

SOMMARIO

1. GENERALITÀ	1
1.1. Premessa	1
1.2. Richiami normativi.....	1
1.3. Descrizione sommaria del progetto	2
1.4. Inquadramento topografico e territoriale.....	2
1.5. L'indagine geognostica	7
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	8
2.1. Inquadramento geologico	8
2.2. Assetto strutturale e tettonico.....	8
2.3. Assetto litostratigrafico locale.....	10
2.4. Stratigrafia dei terreni di fondazione	13
2.5. Assetto idrogeologico.....	14
2.6. Assetto morfologico ed idrografico.....	15
2.7. Sismicità dell'area	15
2.8. Classificazione sismica	17
3. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	18
3.1. Pericolosità sismica.....	18
3.2. Pericolosità idrogeologica	18
3.3. Pericolosità da frana.....	18
3.4. Pericolosità da inondazione	18
4. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE	19
4.1. Parametrizzazione geotecnica.....	19
4.2. Vulnerabilità sismica.....	19
4.3. Suscettibilità alla liquefazione	19
5. CONCLUSIONI	20



1. GENERALITÀ

1.1. Premessa

L'Associazione Sportiva Dilettantistica *KONSUL EDIL*⁽¹⁾, in qualità di affidatario degli impianti sportivi del parco "Scolopi s'Arei" in Comune di San Gavino Monreale, sta promuovendo un project financing per la realizzazione di due campi da padel.

In ottemperanza alla normativa vigente, il suddetto promotore ha conferito incarico allo scrivente geologo *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽²⁾ per l'esecuzione di uno studio volto alla definizione dell'assetto geologico, morfologico e idrogeologico dell'area di specifico intervento edilizio, nonché atto a ricostruire i caratteri litostratigrafici e litotecnici dei terreni del sedime, al fine di valutare la fattibilità dell'opera in progetto in relazione alle caratteristiche del sito.

Alla fine del mese di aprile è stata condotta un'indagine geognostica esplicatasi in un rilievo di superficie in un intorno sufficientemente rappresentativo, a cui ha fatto seguito l'esecuzione di un saggio geognostico a mezzo escavatore meccanico. Il rinvenimento a breve profondità dal piano di campagna attuale del substrato litoide e la conoscenza dei luoghi acquisita dalla scrivente nel corso di studi condotti nelle immediate vicinanze per altre iniziative edilizie, hanno consentito di formulare una esauriente modellazione geologica e geotecnica del sito per la fase progettuale in essere.

1.2. Richiami normativi

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003** «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;

⁽¹⁾ Sede a Cagliari in Corso Vittorio Emanuele n. 149.

⁽²⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell'11.03.2005;
- **Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del 21.03.2008** «Norme di Attuazione del P.A.I.».

1.3. Descrizione sommaria del progetto

L'intervento in progetto si epilicherà nella costruzione di due campi da padel, previa sistemazione planoaltimetrica dell'areale e successiva realizzazione di un platea di spessore

L'ingombro di ciascun campo sarà di (10,0 x 20,0) m².

1.4. Inquadramento topografico e territoriale

L'areale oggetto dell'iniziativa di edilizia sportiva, della superficie di circa 700 m², è ubicato nel settore centro-settentrionale dell'abitato di Sanluri (Provincia del Sud Sardegna), all'interno del Parco Scolopi, già dotato di infrastrutture e campi per lo sport.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio 547 "VILLACIDRO" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 547-I "SANLURI" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 547-030 "SANLURI" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Foglio 27 Mappale 914

Le coordinate chilometriche (Gauss Boaga) che individuano il previsto punto di ricerca sono:

X = 1.491.518,88

Y = 4.379.269,62

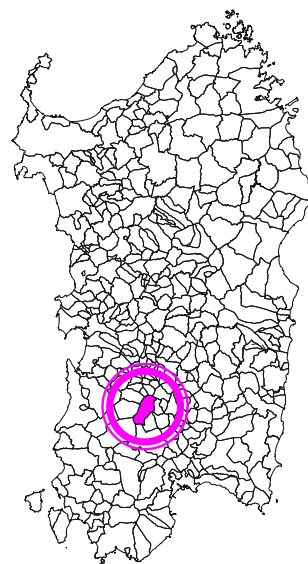


FIGURA 1.1
Comune di Sanluri
Inquadramento geografico.



FIGURA 1.2 – Vista satellitare del sito che ospiterà l'intervento in progetto (Google Earth, acquisizione anno 2019).



FOTO 1.1 – Panoramica del sito che ospiterà l'intervento in progetto.

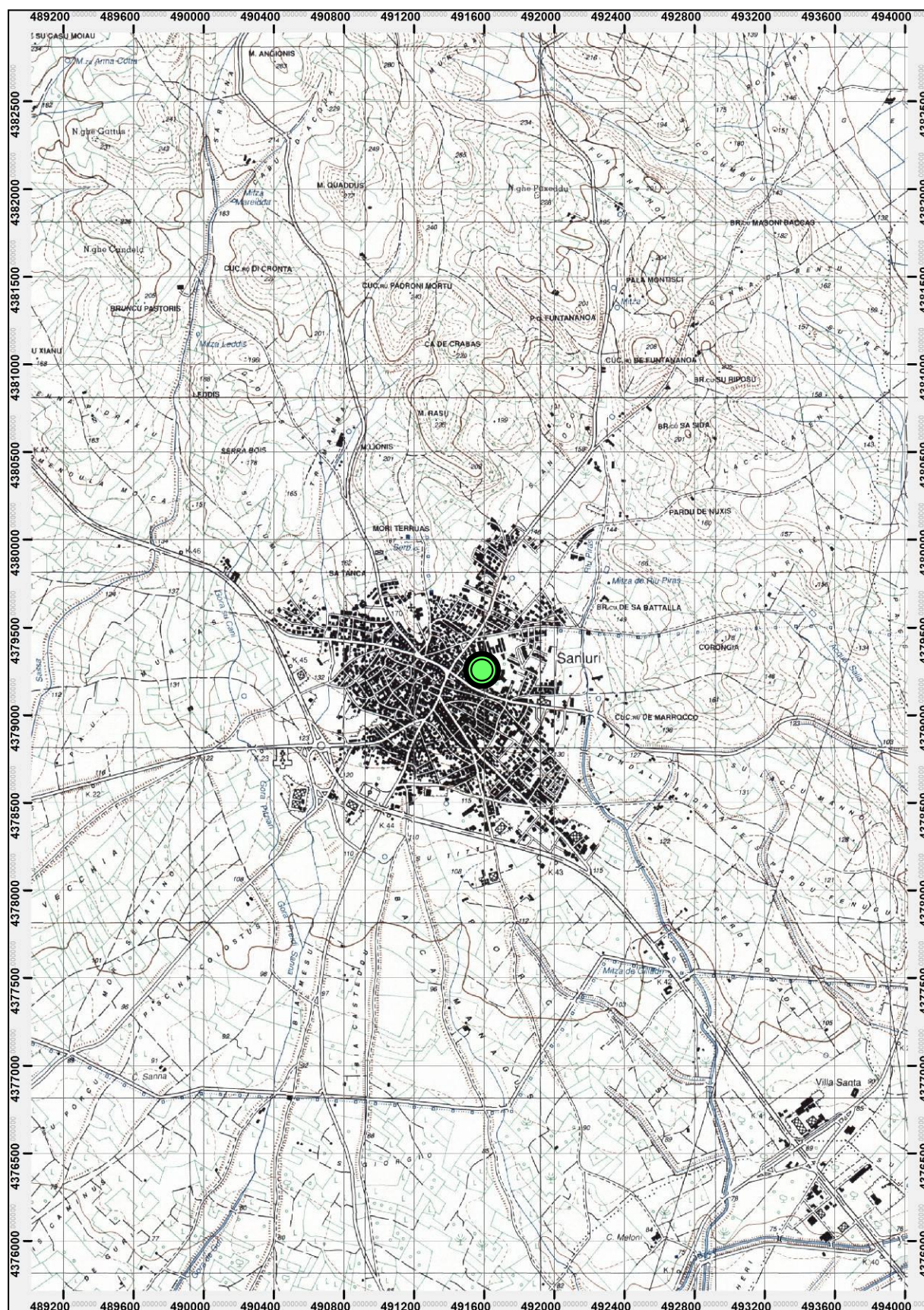


FIGURA 1.3 – Ubicazione dell'intervento in progetto su stralcio cartografia I.G.M.I. in scala 1:25.000.

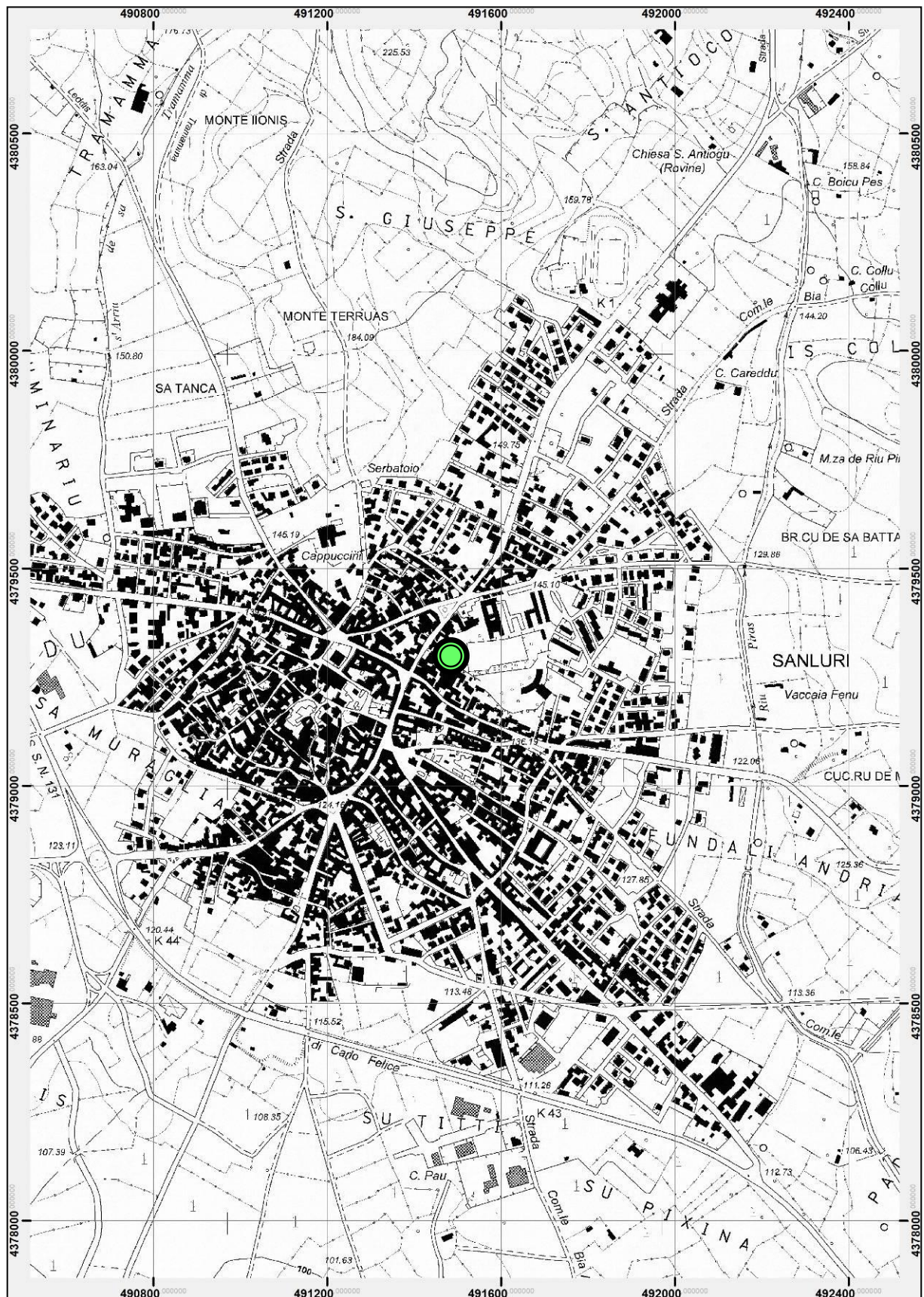


FIGURA 1.4 – Ubicazione dell'intervento in progetto su stralcio stralcio C.T.R. numerica in scala 1:10.000.

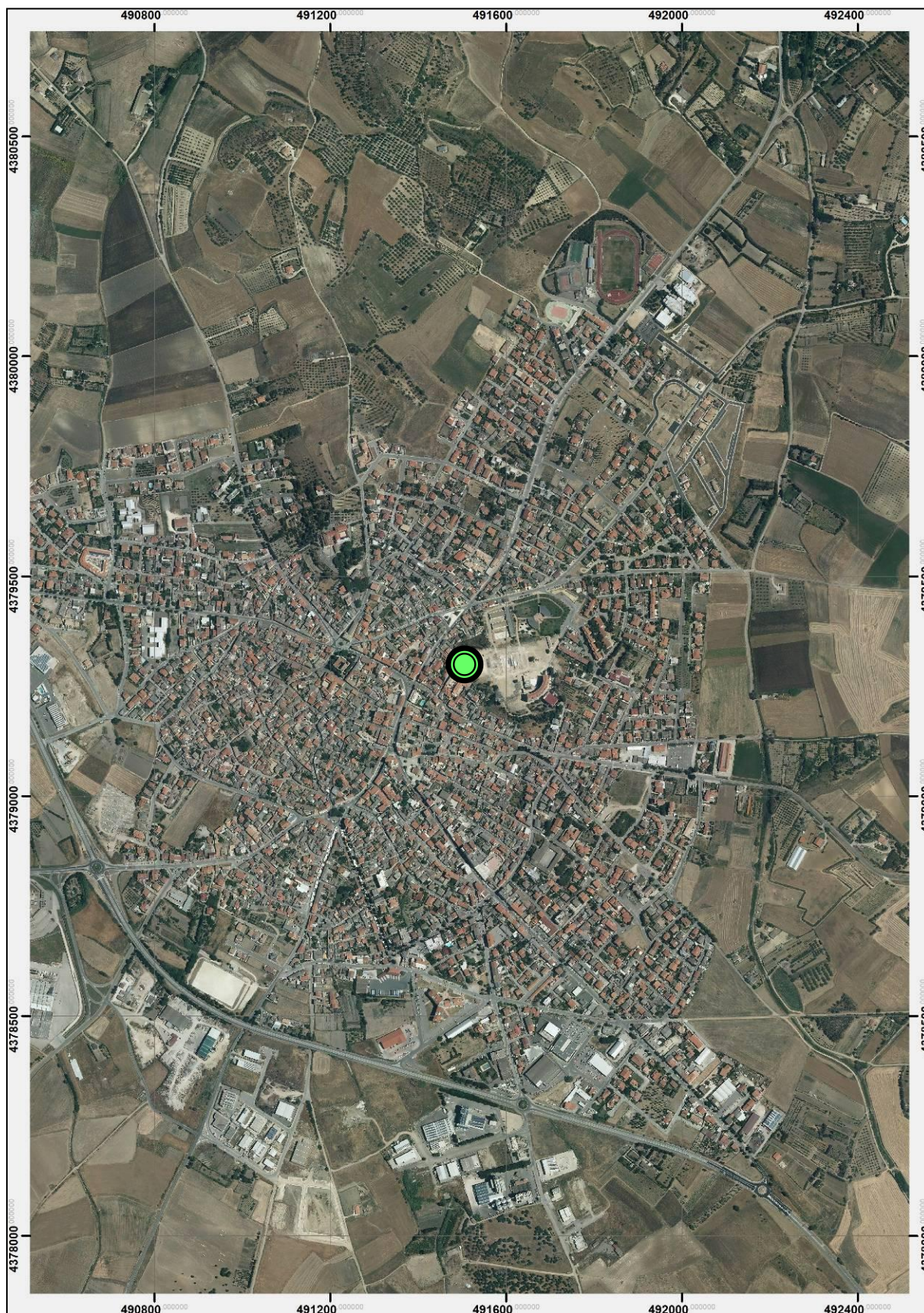


FIGURA 1.5 – Ubicazione dell'intervento in progetto su stralcio ortofotogrammetrico in scala 1:10.000.

1.5. L'indagine geognostica

Ferme restando le finalità dello studio precedentemente illustrate, l'indagine geognostica si è esplicata nella realizzazione, mediante piccolo escavatore cingolato, di un pozzetto geognostico in corrispondenza del futuro ingombro dei campi ed approfondito circa 0,40 m, ovvero sino al rinvenimento della roccia.

I materiali estratti sono stati adagiati lateralmente allo scavo e poi utilizzati per riempire il medesimo e ripristinare lo stato dei luoghi una volta ultimati i rilievi stratigrafici ed acquisita la documentazione fotografica.



FOTO 1.2, 1.3 e 1.4 – Fasi esecutive del pozzetto geognostico ed acquisizione della stratigrafia dei terreni.

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. Inquadramento geologico

Il settore in studio ricade nel bordo orientale del Campidano, vasta area pianeggiante che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*, originatasi per sprofondamento e successiva colmata con un insieme di sedimenti (marini e continentali) e prodotti vulcanici, che localmente raggiunge lo spessore di qualche migliaio di metri.

In particolare il sito di intervento si caratterizza per la presenza di un substrato litificato costituito da un insieme di litologie di varia genesi ascrivibili al Terziario tra cui la sequenza vulcano-sedimentaria del Miocene inferiore ascrivibile alla *Formazione della Marmilla Auct.*, che affiorano diffusamente nelle colline al contorno del centro urbano, diffusamente ricoperto da una coltre eluvio-colluviale.

Ampie aree dell'abitato di Sanluri sono invece impostate sui sedimenti verosimilmente appartenenti alla *Formazione di Samassi* (Pliocene medio e superiore), potente successione sedimentaria sintettonica depostasi in ambiente continentale fluviale e/o fluvio-lacustre formatasi a scapito delle rocce appartenenti alla *Formazione della Marmilla Auct.*. I depositi appartenenti alla *Formazione di Samassi* rappresentano quindi il risultato della colmata dei bacini sedimentari sintettonici allungati in direzione NNW-SSE in stretta correlazione con la tettonica distensiva plio-quadernaria.

Solo ad E e NE, in territorio di Furtei, affiorano i prodotti del vulcanismo calcoalcalino dell'Oligocene superiore / Miocene costituiti da prevalenti rocce andesitiche e andesitico-basaltiche in colate laviche, epiclastiti e piroclastici e lave massive andesitiche e dacitiche. Tali rocce attraversano e talora ricoprono sedimenti arenacei più antichi (Eocene medio ed appartenenti alla *Formazione del Cixerri*), a loro volta sormontati dai depositi clastici formanti la base del primo ciclo sedimentario miocenico (*Formazione di Ussana*).

L'evoluzione morfodinamica dei luoghi avvenuta durante il Quaternario ed in particolare gli effetti della sovrapposizione dei cicli erosivo/deposizionali connessi con le estreme oscillazioni climatiche pleistoceniche (periodi glaciali e interglaciali) hanno determinato la formazione dell'attuale coltre detritica alluvio-colluviale, sulla quale si esplica l'attività dell'uomo.

2.2. Assetto strutturale e tettonico

Come accennato, la piana del *Campidano*, areale particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica recente della Sardegna dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*, la cui formazione si deve ad un'intensa tettonica disgiuntiva verificatasi durante il Terziario – soprattutto dopo il Tortoniano (Miocene medio-superiore – che ha provocato lo sprofondamento di questo settore mediante un sistema di faglie (con un rigetto complessivo valutabile tra 500 m e 1.500 m) impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche.

Le evidenze di queste faglie, orientate perlopiù in direzione N-S e NNW-SSE e talora dislocate da lineazioni NE-SW, sono particolarmente osservabili proprio nell'area cagliaritano e a nord di essa dove hanno dato luogo ad un complesso sistema di "horst" e "graben" minori che ne giustificano l'attuale configurazione morfologica. Le faglie più importanti, per continuità e per l'entità del movimento crostale verticale, sono quelle che delimitano ad est e ad ovest i bordi dell'attuale piana campidanese.

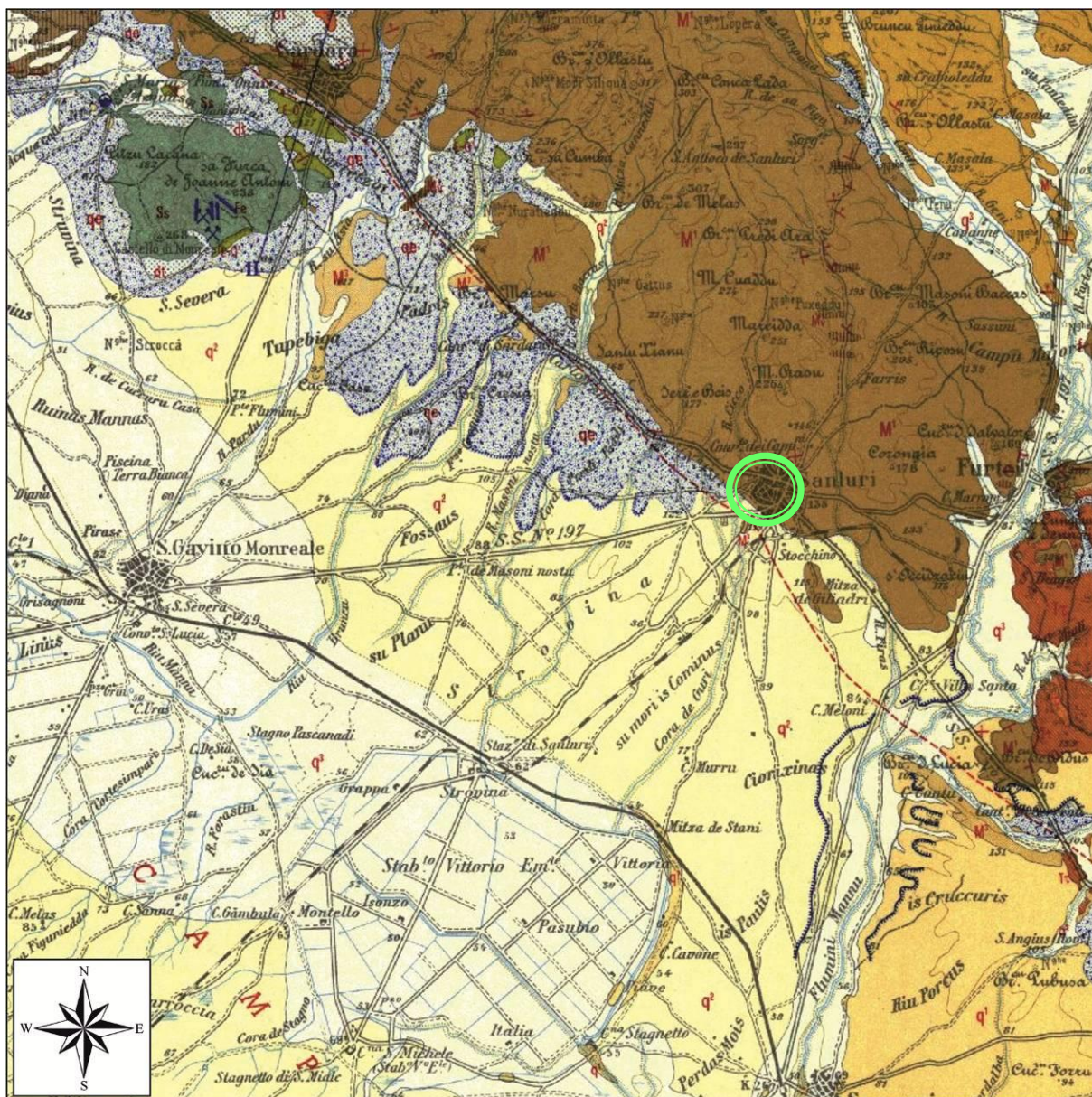


FIGURA 2.1 – Inquadramento geologico del settore (fuori scala).

La cartografia è tratta da “Carta Geologica d’Italia” Foglio 224-225 “CAPO PECORA-GUSPINI” scala 1:100.000 edita da: SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA, REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, modificata.

- qe** Complessi eluvio-detritici
- q3** Alluvioni ciottolose, locali livelli argillo-sabbiosi di facies palustre, lacustre o salmastra, recenti ed attuali.
- q2** Depositi alluvionali e palustri con conglomerati, sabbie ed argille.
- q1** Depositi alluvionali e lacustro-palustri con sabbie, conglomerati e concrezioni calcaree; argille e sabbie argillose (Pleistocene).
- M3** Arenarie grossolane, talora conglomeratiche, ad esementi prevalentemente paleozoici, con livelletti di arenarie fini (Miocene superiore).
- M2** Marne siltose (Miocene medio).
- M1** Marne siltose ed arenarie fini con intercalazioni di tufi cineritici, a grosse pomici (Miocene inferiore).

Durante le varie vicissitudini geologiche connesse con l'evoluzione della orogenesi alpina, l'insieme delle litologie terziarie sono state interessate da significative deformazioni tettoniche che hanno determinato la frammentazione dell'originaria sequenza deposizionale e causato la formazione di importanti dislocazioni con contatti anomali tra rocce appartenenti a epoche geologiche differenti.

Merita particolare attenzione la fase tettonica sostanzialmente distensiva connessa con l'apertura del Mare Tirreno durante il Pliocene che in Sardegna ha avuto importanti ripercussioni culminate con la formazione della fossa tettonica campidanese, ampia e profonda depressione che dal settore del Golfo di Oristano giunge sino al Golfo degli Angeli cagliaritano. Tale fossa, innescando una intensissima erosione lungo i suoi bordi rialzati, è stata successivamente colmata durante il Plio-Quaternario dai prodotti di smantellamento delle rocce affioranti e trasportati dall'antico reticolo di drenaggio fluvio-torrentizio sino a formare l'attuale piana del Campidano.

Sempre durante il Plio-quaternario si assiste ad una parziale riattivazione delle lineazioni strutturali oligo-mioceniche soprattutto nel Sulcis meridionale, dove si verifica il collasso del complesso andesitico oligocenico e la deposizione di una potente successione detritica costituita da conglomerati, arenarie quarzose e siltiti più o meno marnose (*F.ne del Cixerri*).

La subsidenza del Campidano continua rispetto al resto dell'Isola, favorendo l'azione dei corsi d'acqua che, per adeguarsi alle variazioni eustatiche del Quaternario, incidono in maniera sempre più efficace i rilievi durante le fasi regressive e depositano il loro carico detritico sopra i sedimenti terziari in concomitanza degli innalzamenti del livello marino.

2.3. Assetto litostratigrafico locale

L'areale in argomento, come del resto l'abitato di Sanluri, si situa in prossimità di una importante linea di discontinuità crostale che separa il bordo nord orientale del Campidano – piana di origine tettonica – dal settore bassocollinare che caratterizza invece la Marmilla meridionale. Ciò, dal punto di vista geologico rappresenta anche un netto contatto tra litologie molto differenti sia per età, sia per genesi, sia per modalità di deposizione. Infatti mentre il settore campidanese risulta costituito prevalentemente da sedimenti associati a prodotti vulcaniti, di età riferibile all'Oligocene superiore – Miocene inferiore.

Nel dettaglio, dall'insieme delle informazioni estrapolate dalla cartografia geologica regionale edita dall'APAT, di cui è riportato uno stralcio in **FIGURA 2.2**, si evince il seguente schema stratigrafico locale, a partire dall'unità dalla più recente:

hr	Materiali di riporto ed aree bonificate	[Olocene - Attuale]
b2	Coltri eluvio colluviali	[Olocene]
bnc	Alluvioni costituiti da limi ed argille	[Olocene]
bnb	Alluvioni costituite da sabbie con subordinati limi ed argille	[Olocene]
bna	Alluvioni costituite da ghiaie con subordinate sabbie	[Olocene]
PVM2a	Depositi alluvionali antichi	[Pleistocene superiore]
BSUa	Andesiti basaltiche e basalti massivi	[Burdigaliano]
RML	Marne siltose e livelli arenacei	[Aquitano - Burdigaliano]

di seguito descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del presente lavoro.

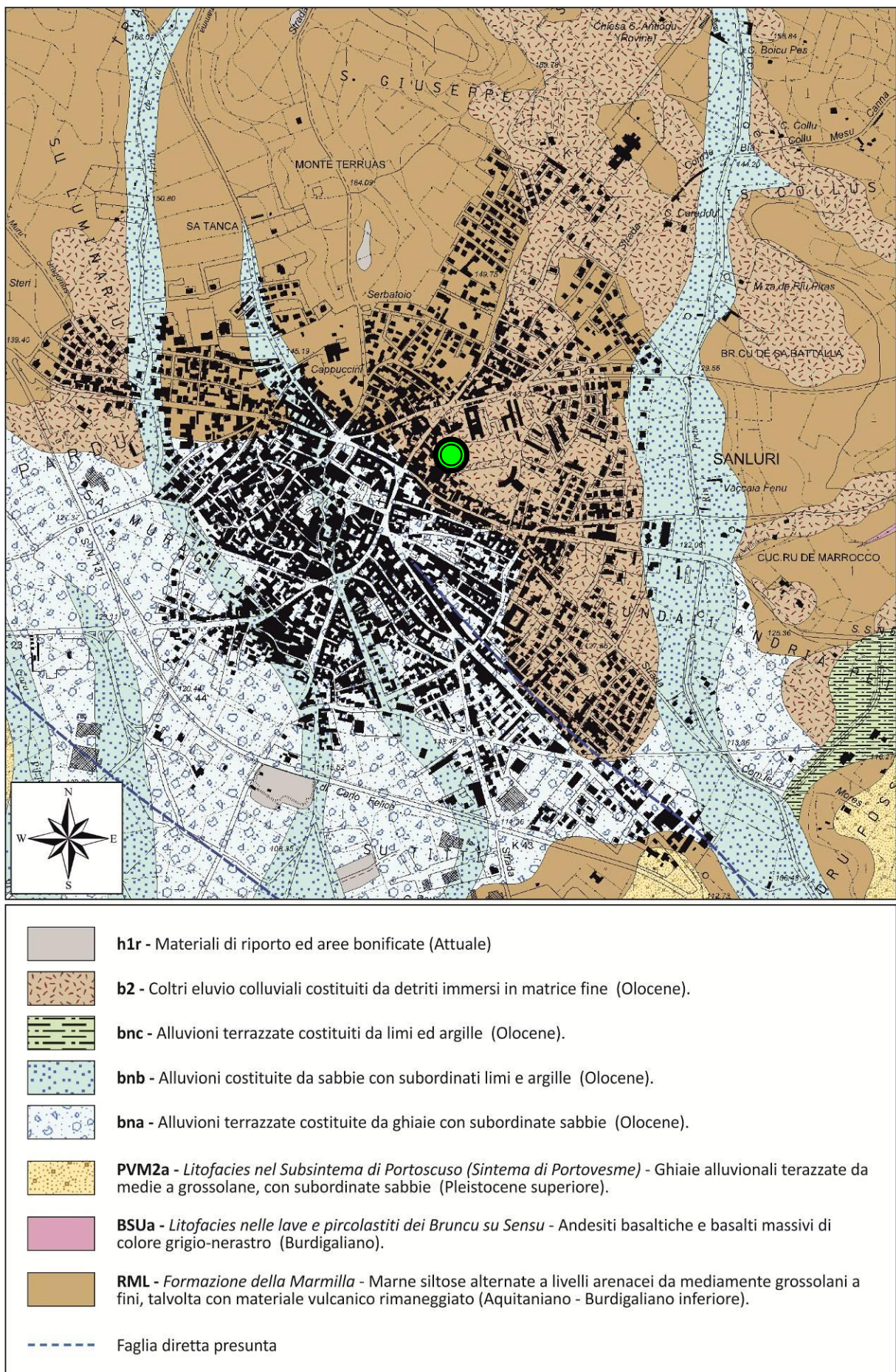


FIGURA 2.2 - Stralcio della “CARTA GEOLOGICA D’ITALIA” a cura di: APAT - Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia, modificata in scala circa 1:15.000.

h1r - Depositi antropici

Trattasi di depositi detritici estremamente eterogenei, derivanti da tutto l'insieme di modifiche prodotte dall'uomo all'assetto naturale dei luoghi nel corso dei secoli e funzionali al complesso processo di urbanizzazione. Si annoverano anche i materiali impiegati per le bonifiche.

b2 - Coltri eluvio-colluviali

Sono terre costituite da limo, sabbia ed argilla in svariate proporzioni e per tale motivo a comportamento geotecnico molto variabile (incoerente, coesivo, misto), ad elevata componente carbonatica in quanto derivano dalla alterazione e risedimentazione delle marne costituenti i rilievi miocenici circostanti. Si rinvengono generalmente in corrispondenza di paleo-depressioni o lungo i pendii collinari meno acclivi.

Sovente contengono livelli da pluridecimetrici sino a submetrici fortemente carbonatici (accumuli di CaCO_3 di precipitazione - "crostoni s.l.") dal tipico colore biancastro, compatti allo stato asciutto e leggermente compressibili in presenza d'acqua. Talora possono caratterizzarsi per la presenza di uno scheletro clastico sabbio-ghiaioso derivante dal rimaneggiamento dei termini arenacei miocenici e delle alluvioni del Quaternario antico.

Il grado di consistenza è spesso discreto laddove non sono presenti rimaneggiamenti da parte di attività agricola. Il colore è in genere marrone con varie sfumature più chiare in funzione della presenza o meno di carbonati.

bn - Alluvioni terrazzate

~~Si tratta di~~ Sedimenti eterogranulari ascrivibili ad alluvioni da ghiaiose [**bn**a] a sabbiose [**bn**b] ben addensate, disposte in corpi deposizionali passanti ad alluvioni limoso-argillose [**bn**c] molto compatte, spesso legate da ossidi di ferro e manganese e significativa presenza di carbonati di genesi secondaria.

I clasti costituenti tali sedimenti, più o meno elaborati in funzione delle modalità di trasporto sono formati in prevalenza da rocce mioceniche vulcaniche e sedimentarie ed in subordine da rocce metamorfiche. Il colore è prevalentemente rossastro-arancio più o meno marcato, legato ai fenomeni di ossidazione della frazione limoso-argillosa subiti in passato in condizioni paleo-ambientali subaeree caldo-umide con formazione di ossidi e idrossidi di ferro (ematite e limonite).

PVM2a - Alluvioni antiche

Queste alluvioni, annoverabili al *Sintema di Portovesme (Litofacies nel Subsintema di Portoscuso)* costituita da prevalenti depositi ghiaiosi con clasti di dimensioni da medie a grossolane, con subordinati livelli di sabbie, formatasi in seguito all'accumulo di materiali erosi dai rilievi circostanti.

Comunemente indicati come "*Alluvioni antiche*", questi depositi sono costituiti da sedimenti ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa-argilloso-limosa, associati a depositi sabbioso-ghiaiosi, ben addensati, con grado di ossidazione spinto che conferisce a queste terre il tipico colore "arrossato". Lo scheletro è costituito da materiali clastici poligenici provenienti dallo smantellamento dei rilievi paleozoici e vulcanici al contorno.

Locali eteropie laterali e verticali, conseguenti alle variazioni di regime idrico dei corsi d'acqua, caratterizzano il materasso alluvionale dando luogo a lenti e lingue più fini (limi e argille) o a sacche di ciottolame.

Lo spessore è generalmente pluridecametrico.

BSUa - Andesiti basaltiche e basalti massivi

Rappresentano una Litofacies delle Lave e piroclastiti di Bruncu su Sensu, costituita da prodotti lavici delle manifestazioni vulcaniche della Marmilla.

La loro denominazione deriva dal fatto che affiorano diffusamente nel rilievo omonimo a SW di Furtei, ove iniettano i sedimenti della Formazione della Marmilla. Trattasi di basalti ed andesiti basaltiche di colore grigio-nerastro con tessitura da fluidale a isotropa, struttura porfirica per fenocristalli di plagioclasio, pirosseno, olivina.

Corpi filoniani allungati in direzione NE-SW si rinvenivano ad est di Sanluri.

RML- Marne siltose e livelli arenacei

Depositi ascrivibili alla Formazione della Marmilla, sono costituiti prevalentemente da sedimenti fini, quali marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigie e giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro ed il metro, il cui spessore complessivo è dell'ordine di qualche centinaio di metri.

L'attività ignea, i caratteri sedimentologici e le strutture plicative sinsedimentarie evidenti alla mesoscala, testimoniano un'accentuata instabilità tettonica del bacino di sedimentazione.

2.4. Stratigrafia dei terreni di fondazione

Sulla base dell'indagine all'uopo condotta coadiuvata dai dati estrapolati da numerose indagini svolte dalla scrivente nelle vicinanze per altre iniziative edilizie, è stato ricostruito il modello litostratigrafico locale del sito che vede la soggiacenza, a brevissima profondità dal piano di campagna attuale, del substrato marnoso miocenico ascrivibile alla *Formazione della Marmilla* [**Strato B**], preceduto da un'esile suolo pedogenizzato ed attraversato da radici [**Strato A**] dello spessore di 0,20 m.

Alla luce di quanto, va da sé che i soli terreni che rivestono significatività per i fini applicativi che interessano è quello identificabile con lo **Strato B**, nel caso rappresentato da marne arenacee di colore giallastro, fittamente stratificate, da molto consistenti sino a litoidi.

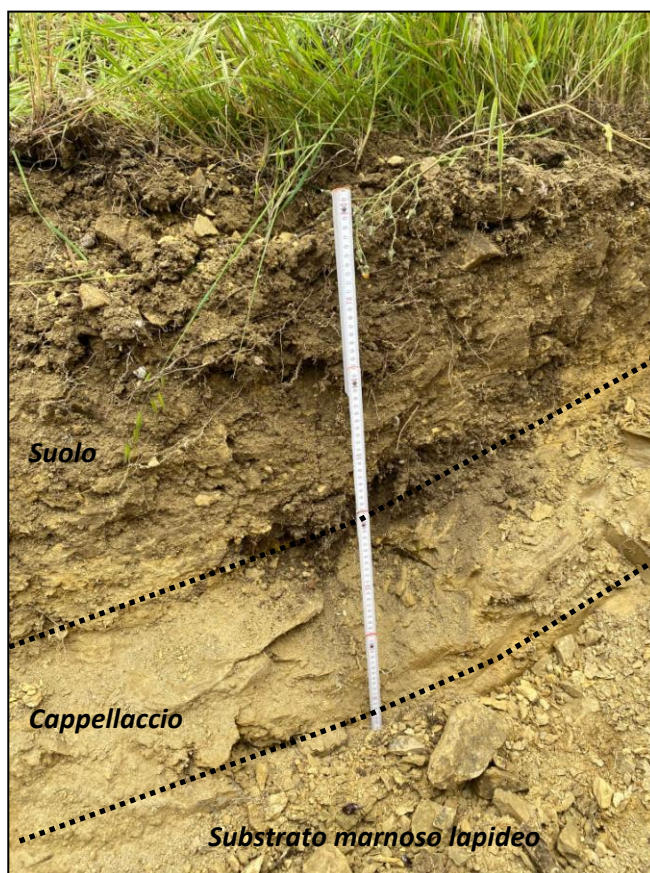


FIGURA 2.3 – Stratigrafia del pozzetto geognostico.



FOTO 2.1 – Frammenti di marna lapidea estratti dal pozzetto geognostico.

Il loro comportamento è essenzialmente “coesivo” per via della marcata composizione argillosa, tale per cui, sebbene indeformabili sotto carico in condizioni “indisturbate”, una volta private del carico litostatico e peggio ancora se esposte anche per breve tempo (ore, giorni) agli agenti esogeni, tendono a detensionarsi rapidamente e ad assumere caratteristiche negative simili a quelle delle terre dalle quali si sono originate (fanghi argillosi) in bacini marini profondi.

A suffragio di quanto, nella porzione sommitale è usuale che si presentino alterate e decomprese, moderatamente consistenti (“cappellaccio”), suscettibili ad un significativo peggioramento delle loro proprietà in presenza di acqua, ovvero predisposte al rigonfiamento ed al ritiro e quindi decisamente poco affidabili come “terreni di fondazione”.

2.5. Assetto idrogeologico

L’assetto idrogeologico locale è condizionato dalla presenza del substrato marnoso-arenaceo a brevissima profondità dal p.c. pressochè impermeabile. Anche la coltre detritico eluviale sommitale, per la prevalente componente argillosa e l’esiguo spessore, è altrettanto poco favorevole ad ospitare flussi idrici significativi.

Vero è che nell’ambito del complesso marnoso talora può instaurarsi una certa circolazione idrica in corrispondenza dei livelli arenaceo-sabbiosi e delle bancate carbonatiche, dotate di una discreta permeabilità per porosità interstiziale le prime e per fratturazione le altre. In ogni caso, trattasi di falde impostate oltre le profondità di scavo per cui ininfluenti ai fini applicativi che interessano.

2.6. Assetto morfologico ed idrografico

Il parco ove si prevede la realizzazione dei campi, si inserisce in un ambito caratterizzato da forme ondulate tipiche del margine sud-orientale del “*Graben Campidanese*”, con rilievi arrotondati e versanti che si raccordano verso valle con pendii a debole inclinazione ove, di frequente, sono interessati da minime variazioni di quota dovute ai terrazzi alluvionali.

Nello specifico, il sito ha una quota media di circa 140 m s.l.m.m. con debole vergenza a sud.

In considerazione del basso gradiente idraulico e del fitto tessuto urbano, la rete idrografica è del tutto obliterata per cui non si ravvisano elementi idrografici direttamente interferenti.

I corsi d'acqua più significativi del settore sono il *Rio Piras* ed il *Gora Pitziari / Gora Preidi Sanna* che scorrono con direzione N-S N rispettivamente ad oriente ed occidente dell'urbe di Sanluri.

2.7. Sismicità dell'area

L'attività tettonica nel settore, come per tutta l'Isola, viene considerata molto bassa o quiescente e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore e Olocene) se non quelle dovute a fenomeni di subsidenza.

Alla luce della posizione centrale nel Mediterraneo, non si esclude che eventi sismici di eccezionale intensità, localizzati nel Tirreno meridionale e centrale, possano indurre vibrazioni registrabili anche nel territorio sardo i cui effetti sulle strutture in oggetto possono verosimilmente ritenersi di blanda entità.

La bassa sismicità della Sardegna è nota, in virtù della generale stabilità del blocco sardo-corso negli ultimi 7 m.a.. Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web “DBMI04”, per l'Isola non sono segnalati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli.

Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius. Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 9 novembre 2010, nella costa NW dell'Isola.

Altri episodi, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati in Sardegna nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 ed ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità. Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore a 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

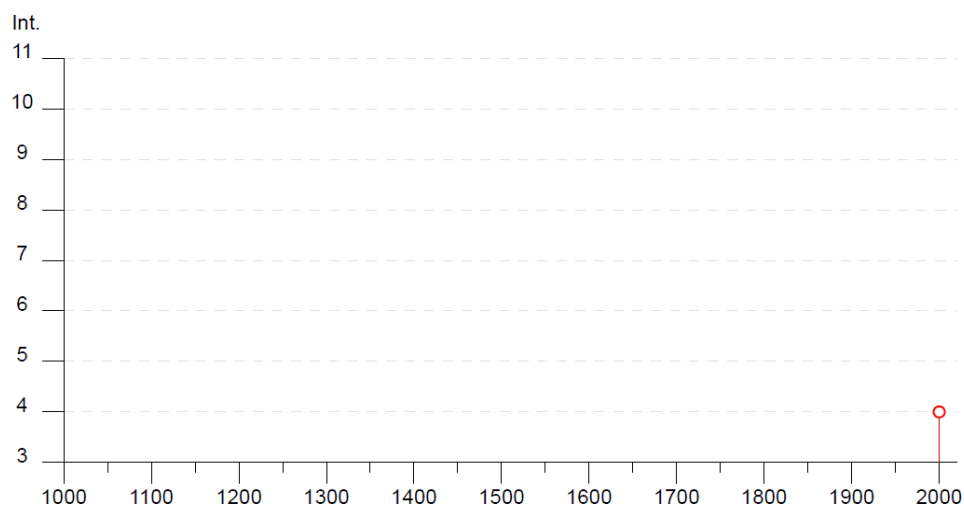
- **CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015**
Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.
- **DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015**
Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2014.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nel Comune di Sanluri.

Si segnala altresì il terremoto del 26.04.2000 nel Mar Tirreno Centrale (40.955 N – 10.097 E, profondità circa 1 km) la cui magnitudo è risultata di 4,77, avvertito nel territorio comunale con intensità pari a 4 (**FIGURA 2.4**).

Sanluri

PlaceID	IT_68886
Coordinate (lat, lon)	39.562, 8.898
Comune (ISTAT 2015)	Sanluri
Provincia	Medio Campidano
Regione	Sardegna
Numero di eventi riportati	1



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Villanovaforru	1	8
Sardara	1	9
Samassi	1	9

FIGURA 2.4 – Eventi avvertiti nel Comune di Sanluri e località vicine (estratto da DBMI15).

2.8. Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*» entrata in vigore dal 25.10.2005, in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0,025g: a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **a_g** è assegnato un valore di **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione. Pur tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**$I_{max/pon}$**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione. Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

3. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

3.1. Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

3.2. Pericolosità idrogeologica

L'assetto idrogeologico del settore è condizionato dalla presenza di un basamento litificato marnoso poco recettivo ad ospitare flussi idrici sotterranei a quote direttamente interagenti con gli scavi e le opere in progetto. Per tale ragione non sussistono i presupposti perche possano qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

3.3. Pericolosità da frana

Il Comune di Sanluri appartiene al Sub-bacino Campidano-Flumendosa-Cixerri (**N. 7**).

Dalla consultazione della relativa cartografia, per l'areale in studio ed un suo congruo intorno, non sono indicate condizioni di pericolosità da frana. Questa constatazione è altresì suffragata dall'esito dei rilievi all'uopo condotti che non hanno fatto ravvisare condizioni di criticità ante- e post-operam.

3.4. Pericolosità da inondazione

In considerazione dell'assetto planoaltimetrico del sito e della posizione marginale rispetto alle direttrici di scorrimento delle acque superficiali, si esclude che il sito sia potenzialmente esposto a fenomeni di inondazione piuttosto che da allagamenti da parte delle acque meteoriche sia zenitali che afferenti dall'intorno.

A suffragio di quanto, le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico (art. 8 comma 2) non indicano alcuna criticità per il sito specifico.

Non risulta altresì perimetrato all'interno del Piano delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) e nel Piano Gestione e Rischio Alluvioni (P.G.R.A.). Dalla medesima fonte cartografica ufficiale della Sardegna (<http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai>), risulta che né l'areale di intervento né quelle vicinori siano state allagate in concomitanza del cosiddetto "ciclone Cleopatra".

4. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

4.1. Parametrizzazione geotecnica

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, il sedime che ospiterà l'intervento vede la presenza, sotto un'esile coltre eluviale, di sedimenti argilloso-marnosi della "Formazione della Marmilla", da compatti fino a pseudo-lapidei. Alterate nella parte superiore, sono dotate di elevate caratteristiche di resistenza al taglio e compressibilità pressochè nulla.

Sulla base dei dati acquisiti in occasione di indagini eseguite nelle vicinanze per altre iniziative edilizie, si possono associare i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

- | | |
|----------------------------------|---|
| – Peso di volume naturale | $\gamma_{\text{nat}} = 20,00 \div 21,50 \text{ kN/m}^3$ |
| – Angolo di resistenza al taglio | $\phi' = 22 \div 27^\circ$ |
| – Coesione | $c = 1,50 \div 2,00 \text{ daN/cm}^2$ |
| – Modulo Elastico | $E_{\text{el}} = 300\text{-}500 \text{ MPa}$ |

4.2. Vulnerabilità sismica

La vulnerabilità sismica, definita come la probabilità che una struttura di un certo tipo possa subire un certo livello di danneggiamento a seguito di un terremoto di una determinata intensità, è valutata sulla base della scala MSK a cura di S. MEDVEDEV, W. SPONHAUER e V. KARNIK nelle edizioni del 1964, 1976 e 1981. Detta classificazione suddivide gli edifici in tre classi di vulnerabilità (A, B e C) collegate direttamente ad altrettanti gruppi di tipologie edilizie. Alla classe A corrispondono gli edifici in muratura più scadente (struttura portante in pietrame), alla classe B gli edifici in muratura più resistente (struttura portante in mattoni) e alla classe C gli edifici con struttura in cemento armato.

In considerazione della tipologia costruttiva in oggetto e della sismicità locale, l'intervento può definirsi come "*marginalmente vulnerabile*".

4.3. Suscettibilità alla liquefazione

Le N.T.C. 2018 prevedono che la verifica nei confronti della liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,10 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in FIGURA 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso dello specifico intervento, essendo **ag = 0,088 g**,

la verifica alla liquefazione può essere omessa

5. CONCLUSIONI

Le analisi effettuate in questa sede – basate sui rilievi condotti in situ e da dati in possesso della scrivente – hanno consentito una ricostruzione dell'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico locale, nonché dei caratteri litostratigrafici e litotecnici dei terreni, sufficientemente esaustiva per la fase progettuale in essere.

La presenza del basamento marnoso-arenaceo terziario a breve profondità dal p.c. non pone alcuna problematica in ordine alla compatibilità della capacità portante (R_b) rispetto al valore di progetto dell'azione (E_d), stante i modestissimi carichi in gioco. Per le stesse motivazioni non si attendono cedimenti di entità apprezzabile. Lo stesso vale per il muro di sottoscarpa da realizzare nel lato a monte, fermo restando che la soletta dovrà essere incassata interamente nella roccia marnosa.

Tuttavia, in considerazione della marcata composizione argillosa dei terreni, per l'esecuzione degli sbancamenti si dovrà prevedere la pulizia del fondo scavo in condizioni di totale assenza d'acqua e l'immediato getto contro terra di uno strato di magrone per evitare il rapido detensionamento della compagine rocciosa e la compromissione irreversibile delle sue proprietà fisico-meccaniche. Qualora non sia possibile operare nell'arco delle poche ore, in alternativa si potrà lasciare un franco di alcuni decimetri rispetto alla quota definitiva di scavo, da rimuovere all'ultimo momento.

Inoltre, la scarsa capacità di drenaggio del substrato marnoso, suggerisce la posa di uno strato anticapillare di almeno 0,30 m di pietrame grossolano ($\varnothing$ 30÷100 mm) con impronta slargata di 0,50 m rispetto alla piastra ed annesso pozzetto di raccolta e smaltimento.

Allo stato attuale non sono state ravvisate potenziali condizioni di instabilità morfologica né fattori potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia o di inondazione.

Gli sbancamenti potranno essere realizzati mediante i classici mezzi meccanici seppur di adeguata potenza. Per l'elevata frazione fine plastica si può escludere un loro riutilizzo come materiale drenante o per sistemazioni planoaltimetriche ove si prevede il posizionamento di qualsivoglia opera strutturale. Le terre e rocce prodotte dagli scavi potranno essere gestiti o come "sottoprodotti" o come "rifiuti" purché nel rispetto della normativa vigente.

Alla luce di quanto esposto si valuta positivamente la fattibilità dell'intervento. **MFL**

DATA: 12 maggio 2021

IL GEOLOGO:
Dott. Maria Francesca Lobina

