e argille, a differente grado di ossidazione e addensamento/consistenza.

La portanza di queste terre è assai variabile in funzione della tessitura e del grado di cementazione; è palese che le maggiori criticità interessano la comprimibilità dei terreni più fini, pertanto preliminarmente alla realizzazione dei fabbricati sarà opportuno definire un'accurata indagine geognostica tesa a caratterizzare in modo esaustivo il terreno di sedime.

Da un punto di vista idrogeologico la coltre deposizionale è sede di un acquifero in pressione, confinato al tetto da uno strato impermeabile alla quota di -20,00 m da p.c.; tuttavia la quota piezometrica è attestata a +1,5 m.s.l.m. (-6,00 m da p.c.).

La direzione di filtrazione orientata verso sud/sud-ovest .

Il lotto d'indagine ricade parzialmente in aree perimetrate dal P2 e P3 del PGRA, corrispondenti alle aree Hi2-Hi3-Hi4 del PAI.

Il contesto geomorfologico è tipicamente costiero di ambiente fluvio-deltizio con deposizione di sedimenti provenienti dall'entroterra.

Da un punto di vista tettonico l'area è da considerarsi stabile; non vi sono inoltre evidenze di fenomeni legati a subsidenza della coltre alluvionale.

Per quanto concerne l'instabilità potenziale, l'areale ricade all'interno delle aree a instabilità potenziale media forte; tuttavia è ubicato in area sub-pianeggiante, le precipitazioni sono inferiori a

700 mm/anno e non vi sono evidenze geomorfologiche di fattori predisponenti al dissesto idrogeologico.

Sulla base di quanto sopra è stato attribuito all'intero territorio in esame un valore di pericolosità Hg0-Hg1 [pericolosità nulla-bassa].

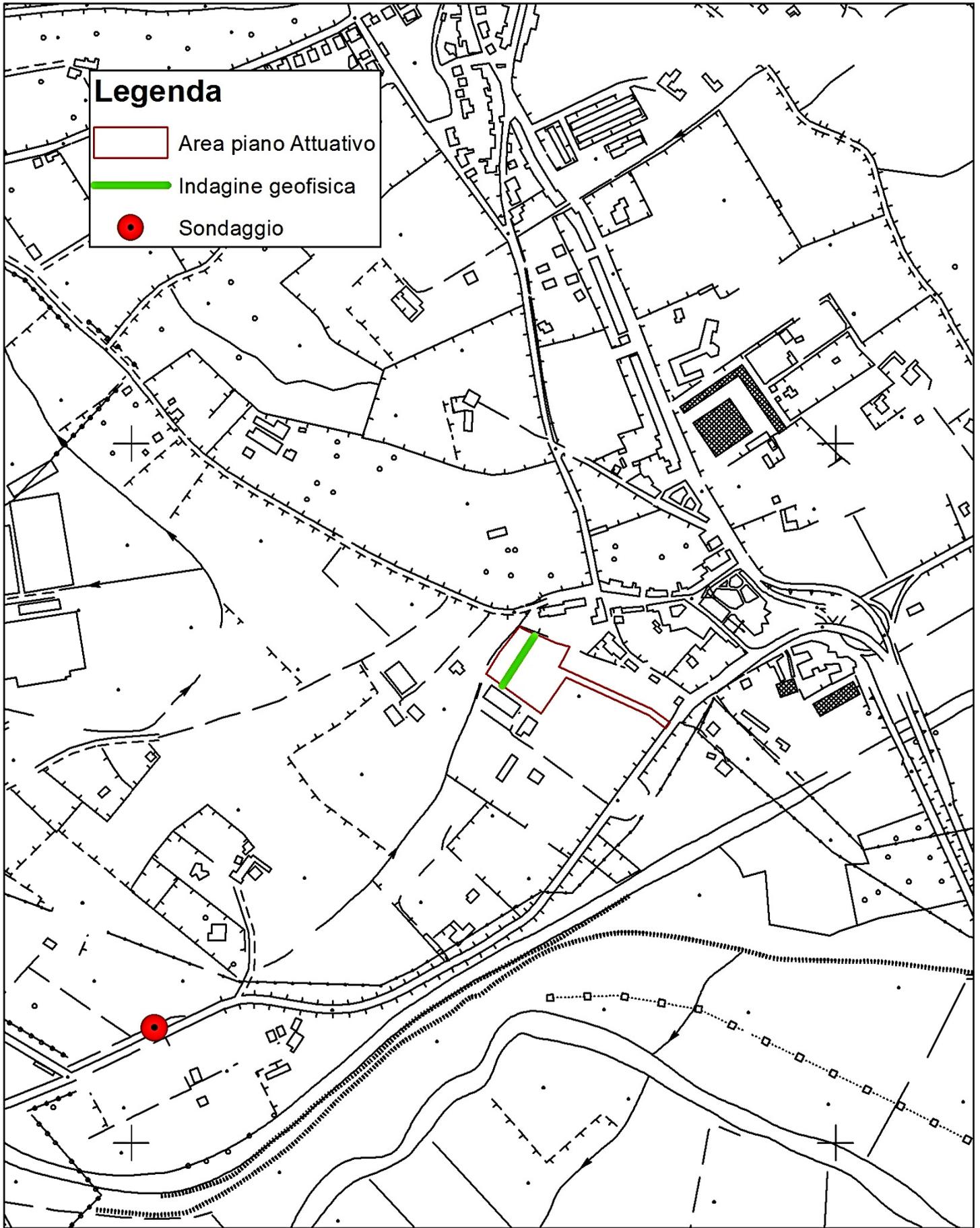
Ciò premesso si ritiene che la variazione di destinazione d'uso del suolo e la successiva realizzazione del CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT' ANNA, sia ammissibile e compatibile con i caratteri fisico-ambientali del territorio a contorno.

IL GEOLOGO



L'INGEGNERE

ALLEGATO 1



Legenda

-  Area piano Attuativo
-  Indagine geofisica
-  Sondaggio

0 100 200 400 600 800 Meters



Comune di Oristano
Provincia di Oristano

"CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA"
RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE,
STRUTTURA RESIDENZIALE PSICHIATRICA PER INTERVENTI SOCIO
RIABILITATIVI E COMUNITÀ INTEGRATA PER ANZIANI

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E
GEOTECNICA

INDICE

PREMESSA	3
1. GENERALITÀ	4
1.1. <i>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</i>	4
1.2. <i>RIFERIMENTI NORMATIVI</i>	6
2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	7
2.1. <i>RICERCA BIBLIOGRAFICA</i>	7
2.2. <i>INDAGINI IN SITU</i>	7
3. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	10
3.1. <i>CARATTERI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA</i>	10
3.2. <i>CARATTERI STRATIGRAFICI LOCALI</i>	12
3.3. <i>CARATTERI IDROLOGICI</i>	13
3.4. <i>CARATTERI GEOMORFOLOGICI</i>	16
3.5. <i>CARATTERI IDROGEOLOGICI</i>	19
4. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO	20
4.1. <i>SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA</i>	20
4.2. <i>REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI</i>	20
4.3. <i>CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI</i>	20
5. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	23
5.1. <i>METODOLOGIA</i>	23



5.2.	<i>CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE</i>	29
5.2.1.	<i>CARTA DELLE PENDENZE</i>	29
5.2.2.	<i>CARTA LITOTECNICA</i>	30
5.2.3.	<i>CARTA DELL'USO DEL SUOLO</i>	30
5.2.4.	<i>CLASSI DI INSTABILITÀ POTENZIALE</i>	31
5.3.	<i>FATTORI CLIMATICI</i>	31
5.4.	<i>CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA</i>	31
	CONCLUSIONI	32

ALLEGATI

ALL. 1	PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
--------	---

TAVOLE

TAV. 1	CARTA GEOLOGICA
TAV. 2	CARTA IDROGEOLOGICA
TAV. 3	CARTA GEOMORFOLOGICA
TAV. 4	CARTA DELLE PENDENZE
TAV. 5	CARTA LITOTECNICA
TAV. 6	CARTA DELL'USO DEL SUOLO
TAV. 7	CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE
TAV. 8	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

PREMESSA

Il presente STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA si redige su incarico della società ALF INVESTMENT SRL ad opera dello scrivente dott. NICOLA PILI iscritto all'albo dei Geologi della Sardegna con il N° 761 e del dott. Ing. MASSIMO ZUCCA iscritto all'albo degli Ingegneri della provincia di Cagliari con il n° 3430, in riferimento al progetto "CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA" Residenza Sanitaria Assistenziale, Struttura Residenziale Psichiatrica per Interventi Socio Riabilitativi e Comunità Integrata per anziani i", nel comune di Oristano (OR).

L'elaborato in argomento è redatto in ottemperanza ai contenuti dell'art. 8 comma 2 del PAI della regione Sardegna, conformemente all'allegato F delle norme di attuazione del PAI "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25 delle Norme di Attuazione del PAI".

1. GENERALITÀ

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

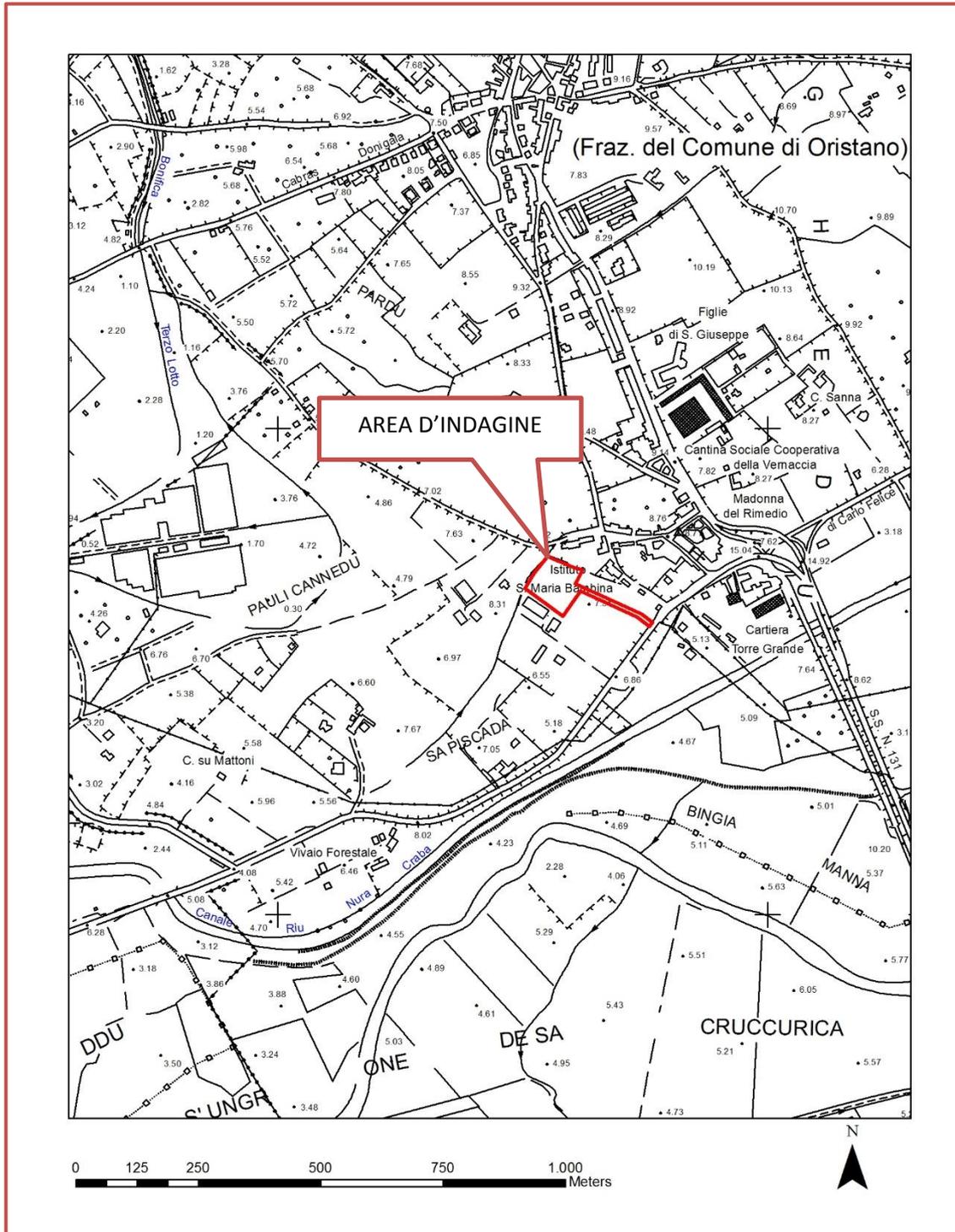


FIGURA 1- Stralcio Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 - n° 528070 "CABRAS"

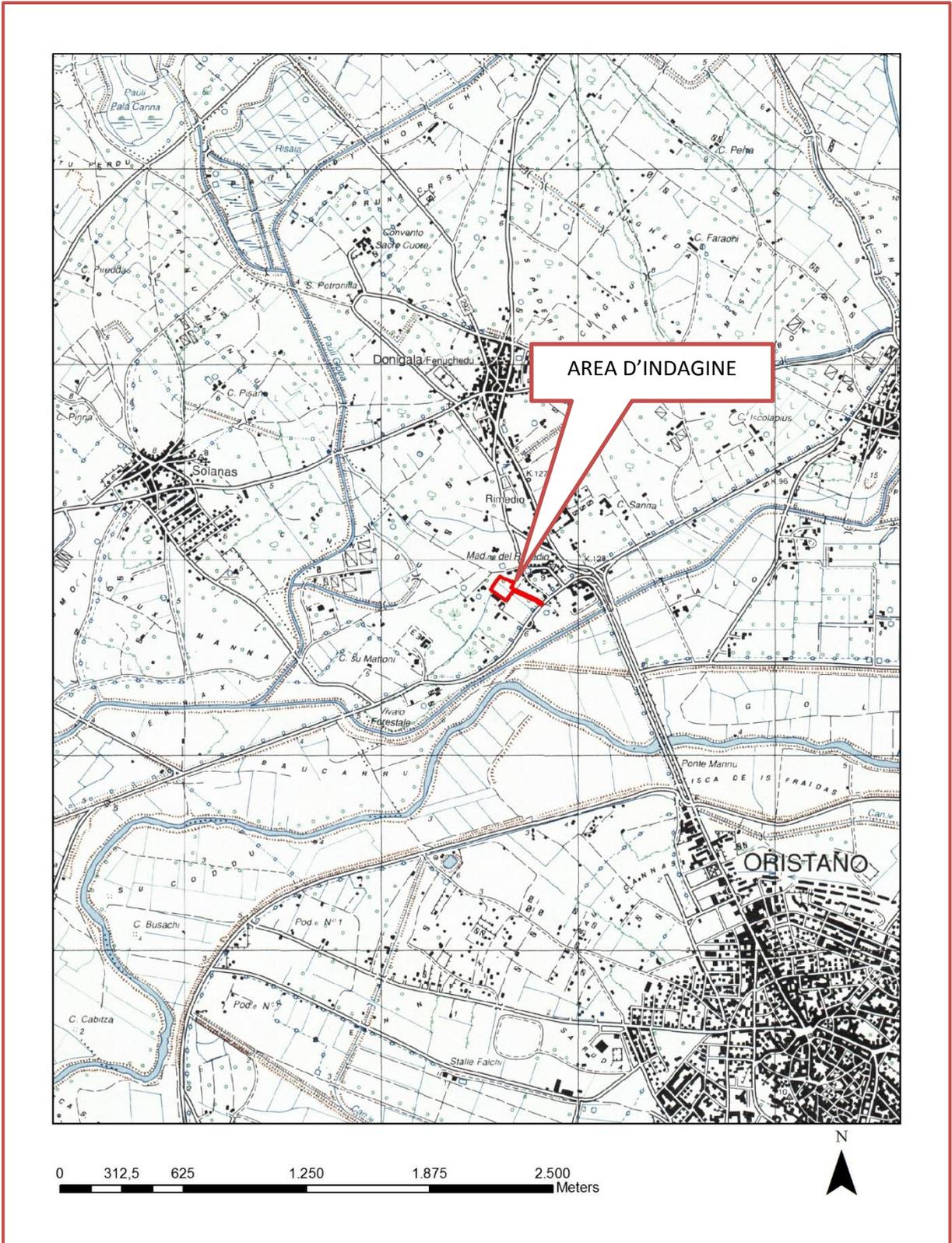


FIGURA 2- Stralcio Carta IGM scala 1:25000 foglio 528 sezione I "ORISTANO NORD"

L'areale in studio geograficamente ricade all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

Foglio IGM scala 1:50000 = 528 "ORISTANO",

Tavoletta IGM 1:25000 = FOGLIO 528 SEZIONE I "ORISTANO NORD",

Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 = n° 528070 "CABRAS".

1.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'elaborato è redatto ai sensi dell' art. 8 comma 2 del PAI *"Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrare dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale", che rimanda all' art. 25 del PAI "Studio di compatibilità geologica e geotecnica" redatto secondo come disposto dall' allegato F del PAI "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art. 25 delle Norme di Attuazione del PAI".*

2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geologica ha tenuto conto della conoscenza pregressa dei terreni presenti nell'intorno e della tipologia di opere da realizzarsi. Sono state effettuate le seguenti ricerche:

- ❖ Ricerca bibliografica;
- ❖ Indagini in situ.

2.1. RICERCA BIBLIOGRAFICA

La conoscenza geologica e la realizzazione di una carta geolitologica rappresentativa, costituiscono la base di lavoro del presente studio al fine di definire il modello geologico del sito. La carta geolitologica è stata realizzata in scala 1:2.000 portando a termine una ricerca bibliografica delle carte geologiche esistenti che interessano il territorio in esame, in particolare:

- ❖ Carta geologica Sardegna geoportale, scala 1:25000.

2.2. INDAGINI IN SITU

Sono state effettuate le seguenti indagini in situ:

- ❖ N° 1 tomografia sismica a rifrazione.



FIGURA 3- Posizionamento della strumentazione per l'esecuzione della prospezione geofisica a rifrazione

La tomografia sismica si basa sugli effetti di rifrazione del segnale sismico in corrispondenza dell'interfaccia tra un mezzo soprastante a velocità sismica minore rispetto ad uno strato sottostante al primo con velocità sismica superiore.

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (in questo caso delle onde prime **P**) generate in un punto in superficie (punto di energizzazione/sparo), in corrispondenza di una molteplicità di ricevitori (geofoni) disposti allineati sulla superficie topografica.

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà fisico - meccaniche dei terreni e il grado di addensamento e/o la compattezza dei materiali da queste attraversati.

Le profondità raggiunte sono al massimo la metà della distanza compresa tra lo shot esterno e l'ultimo geofono della stesa sismica sviluppata. È comunque generalmente considerato che la profondità esplorata non superi 1/3 dello sviluppo geometrico sopradescritto. La capacità risolutiva in termini di spessore degli strati sismici viene ad essere valutato in circa il 25% della distanza geofonica.

La tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure effettuate sul terreno e le misure "virtuali" registrate sul modello sintetico attraverso una procedura iterativa che alterna le due seguenti fasi:

- Nella fase "diretta" vengono calcolati sul modello sintetico i tempi di arrivo dell'impulso sismico (smartTomo è basato sul lavoro di Moser, T. J. "Shortest path calculation of seismic rays." Geophysics 56.1 (1991): 59-67). Il modello di velocità iniziale è suddiviso in una griglia le cui celle hanno assegnato un valore di velocità iniziale. Sui lati della cella sono presenti più nodi (il numero è scelto dall'utente) che costituiscono i nodi della rete di ipotetici raggi sismici che connettono tutte le sorgenti e tutti i ricevitori che sono anch'essi dei nodi. Ogni nodo è connesso con i nodi delle celle adiacenti.

Il percorso delle onde rifratte corrisponde al percorso lungo i raggi sismici che impiega il minor tempo a percorrere il tragitto tra la sorgente ed il ricevitore.

- Nella fase "inversa" i tempi sintetici calcolati nel passo "diretto" vengono confrontati con i tempi misurati; le differenze tra i due tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico (smartTomo impiega un algoritmo riconducibile alla famiglia delle "Simultaneous Iterative Reconstruction Technique"). Nell'applicazione di questo metodo la velocità viene sostituita dal suo inverso, la

lentezza. Quindi considerando un generico raggio sismico j tra la sorgente ed il ricevitore la lentezza media può essere espressa come:

$$S_j = \frac{t_{0j}}{l_j}$$

dove t_{0j} rappresenta il tempo misurato tra la sorgente ed il ricevitore e l_j rappresenta la lunghezza del raggio sismico j -esimo. Pertanto, conoscendo i tempi di percorso misurato t_m e t_c per il raggio j -esimo si può calcolare il residuo del tempo di percorso:

$$\Delta t_j = t_{mj} - t_{cj}$$

Il residuo dei tempi di percorso può essere proiettato su ciascuna cella k su cui può essere calcolato anche il fattore di correzione della lentezza:

$$\Delta S_k = \frac{\sum \Delta t_{ik}}{\sum \Delta l_{ik}}$$

L'indice i indica ciascun raggio sismico incidente sulla cella k -esima. Il fattore di correzione della lentezza verrà utilizzato per aggiornare il modello di velocità alla fine di ogni iterazione del ciclo di risoluzione.

Questa procedura consente di ottenere un modello, con variazioni di velocità continue e non necessariamente vincolato alla presenza di rifrattori.

3. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

Il MODELLO GEOLOGICO del terreno definisce lo schema delle condizioni litologiche, stratigrafiche, strutturali, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche generali e del sito in costruzione, finalizzato all'analisi quantitativa delle pericolosità geologiche.

3.1. CARATTERI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA

La zona indagata ricade nella porzione centrale del rift sardo, una struttura continua ma costituita da un sistema articolato e complesso di bacini originati per movimenti di distensione durante il Miocene inferiore-medio, contemporaneamente alla rotazione del Blocco Sardo-Corso (Burdigaliano) e all'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno centro settentrionale.

In questa fase si sviluppa un sistema di bacini tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara con sedimentazione prevalente marina e notevoli spessori di vulcaniti calcalcaline.

Il rift sardo ha subito un'evoluzione differente tra la parte settentrionale dell'isola e la parte meridionale: la depressione nella parte settentrionale coincidente al Logudoro si presenta come un grande bacino immergente verso W, che ospita spessori di sequenze ignimbriche notevoli. La parte meridionale è influenzata invece dalla sovrapposizione di un'altra importante struttura derivante da una successiva fase di tettonica distensiva del Pliocene, che dall'Oristanese al Golfo di Cagliari porta alla formazione di una fossa conosciuta come "Campidanese". Gli allineamenti strutturali di questa fossa insistono sulle precedenti strutture mioceniche del rift, avendo un trend da SSE-NNW a SSW a NNE. La disponibilità di un nuovo bacino e sub-bacini favorì una breve e localizzata ingressione marina nel Pliocene inferiore e da manifestazioni vulcaniche plio-pleistoceniche prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeiitica. Dal Pliocene medio al Quaternario, durante la fase di continentalità della fossa campidanese, si è manifestata un'intensa subsidenza che innescò l'erosione dei rilievi circostanti portando alla deposizione della Formazione di Samassi.

Nel Quaternario quindi continua la fase di riempimento dipendente dalle ciclicità delle fluttuazioni eustatiche del livello del mare: si originano importanti esondazioni nei periodi di massimo eustatico, seguite da profonde incisioni e terrazzamenti alluvionali nella fase di regressione marina nel periodo glaciale. Il susseguirsi di questi eventi permette la distinzione di più ordini di terrazzamenti, dai più antichi pleistocenici a quelli odierni olocenici di più alto ordine.

Dal punto di vista tettonico-strutturale la "Fossa Campidanese" è costituita da un sistema di graben, half graben, che nella parte settentrionale di Oristano immerge verso E, mentre nella parte meridionale di Cagliari immerge verso W. La parte centrale prossima alla Soglia di Sardara

rappresenterebbe una zona di torsione in cui si osserva il cambiamento di direzione di immersione dei bacini.

Le conoscenze stratigrafiche sul graben campidanese provengono soprattutto dai sondaggi profondi eseguiti tra il 1961 - 1964 per conto della SAIS e AGIP, che ha portato alla realizzazione in prossimità di Oristano di due pozzi di profondità tra i 1700 - 1800 metri.

Il pozzo ORISTANO 1 perforato presso lo Stagno di Sassu a sud di Santa Giusta individua nei primi 300 m una sequenza sedimentaria pleistocenica-pleiocenica superiore, di cui i primi 33 metri riferibili al Tirreniano. La sequenza stratigrafica quaternaria è caratterizzata da sedimenti sabbiosi, argillosi e limosi in facies salmastra, palustre e alluvionale. Dai 304 a 310 m circa viene individuato un orizzonte vulcanico di basalti grigi scuri compatti in colate.

Il pozzo ORISTANO 2 è stato perforato presso Riola, a nord di Oristano: individua i primi 20 metri di sabbie dunari e da spiaggia appartenenti al Wurm-Tirreniano e da uno spessore di 200 m circa di argille e limi sabbiosi di facies palustre e alluvionale pleistocenica. A circa 218 m di profondità si rinviene un orizzonte basaltico di circa 25 metri.

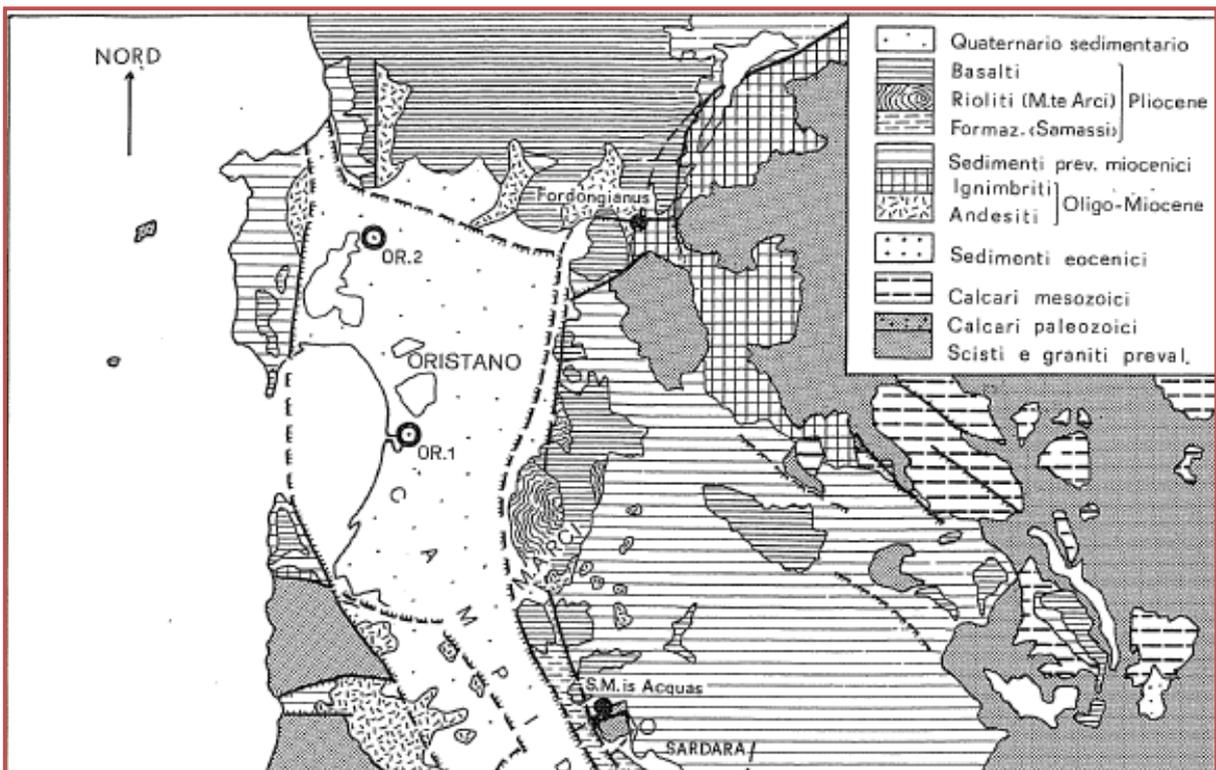


FIGURA 4 - da Ricerche Geotermiche in Sardegna - 1982, porzione della carta geolitologica con ubicazione dei pozzi Oristano 1 e Oristano 2

I depositi quaternari presenti nel settore in studio sono costituiti da sequenze alluvionali:

- ❖ Depositi palustri costituiti da limi e argille limose, talvolta ciottolose e fanghi torbosi con frammenti di molluschi [OLOCENE].
- ❖ Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi e argille [OLOCENE];
- ❖ Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie [PLEISTOCENE SUPERIORE].

3.2. CARATTERI STRATIGRAFICI LOCALI

La campagna d'indagine, ha messo alla luce una successione stratigrafica che si discosta da quanto descritto dalla cartografia ufficiale; nella fattispecie pare che i depositi alluvionali terrazzati costituiti perlopiù da ghiaie e sabbie [LIVELLO B], affioranti nella cartografia ufficiale, siano attestati a -20,00 m da p.c. e ricoperti da sedimenti olocenici a tessitura argilloso-sabbiosa [LIVELLO A].

Tale configurazione stratigrafica è emersa sia dalla restituzione tomografica dell'indagine sismica a rifrazione, sia dalla presa visione di stratigrafie e altre indagini compiute in aree attigue.

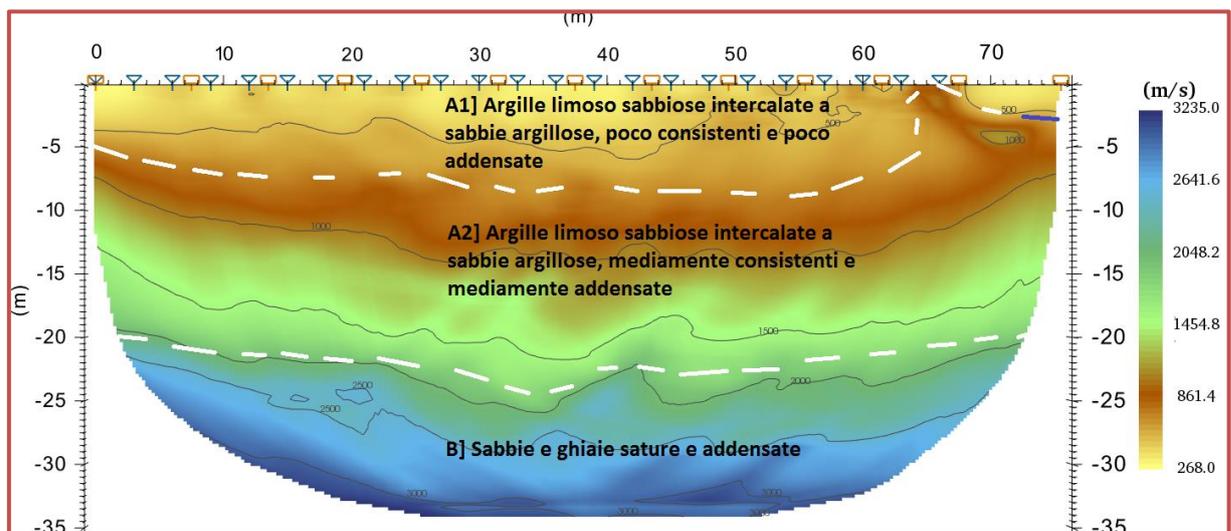


FIGURA 5- Sezione sismostratigrafica e interpretazione geologica

Va da se che per un corretto dimensionamento geotecnico delle strutture, sarà opportuno realizzare una serie di indagini geognostiche dirette tali da meglio definire il modello geologico e geotecnico sito-specifico.

- ❖ **LIVELLO A1 – Depositi alluvionali costituiti da argille e sabbie poco consistenti e poco addensate [OLOCENE]**
[DA 0,00 m variabile 8,00 m A 14,00 m]

Depositi alluvionali costituiti da sabbia con argilla e argilla con sabbia di colore da nocciola a ocre con screziature da arancio a porpora, moderatamente addensati/consistenti, saturi oltre i 3,00 m di profondità.



FIGURA 6 – Livello A1, deposito alluvionale in facies argilloso-sabbiosa

- ❖ **LIVELLO A2 – Depositi alluvionali costituiti da argille e sabbie mediamente consistenti e mediamente addensate [OLOCENE]**

[DA 8,00 m variabile 14,00 m A 20,00 m]

Come sopra ma con maggior grado di consistenza e addensamento.

- ❖ **LIVELLO B – Depositi alluvionali terrazzati costituiti ghiaie e sabbie [PLEISTOCENE SUPERIORE].**

[DA 20,00 m A >30,00 m]

Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sintema di Portovesme) costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie, addensate e sature.

3.3. CARATTERI IDROLOGICI

L'idrologia costituisce il carattere dominante dell'area in studio, ubicata nella piana costiera del campidano di Oristano, all'interno del bacino idrografico del Tirso, sub bacino del Riu Saouru.

Il Riu Saouru è un torrente con sviluppo longitudinale est-ovest per una lunghezza di 16 km. Nasce poco più a nord di Zerfaliu con un reticolo di drenaggio dendritico orientato nord-sud: in quest'area prende il nome di Rio Caddus.

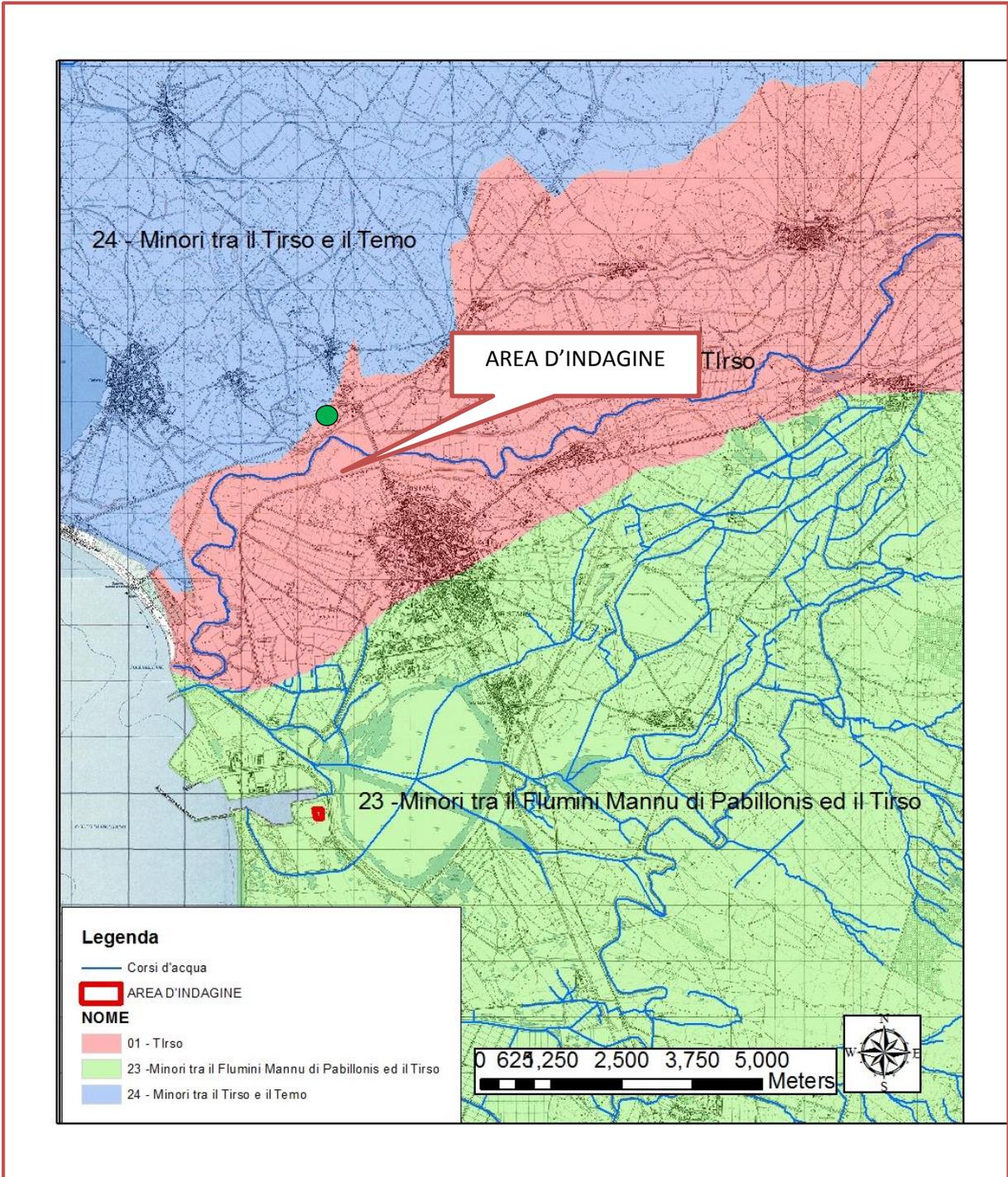


FIGURA 7 – Carta dei bacini idrografici estratta da PTA della Sardegna anno 2006

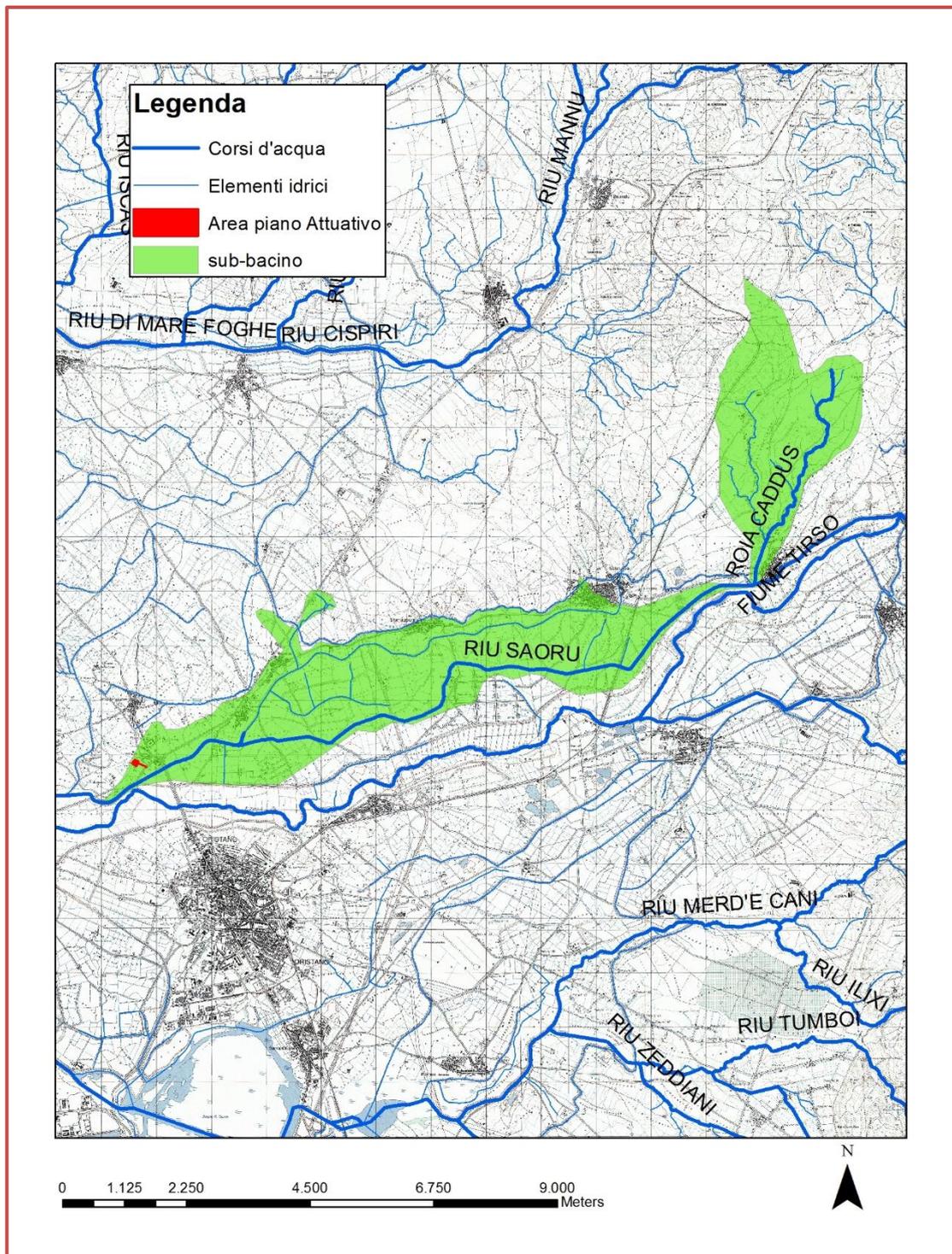


FIGURA 8 – Bacino idrografico Rio Saoru

Il corso d'acqua ha un ordine gerarchico di Strahler pari a 5 a cui è associata una fascia di prima salvaguardia di 100 m (art. 30 ter. Delle norme di attuazione del PAI); l'area di progetto è ubicata a 150 m di distanza dall'alveo del Rio Saoru (localmente Rio Nura Craba), esternamente alla fascia di prima salvaguardia.

3.4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il settore in studio, da un punto di vista geomorfologico, è ubicato nella piana costiera del Campidano di Oristano, alla foce. La superficie si presenta sub-pianeggiante e costituita da terrazzi alluvionali del pleistocene a matrice prevalentemente ghiaiosa, depositi alluvionali olocenici poco o debolmente cementati a tessitura da sabbiosa a limo-argillosa e depositi palustri di facies a bassa energia.

Il contesto geomorfologico è tipicamente di ambiente fluvio-deltizio con deposizione di sedimenti secondo facies di diversa energia.

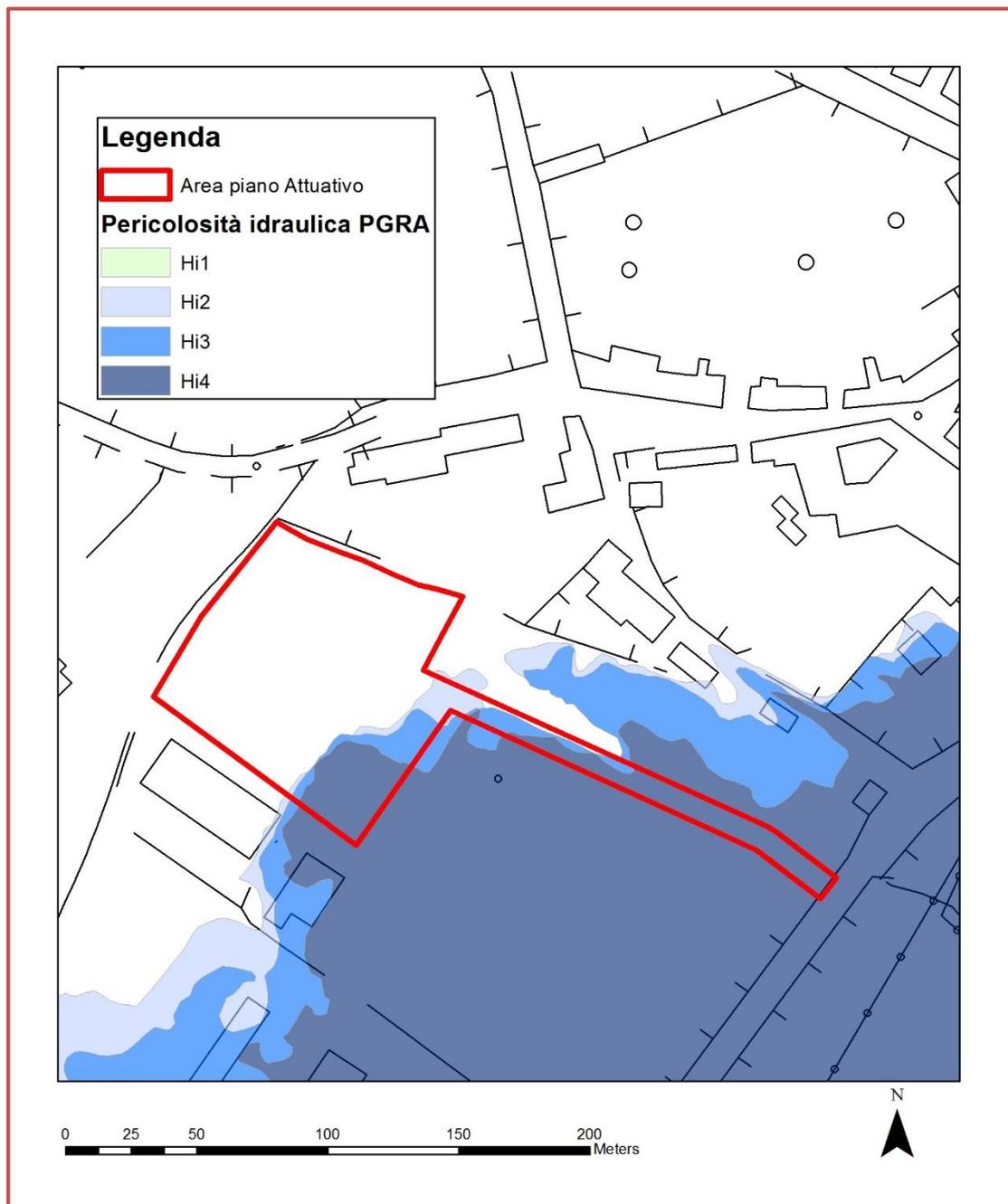


FIGURA 9- Carta della pericolosità idraulica estratta dal PGRA revisione del 2020

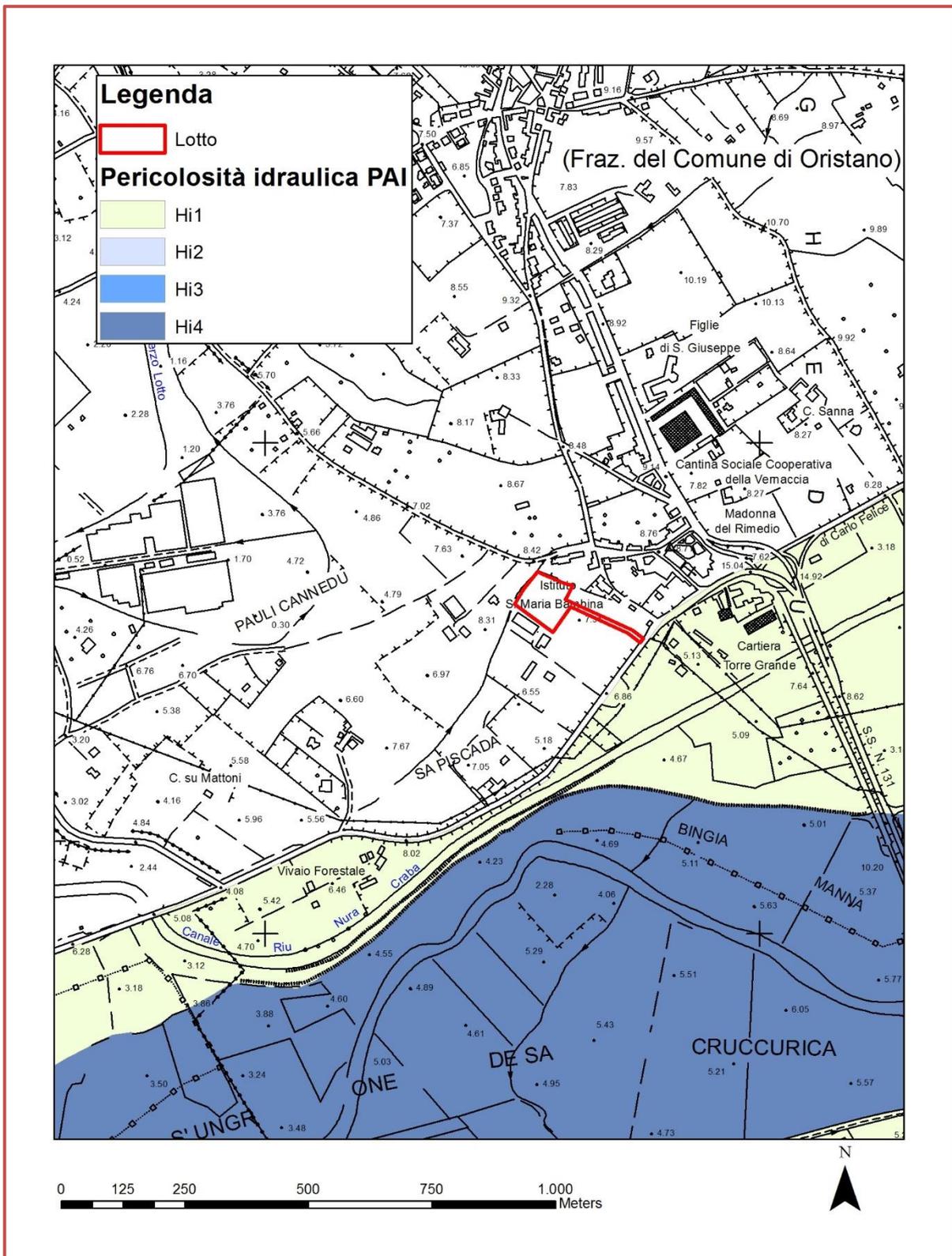


FIGURA 10- Carta della pericolosità idraulica estratta dal PAI

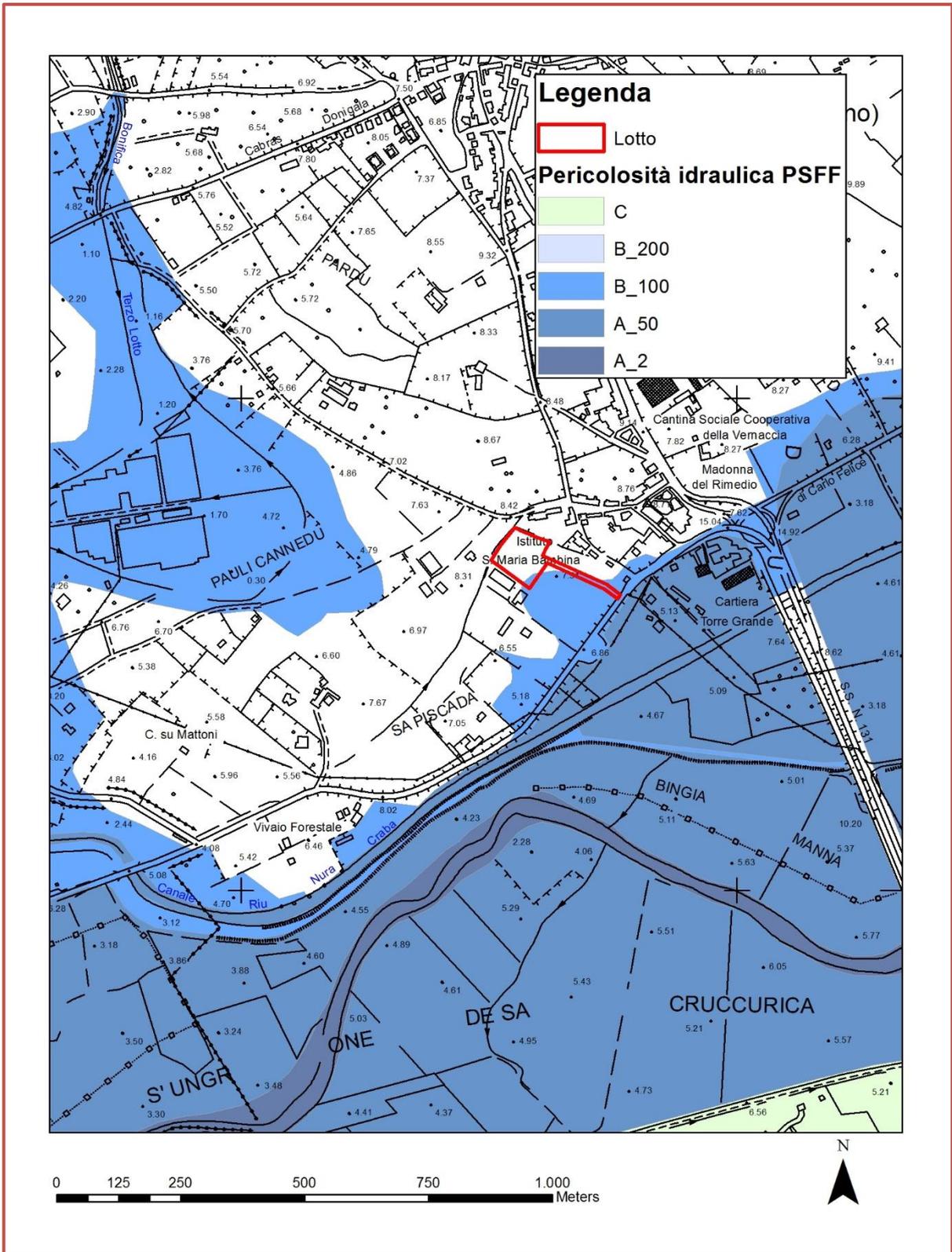


FIGURA 11- Carta della pericolosità idraulica estratta dal PSFF

Il lotto ricade parzialmente all'interno dell'area a pericolosità idraulica Hi2, Hi3 e Hi4 del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, revisione del 2020, riferite rispettivamente a un evento di piena con tempo di ritorno di 200, 100 e 50 anni.

Ricade altresì parzialmente nella fascia di pericolosità B100 del PSFF, mentre è esterno alle perimetrazioni del PAI.

3.5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'area appartiene all'unità dell'**Acquifero alluvionale plio-Quaternario del Campidano**.

La struttura idrogeologica è costituita da un materasso alluvionale di ricoprimento, potente sino a circa 40 metri (stratigrafie POZZO CAMPIDANO 1 E POZZO CAMPIDANO 2), ma che in alcune zone può raggiungere i 200 m, poggianti sulle formazioni marine mioceniche o sulle coltri detritiche plioceniche.

L'acquifero è costituito da depositi terrigeni alluvionali, di diversa tessitura e di diverso grado di cementazione, che generano delle variazioni di trasmissività e conferiscono dei caratteri di tipo multistrato.

Sono da considerare a permeabilità medio-alta i **depositi alluvionali a tessitura ghiaiosa-sabbiosa**, con valori di k compresi tra $10^{-06} \div 10^{-05}$ m/s pur con alcune sensibili differenziazioni in funzione delle caratteristiche della matrice sabbioso-limosa e del grado di cementazione, che determinano una maggiore difficoltà alla circolazione idrica.

Sono da considerare impermeabili (*acquitlude*) o scarsamente permeabili (*acquitardi*) gli orizzonti a tessitura limoso argillosa.

Dalla carta delle piezometrie si osserva una direzione di filtrazione orientata verso sud-ovest e la soggiacenza risulta attestata intorno a -6,00 m da p.c..

Tuttavia dalle indagini geofisiche appare evidente che il terreno risulti saturo a partire da -20,00 m da p.c.. E' verosimile pertanto ritenere che l'acquifero sia confinato al tetto da uno strato argilloso impermeabile.

4. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

Il MODELLO GEOTECNICO del terreno redatto ai sensi delle NTC 2018 e conseguito dall'indagine geognostica, definisce lo schema delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali, della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo ed è finalizzato all'analisi quantitativa delle problematiche geotecniche connesse alla realizzazione di una lottizzazione, ovvero, problematiche connesse alle opere di scavo, realizzazione di opere murarie, fabbricati, strade, definizione dei cedimenti e della portanza dei terreni di sedime.

4.1. *SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA*

Si rimanda al modello geologico per la consultazione della successione litostratigrafica rinvenuta in situ.

4.2. *REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI*

Sulla base dell'indagine geognostica compiuta nel mese di LUGLIO 2022, è stato possibile determinare il livello piezometrico si trova a -6,00 m da p.c., seppure pare che localmente la falda risulti essere in pressione e confinata al tetto a -20,00 m di profondità.

In via cautelativa, nei calcoli per la determinazione della resistenza al taglio dei terreni, si ragionerà in termini di pressioni neutre a partire da -6,00 m da p.c., considerando il peso in volume immerso [y_{sub}] dei terreni, alleggerito dalla spinta di Archimede.

4.3. *CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI*

Sulla base della successione litostratigrafica descritta nel cap. 3.1. al fine di definire un modello geotecnico concettuale, sono stati individuati i seguenti strati con caratteristiche fisico meccaniche omogenee:

❖ **LIVELLO A – Depositi alluvionali in facies sabbiosa**

Deposito costituito prevalentemente sabbie eterodimensionali, di colore nocciola passanti a ocre, da moderatamente addensate ad addensate.

La resistenza ad infissione penetrometrica ha un valore **N_{spt}=13-22 colpi/30 cm.**

A questo livello sono stati assegnati, per mezzo di correlazioni empiriche fornite dalla letteratura, i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRI	SIMBOLO	DATO	METODO DI DETERMINAZIONE
Resistenza a infissione penetrometrica	Nspt	13-22 colpi/30 cm	Da letteratura
Peso di volume	γ	14,70-16,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Peso del campione immerso	γ_{sub}	4,70-6,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Coesione	C	0,02÷0,34 daN/cm ²	correlazione con spt [Road Bridge Specification] e da prova di taglio
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	30°-42°	correlazione con spt [Japanese National Railway, Sowers, Meyerhof] e da prova di taglio
Modulo di Young	E ₅₀	60÷150 daN/cm ²	correlazione con spt [Schmertmann, Webb]
Modulo Edometrico	Ed	70 ÷ 175 daN/cm ²	correlazione con spt [Schultze e Menzebach]

TABELLA 1 - Parametri geomeccanici dei depositi sabbiosi [LIVELLO B1]

❖ LIVELLO A – Depositi alluvionali in facies limoso-argillosa

Limo argilloso di colore grigio verdastro con screziature ocra e arancio, saturo, intercalato a livelletti di limo-sabbiosi, moderatamente consistente.

La resistenza ad infissione penetrometrica compiuta su terreni analoghi in aree attigue, ha un valore **Nspt=8-18 colpi/30 cm.**

A questo livello sono stati assegnati, per mezzo di correlazioni empiriche fornite dalla letteratura, i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRI	SIMBOLO	DATO	METODO DI DETERMINAZIONE
Resistenza a infissione penetrometrica	Nspt	8-18 colpi/30 cm	Da letteratura
Peso di volume	γ	19,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Peso del campione immerso	γ_{sub}	9,00 kN/m ³	da indagini geofisiche
Coesione non drenata	Cu	0,43÷1,00 daN/cm ²	correlazione con
Modulo di Young	E ₅₀	30÷110 daN/cm ²	correlazione con spt [Schmertmann, Webb]
Modulo Edometrico	Ed	50 ÷ 130 daN/cm ²	correlazione con spt [Schultze e Menzebach]

TABELLA 2 - Parametri geomeccanici dei depositi ghiaioso sabbiosi [LIVELLO A]

❖ LIVELLO B – Depositi alluvionali terrazzati in facies ghiaioso sabbiosa

Si tratta dei depositi appartenenti al sub-sistema di Portoscuso, caratterizzati da ghiaie e sabbie addensate.

La resistenza ad infissione penetrometrica compiuta su terreni analoghi in aree attigue, ha un valore **Nspt>50 colpi/30 cm**

A questo livello sono stati assegnati, per mezzo di correlazioni empiriche fornite dalla letteratura, i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRI	SIMBOLO	DATO	METODO DI DETERMINAZIONE
Resistenza a infissione penetrometrica	Nspt	50 colpi/30 cm	Da letteratura
Peso di volume	γ	19,50 kN/m ³	da indagini geofisiche
Peso del campione immerso	γ_{sub}	9,50 kN/m ³	da indagini geofisiche
Coesione	C	0,01÷0,05 daN/cm ²	correlazione con spt [Road Bridge Specification] e da prova di taglio
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	37°-45°	correlazione con spt [Japanese National Railway, Sowers, Meyerhof] e da prova di taglio
Modulo di Young	E ₅₀	300÷500 daN/cm ²	correlazione con spt [Schmertmann, Webb]
Modulo Edometrico	Ed	90 ÷ 200 daN/cm ²	correlazione con spt [Schultze e Menzebach]

TABELLA 3 - Parametri geomeccanici dei depositi ghiaioso sabbiosi [LIVELLO A]

5. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

5.1. *METODOLOGIA*

Conformemente alle Linee Guida del PAI, la metodologia proposta per la realizzazione della Carta della pericolosità da frana, consiste nella predisposizione di alcune carte tematiche che rappresentano, rispettivamente i **fenomeni geomorfologici esistenti sul territorio** e i **singoli fattori predisponenti alla franosità** e nella verifica attraverso l'incrocio e la sovrapposizione (overlay) di queste carte, secondo il diagramma di flusso schematizzato in Figura 21.

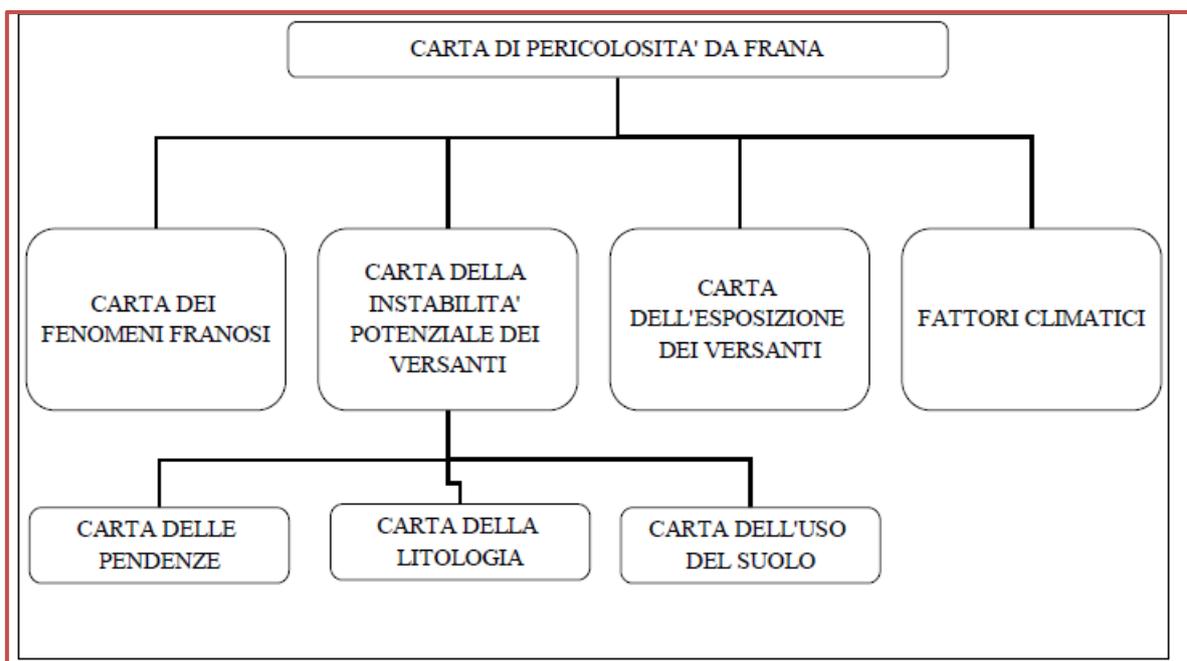


FIGURA 12 – Schema metodologico per la redazione della carta di Pericolosità da Frana, estratto da linee guida del PAI

❖ *CARTA DEI FENOMENI FRANOSI*

Nel corso dell'indagine si è appurato che nell' areale di studio non si ha evidenza di eventi franosi pregressi ne attivi, ne quiescenti, ne fossili. Pertanto non è stata prodotta alcuna carta in tal senso, ma è stata elaborata una carta geomorfologica contenente le indicazioni delle dinamiche e dei processi in atto nel territorio in esame.

❖ *CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE*

Acclività, geolitologia e uso del suolo, rappresentanti i fattori di suscettività franosa, concorrono alla definizione ed elaborazione della **Carta dell'Instabilità potenziale**, attraverso una procedura di overlay mapping.

Due di questi parametri, Litologia e Pendenza, sono passivi, quindi non suscettibili di sensibili variazioni in tempi brevi; l'uso del suolo è un parametro attivo, quindi suscettibile di sensibili variazioni in tempi brevi.

Il risultato è stato poi ulteriormente interpretato sulla base dei dati acquisiti nell'analisi geomorfologica (non sono presenti processi gravitativi attivi).

Carta delle pendenze

La pendenza dei versanti è un fattore molto importante in quanto maggiore è l'inclinazione di un pendio, maggiore è la tendenza al dissesto per effetto della gravità, dell'azione degli agenti atmosferici, senza la protezione della vegetazione che non riesce a insediarsi. **A titolo di esempio** si può ritenere che le classi di pendenza presenti siano cinque; si attribuiscono i seguenti pesi, compresi tra -2 e +2.

<i>Classi di pendenza</i>	<i>Peso</i>
<i>0- 10%</i>	<i>+2</i>
<i>11-20%</i>	<i>+1</i>
<i>21-35%</i>	<i>0</i>
<i>36-50%</i>	<i>-1</i>
<i>>50%</i>	<i>-2</i>

TABELLA 4 – Pesi delle classi di pendenza dei versanti, estratto da linee guida del PAI

Carta litotecnica

Per litologia, non si intendono unicamente le caratteristiche della natura dei terreni (sedimentari, vulcanici, metamorfici) ma anche le caratteristiche fisico-meccaniche ad essi relative (compattezza, grado di cementazione, stratificazione, scistosità).

Per l'attribuzione dei pesi si è fatto riferimento alla conoscenza diretta delle caratteristiche dei litotipi affioranti nel territorio di studio derivate dal rilevamento litotecnico eseguito con il fine di caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico le varie litologie presenti nell'area in studio. La carta litotecnica prodotta si basa sulla valutazione dei seguenti parametri:

- ✓ Grado di cementazione
- ✓ Spessore del deposito
- ✓ Compattezza
- ✓ Permeabilità

✓ Grado di cementazione

Il grado di cementazione è stato valutato in campagna in maniera speditiva tramite le indicazioni contenute nelle seguenti tabelle:

Classe 1: Elevato
Classe 2: Moderato
Classe 3: Debole
Classe 4: Nullo

TABELLA 5 – Classi del grado di cementazione del terreno

Grado di Cementazione	Descrizione del terreno
Elevato	Il campione non si frantuma con le dita
Moderato	Il campione si frantuma solo se viene impressa una forte pressione con le dita
Debole	Il campione si frantuma sotto leggera pressione delle dita
Nullo	Il campione è completamente inconsistente

TABELLA 6 – Descrizione del terreno per la definizione del grado di cementazione

✓ Profondità del deposito

La profondità del deposito è la misura di quanto potente può essere il corpo di frana ed è definita come segue:

Classe 1: $Z < 1m$
Classe 2: $1m < Z < 3m$
Classe 3: $3m < Z < 5m$
Classe 4: $Z > 5m$

TABELLA 7 – Classi della profondità del deposito

✓ Compattezza

La compattezza in un deposito è la misura del suo stato di addensamento/consistenza; maggiore è la compattezza migliori sono le sue caratteristiche geotecniche. La compattezza è stata valutata in campagna in maniera speditiva tramite le indicazioni contenute nelle seguenti tabelle:

Classe 1: Molto compatta	
Classe 2: Compatta	
Classe 3: Mediamente sciolta	
Classe 4: Sciolta	

Grado di Cementazione	Descrizione del terreno
Molto compatta	Facilmente intaccato dall'unghia
Compatta	Facilmente intaccato da un dito ma non penetrato
Mediamente sciolta	Penetrato con moderata difficoltà
Sciolta	Facilmente penetrato da un dito

TABELLA 8 e 9 – Classi del grado di compattazione e Descrizione del terreno per la definizione del grado di compattazione

✓ **Permeabilità.**

Sono state distinte 4 classi di permeabilità

Classe 1: Fortemente permeabili
Classe 2: Mediamente permeabili
Classe 3: Poco permeabili
Classe 4: Non Permeabili

TABELLA 10 – Classi di permeabilità

Carta dell'Uso del suolo

L'attribuzione dei pesi è stata compiuta sulla carta Corine land cover 2008 della regione Sardegna, facendo riferimento a quanto indicato nella tabella 11.

<i>Sigla</i>	<i>Classi di uso del suolo</i>	<i>Impedenza</i>	<i>Peso</i>
111	Tessuto urbano continuo	mediocre	0
112	Tessuto urbano discontinuo	mediocre	0
121	Aree industriali e commerciali	mediocre	0
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
124	Aeroporti	mediocre	0
131	Aree estrattive	nulla	-2
133	Aree in costruzione	minima	-1
211	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
231	Prati stabili	mediocre	0
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	nulla	-2
311	Boschi di latifoglie	massima	+2
312	Boschi di conifere	massima	+2
313	Boschi misti	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria d'alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglieti	buona	+1
324	Aree vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	buona	+1
331	Spiagge, dune, sabbie	nulla	-2
332	Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti	nulla	-2
333	Aree con vegetazione rada	minima	-1
411	Paludi	nulla	-2
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	nulla	-2
512	Bacini d'acqua	nulla	-2

TABELLA 11– Classi di Uso del Suolo secondo il Corine – Land cover, estratto dalle linee guida del PAI

Classi di instabilità potenziale

Sulla base della considerazione dei fattori descritti nelle pagine precedenti e delle esperienze metodologiche, si definiscono le classi di instabilità potenziale dei versanti a cui corrispondono intervalli di valori (pesi) derivati dalle operazioni di sovrapposizione previste.

Si propongono 5 classi di instabilità potenziale [Tabella 13], con valore decrescente di gravità; la classe di maggiore instabilità è quella corrispondente a valori più bassi dei pesi (ridotte quindi sono le qualità dei fattori considerati) mentre un pendio stabile è rappresentato dai valori più alti (i fattori che contribuiscono hanno buone caratteristiche di tenuta).

Classe di instabilità	Descrizione	Pesi	
		da	a
1	Situazione potenzialmente stabile	10	12
2	Instabilità potenziale limitata	7	9
3	Instabilità potenziale media	4	6
4	Instabilità potenziale forte	1	3
5	Instabilità potenziale massima	-3	0

TABELLA 12– Classi d’instabilità, estratto dalle linee guida del PAI

❖ CARTA DELL’ESPOSIZIONE DEI VERSANTI

Non essendo presenti in sito dei versanti, non è stata prodotta alcuna carta in tal senso.

❖ FATTORI CLIMATICI

Le variazioni climatiche, gli effetti della temperatura combinata alle precipitazioni, provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzione di detriti sciolti e instabili. Dati bibliografici, indicano la piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto, secondo la seguente Tabella 14.

mm/a	zona
> 1600	sicuramente franosa
1600 - 1300	probabilmente franosa
1300 - 1000	mediamente franosa
1000 - 700	raramente franosa
< 700	non franosa

TABELLA 13– Influenza delle precipitazioni sulla propensione al dissesto, estratto dalle linee guida del PAI

Le serie pluviometriche dal 1986 al 2018 riferite al comune di Oristano (comune adiacente all’area di progetto) identificano una pluviometria media annua pari a **472 mm, che identificano una zona non franosa.**

❖ CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

La Carta di sintesi della pericolosità deriva dalla verifica dei risultati dell’analisi geomorfologica di terreno (fenomeni effettivamente presenti sul territorio - vedi “**carta geomorfologica**”) e dell’analisi delle condizioni di potenziale instabilità (vedi “**Carta dell’instabilità potenziale dei versanti**”).

La “Carta di sintesi di pericolosità da frana”, rappresenta la condizione di pericolosità del territorio indicata attraverso il parametro Hg, secondo quattro livelli indicati nella Tabella 15, a ciascuno dei quali si è attribuito un "peso" su base puramente empirica:

<i>Pericolosità</i>		
<i>Classe</i>	<i>Intensità</i>	<i>Peso</i>
<i>H_g1</i>	<i>Moderata</i>	<i>0,25</i>
<i>H_g2</i>	<i>Media</i>	<i>0,50</i>
<i>H_g3</i>	<i>Elevata</i>	<i>0,75</i>
<i>H_g4</i>	<i>Molto elevata</i>	<i>1</i>

TABELLA 14– Definizione dei livelli di pericolosità del territorio, estratto dalle linee guida del PAI

Si è attribuita una classe Hg0 per indicare un’assenza di pericolosità.

L'attribuzione del livello (ovvero del peso) di pericolosità ad un'area discende dal confronto tra lo stato di fatto attuale dei fenomeni franosi e le condizioni generali di instabilità potenziale sulla base di alcuni criteri generali quali:

- ❖ prevalenza di classe di instabilità potenziale
- ❖ presenza di indizi geomorfologici
- ❖ presenza di fenomeni di dissesto in atto e di indizi di movimento
- ❖ presenza di fattori tettonici (presenza di faglie o lineazioni riconosciute)
- ❖ presenza di copertura boschiva
- ❖ presenza di fattori altimetrici
- ❖ orientazione del versante.

5.2. CARTA DELL’INSTABILITÀ POTENZIALE

La **carta dell’instabilità potenziale** rappresenta, attraverso procedimenti induttivi, la propensione al dissesto del territorio. E’ stata realizzata attraverso l’overlay mapping dei fattori di suscettività franosa, quali acclività, litologia e uso del suolo; due di questi parametri, Litologia e Pendenza, sono passivi, quindi non suscettibili di sensibili variazioni in tempi brevi; l’uso del suolo è un parametro attivo, quindi suscettibile di sensibili variazioni in tempi brevi.

5.2.1. Carta delle pendenze

Il territorio in esame si presenta come sub pianeggiante, con pendenze che si aggirano intorno a valori del 2-4%, pertanto, la carta delle pendenze riportata in **TAVOLA 4** attribuisce all’intera area di studio un peso di +2 [pendenze inferiori al 10%].

5.2.2. Carta litotecnica

Si riporta in tabella 16 una sintesi dei pesi attribuiti a ciascun litotipo.

LITOLOGIA	PESO CEMENTAZIONE	PESO SPESSORE	PESO COMPATTEZZA	PESO PERMEABILITA'	PESO TOTALE LITOLOGIA
DEPOSITI ALLUVIONALI Limi e argille	1,5	1	3	1,5	2
DEPOSITI ALLUVIONALI Sabbie con subordinati limi e argille	2	1	2,5	5,5	3
DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI Ghiaie con subordinate sabbie	5	1	6	4,5	4

TABELLA 15– Pesi assegnati ai vari litotipi per ciascun parametro considerato

Come riportato nella **tavola 5**, il territorio in esame ricade nel dominio delle alluvioni terrazzate [PESO 4]. Tuttavia dalle indagini in sito, pare che in affioramento siano perlopiù presenti sedimenti a tessitura sabbioso-argillosa. Tale aspetto sarà quindi preso in considerazione della determinazione finale della pericolosità geomorfologica.

5.2.3. Carta dell'Uso del suolo

La carta dell'Uso del suolo riportata in **Tavola 6** è stata redatta attribuendo dei pesi alle classi di uso perimetrate nella carta Corine Land Cover 2008 della regione Sardegna, così come disposto nella tabella 13 delle linee guida del PAI:

CLASSI D'USO DEL SUOLO	IMPEDENZA	PESO
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	NULLA	-2
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	MINIMA	-1
FRUTTETI, TESSUTO URBANO, INSEDIAMENTI INDUSTRIALI, PRATI STABILI, AREE RICREATIVE E SPORTIVE	MEDIOCRE	0
GARIGA, FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	BUONA	+1
PIOPPETI, SALICETTI, EUCALITTETI ECC, ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	OTTIMA	+2

TABELLA 16– Pesi assegnati all'Uso del Suolo

Il territorio in esame ricade interamente nelle aree a impedenza mediocre [PESO 0]; a seguito della conversione d'uso del suolo, l'area manterrà un valore di impedenza mediocre [PESO 0].

5.2.4. Classi di instabilità potenziale

Dalla sovrapposizione della carta delle Pendenze, dalla carta dell'Uso del Suolo e dalla carta Litotecnica si è dedotta la carta dell'instabilità potenziale riportata in **Tavola 7**.

Il lotto di progetto ricade interamente all'interno del perimetro delle aree a instabilità potenziale media [PESO 4].

5.3. FATTORI CLIMATICI

Le serie pluviometriche dal 1986 al 2018 riferite al comune di Oristano (comune adiacente all'area di progetto) identificano una pluviometria media annua pari a **472 mm, che identificano una zona non franosa.**

5.4. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

Nonostante l'areale d'indagine presenti un'instabilità potenziale media, trattandosi di un territorio pianeggiante, non si hanno evidenze geomorfologiche di processi in atto che posso generare situazioni di pericolo [**Tavola 3**]; anche i fattori climatici definiscono un area non franosa.

Sulla base di quanto sopra è stato attribuito all'intero territorio in esame un valore di pericolosità Hg0 [pericolosità assente] così come riportato in Tavola 8.

CONCLUSIONI

L'elaborato in argomento è redatto in ottemperanza ai contenuti dell'art. 8 comma 2 del PAI della regione Sardegna, conformemente all'allegato F delle norme di attuazione del PAI "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25 delle Norme di Attuazione del PAI".

Esso concerne la relazione geologica sulle indagini, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito, la relazione geotecnica, la caratterizzazione fisico meccanica dei terreni, la definizione della portanza e dei cedimenti, l'analisi geomorfologia di contesto, la definizione dell'instabilità potenziale e la valutazione della pericolosità geomorfologica, inerente il progetto "CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT'ANNA" RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE, STRUTTURA RESIDENZIALE PSICHIATRICA PER INTERVENTI SOCIO RIABILITATIVI E COMUNITÀ INTEGRATA PER ANZIANI" sito nel comune di Oristano.

Il sito da cartografia ricade all'interno delle sequenze alluvionali del quaternario costituite da ghiaie e sabbie; le indagini eseguite in sito hanno messo in evidenza come le litologie presenti sono perlopiù rappresentate da un'intercalazione di sabbie, limi e argille, a differente grado di ossidazione e addensamento/consistenza.

La portanza di queste terre è assai variabile in funzione della tessitura e del grado di cementazione; è palese che le maggiori criticità interessano la comprimibilità dei terreni più fini, pertanto preliminarmente alla realizzazione dei fabbricati sarà opportuno definire un'accurata indagine geognostica tesa a caratterizzare in modo esaustivo il terreno di sedime.

Da un punto di vista idrogeologico la coltre deposizionale è sede di un acquifero in pressione, confinato al tetto da uno strato impermeabile alla quota di -20,00 m da p.c.; tuttavia la quota piezometrica è attestata a +1,5 m.s.l.m. (-6,00 m da p.c.).

La direzione di filtrazione orientata verso nord/nord-ovest.

Il lotto d'indagine ricade parzialmente in aree perimetrare dal P2 e P3 del PGRA, corrispondenti alle aree Hi2-Hi3-Hi4 del PAI.

Il contesto geomorfologico è tipicamente costiero di ambiente fluvio-deltizio con deposizione di sedimenti provenienti dall'entroterra.

Da un punto di vista tettonico l'area è da considerarsi stabile; non vi sono inoltre evidenze di fenomeni legati a subsidenza della coltre alluvionale.

Per quanto concerne l'instabilità potenziale, l'areale ricade all'interno delle aree a instabilità potenziale media forte; tuttavia è ubicato in area sub-pianeggiante, le precipitazioni sono inferiori a

700 mm/anno e non vi sono evidenze geomorfologiche di fattori predisponenti al dissesto idrogeologico.

Sulla base di quanto sopra è stato attribuito all'intero territorio in esame un valore di pericolosità Hg0-Hg1 [pericolosità nulla-bassa].

Ciò premesso si ritiene che la variazione di destinazione d'uso del suolo e la successiva realizzazione del CENTRO SANITARIO ASSISTENZIALE SANT' ANNA, sia ammissibile e compatibile con i caratteri fisico-ambientali del territorio a contorno.

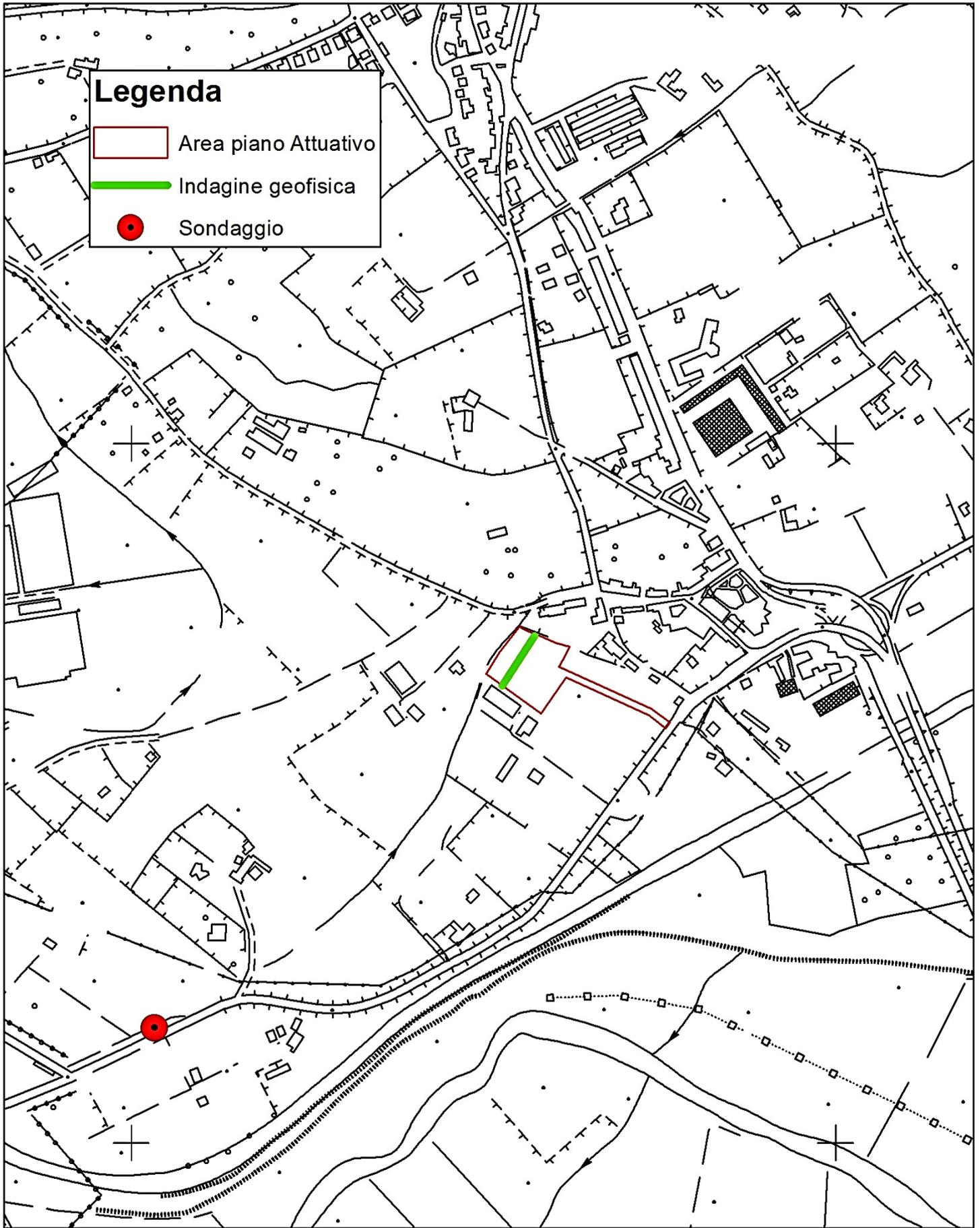
IL GEOLOGO



L'INGEGNERE



ALLEGATO 1



Legenda

-  Area piano Attuativo
-  Indagine geofisica
-  Sondaggio

0 100 200 400 600 800 Meters

