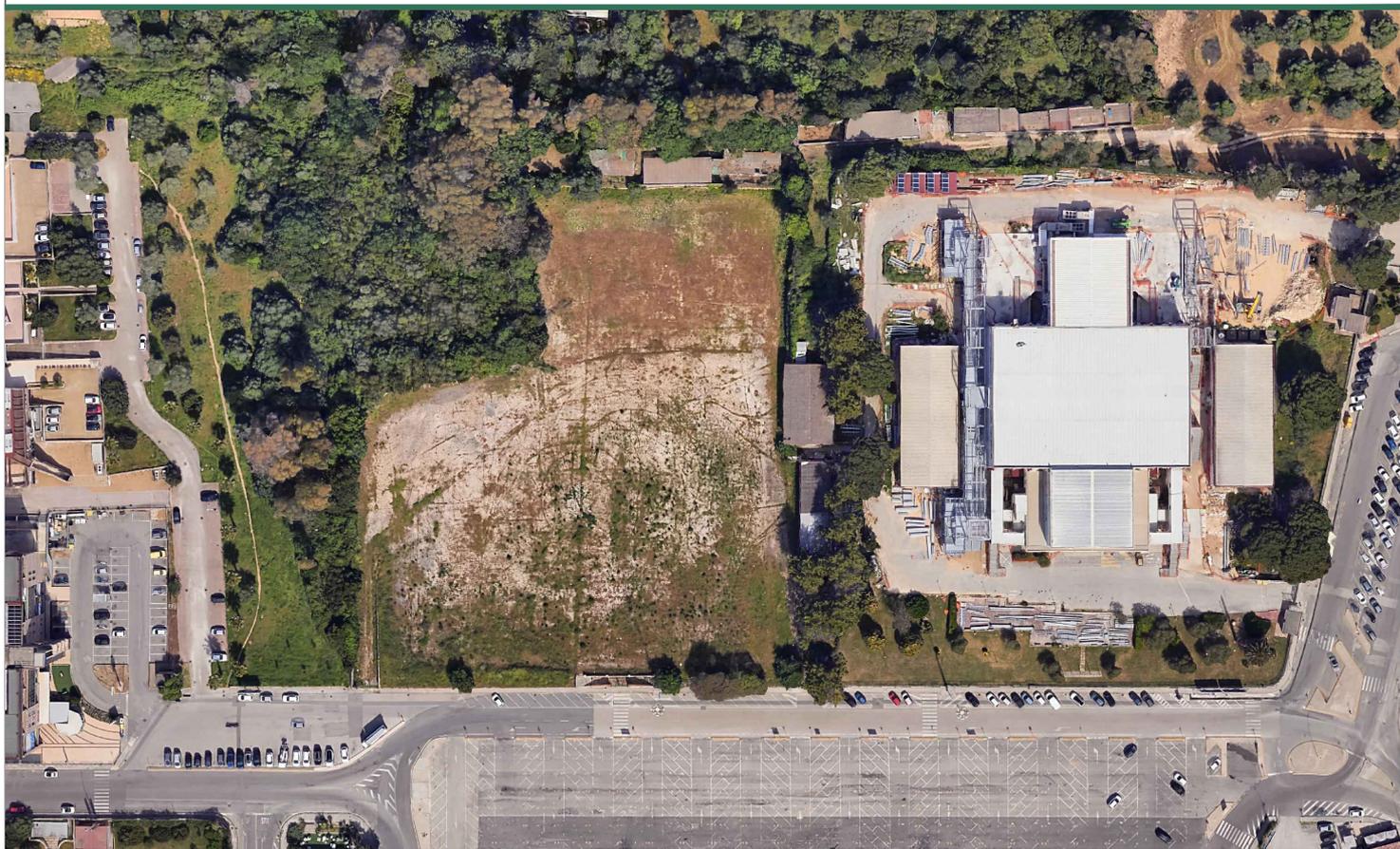


COMUNE DI SASSARI



PUA SEGNI

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
RELATIVO AL COMPARTO G1 DEL PUC IN PIAZZALE SEGNI



PROGETTAZIONE



Studio Solmona S.r.l.
Piazza Italia 34 - 07100 Sassari,
tel. 079231771

Ing. Dario Solmona

COMMITTENTE

ICORT S.r.l. - Nuoro
LOMBARDA COSTRUZIONI S.r.l. - Sassari
TILOCCA S.r.l. - Burgos

**STUDIO DI COMPATIBILITA'
GEOLOGICA E IDRAULICA**

F.00

N. COMMESSA: S209 - 01 - 21

scala:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNO	CONTROLLO	APPROVAZIONE
00	02.2024	Seconda consegna	L.F.	D.S.	R. S.

COMUNE DI SASSARI
Provincia di Sassari

COMMITTENTE:

ICORT S.R.L. – LOMBARDA COSTRUZIONI S.R.L. – TILOCCA COSTRUZIONI S.R.L.

PROGETTO:

P.U.A. Piazzale Segni a Sassari – Comparto G1 del P.U.C. di Sassari

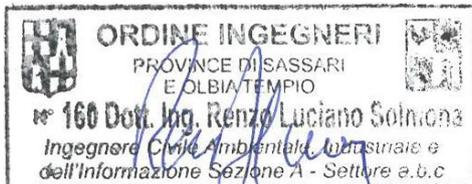
ELABORATI:

Studio di compatibilità geologica e idraulica
(ai sensi del PAI Sardegna dell'Art.8 comma 2ter delle NdA)



Data di esecuzione: Gennaio 2024

I REDATTORI



Studio Solmona S.r.l.
Ingegnere Renzo Solmona
Piazza d'Italia n°34 – 07100 Sassari

GEODES - Studio geologico e geotecnico
Dott. Geol. Andrea De Santis
Via Francesco Guarino n°4 – 07100 Sassari
E-mail: studio.geodes@gmail.com

SOMMARIO

<i>COMMITTENTE DEI LAVORI</i>	3
<i>LAVORI IN PROGETTO</i>	3
<i>PREMESSA</i>	3
<i>RIFERIMENTI NORMATIVI DI LEGGE</i>	3
<i>UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO</i>	4
<i>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI BASE DEL SETTORE</i>	6
<i>PREMESSA</i>	6
<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DEL TERRITORIO DI SASSARI</i>	6
<i>STRATIGRAFIA DELL'AREA</i>	8
<i>ANALISI DEL QUADRO VINCOLISTICO (LEGGE 64/74 E P.A.I. SARDEGNA)</i>	13
<i>MORFOLOGIA ED IDROGRAFIA DELL'AREA</i>	14
<i>ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA</i>	14
<i>LOCALIZZAZIONE SITO</i>	16
<i>AZIONE SISMICA</i>	16
<i>PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E RISPOSTA SISMICA LOCALE</i>	17
<i>ANALISI DI VINCOLI ESISTENTI PER IL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) DELLA SARDEGNA</i>	20
<i>PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. _PREMESSA GENERALE</i>	20
<i>ANALISI DELLE AREE CON PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA PER L'ABITATO DI SASSARI</i>	20
<i>PREMESSA ALLA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA (PER FRANA) PER IL P.U.A. DI PIAZZALE SEGNI</i>	22
<i>LA PROBLEMATICHE "SINKHOLE" NELL'ABITATO DI SASSARI</i>	22
<i>STATO ATTUALE (VERIFICA ANTE OPERA) – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ (HG), DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (EG) E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA (RG)</i>	27
<i>VERIFICA DELLA CLASSE D'INSTABILITÀ POTENZIALE DELL'AREA</i>	29
<i>STATO FUTURO DEI LUOGHI (ANALISI POST INTERVENTO)</i>	31
<i>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</i>	32

COMMITTENTE DEI LAVORI

ICORT S.R.L. – LOMBARDA COSTRUZIONI S.R.L. – TILOCCA COSTRUZIONI S.R.L..

LAVORI IN PROGETTO

I lavori in progetto riguardano il progetto “P.U.A. Piazzale Segni a Sassari – Comparto G1. del P.U.C. di Sassari”. Il progetto è stato redatto dallo Studio Solmona S.r.l. dell'Ing. Renzo Solmona di Sassari.

PREMESSA

I sottoscritti Dott. Andrea De Santis, geologo libero professionista, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna con il n°235 e Ing. Renzo Luciano Solmona, Ingegnere con studio in Piazza d'Italia n°34, Sassari (iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Sassari con il n.160) sono stati incaricati dalla Pregiatissima Committenza per la redazione dello **Studio di compatibilità geologica e idraulica** e dello **Studio di compatibilità idraulica** per l'area interessata dagli interventi del “Piano Urbanistico Attuativo Piazzale Segni – Comparto G1”.

Il presente studio è redatto ai sensi dell'Art.8 c. 2ter delle Norme di Attuazione (di seguito NdA) del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (di seguito P.A.I.), reso definitivamente vigente con D.P.G.R n.67 del 10.07.2006.

In particolare, l'art.8 c.2 ter dispone che “gli studi comunali di assetto idrogeologico siano redatti obbligatoriamente anche in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici di livello attuativo e specificano con maggior dettaglio le risultanze degli studi di cui al comma 2 bis”.

Il presente documento e gli allegati individuano le eventuali aree di pericolosità da frana e di pericolosità idraulica secondo la procedura prevista dal DPCM 29/09/98 (Cap.6 della Linee Guida del PAI), avvalendosi degli elementi territoriali contenuti nei database storico- geografici e di quelli rilevati in situ, dai quali sono state ricavate le carte di sintesi e le definitive perimetrazioni delle aree di pericolosità da frana.

Detta procedura si è articolata come segue:

- reperimento, presso l'Amministrazione Comunale, Enti ed Istituti di ricerca, di dati storico-cronologici relativi a dissesti verificatisi sull'area in studio o su aree limitrofe ad essa omogenee per contesto territoriale;
- redazione degli elaborati cartografici di base, tratti da database geografici in formato vettoriale e da rilevamento sul territorio;
- elaborazione dei tematismi in ambiente GIS, sino alla definizione delle carte di sintesi del territorio comunale;
- verifica, correzione ed implementazione degli ulteriori dati territoriali sino alla perimetrazione delle aree di pericolosità da frana su tutto il territorio comunale ed in particolare sulle aree già urbanizzate o oggetto di pianificazione;
- definizione delle eventuali aree di pericolosità da frana e per piena e verifica di compatibilità della Proposta di Piano Attuativo.

Il presente Studio di compatibilità per frana, come previsto dall'Allegato F delle Nda del PAI, è basato sulle risultanze dello studio geologico e geotecnico del settore. Questi ultimi elaborati specialistici sono allegati al progetto e a questi si rimanda per le verifiche di dettaglio eseguite.

RIFERIMENTI NORMATIVI DI LEGGE

Per la redazione dello studio di compatibilità geologica e idraulica si è fatto riferimento alla seguente base normativa:

- D.M. 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.M. 14.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Decreto Assessore LL.PP. della Regione Autonoma della Sardegna del 21/02/2005 n. 3;
- DPCM 29/09/98 - Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n.180;
- Legge 267 del 03/08/1998 “Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”;
- Legge 109/94 e D.P.R. 554/99 in materia di lavori pubblici;
- D.M. LL.PP. n°47 del 11/03/1988 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- C.M. LL.PP. n°30483 del 24/09/88 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”;
- LEGGE n°64 del 02.02.1974 recante «Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche».

UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area interessata dagli interventi in esame è ubicata all'interno di un comparto prevalentemente edificato nel Piazzale Segni, nel settore orientale dell'abitato di Sassari.

Nella cartografia I.G.M. in scala 1:25.000, l'area è inserita nel foglio 459 “Sassari” sez.I (fig. 1), mentre nella Cartografia Tecnica Regionale risulta inserita nel foglio 459070 “Sassari” (fig. 2).

In figura 3 si riportano gli stralci cartografici relativi alla Tavola 5.13.1 “Servizi Generali a scala territoriale_Città compatta” e Tavola 5.5.14 “Pianificazione urbanistica di progetto dell'ambito urbano” elaborate nell'ambito dello strumento di pianificazione urbanistica comunale di Sassari.

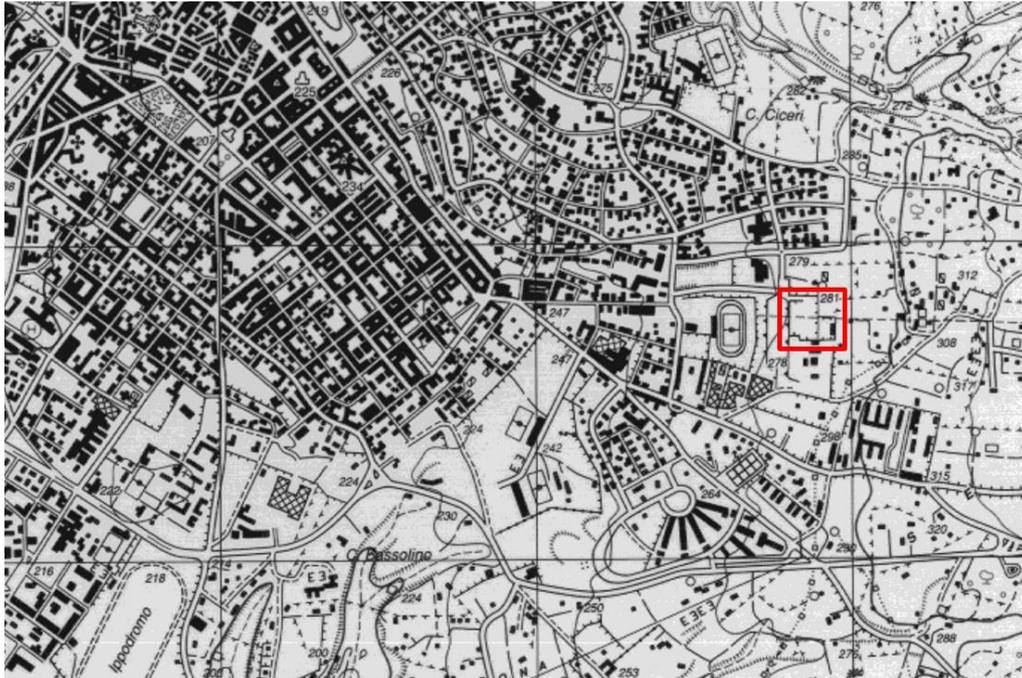


Figura 1 - Corografia dell'area d'intervento
(stralcio del foglio 459 "Sassari" sez.I – edito da I.G.M. d'Italia, in scala 1:25.000)

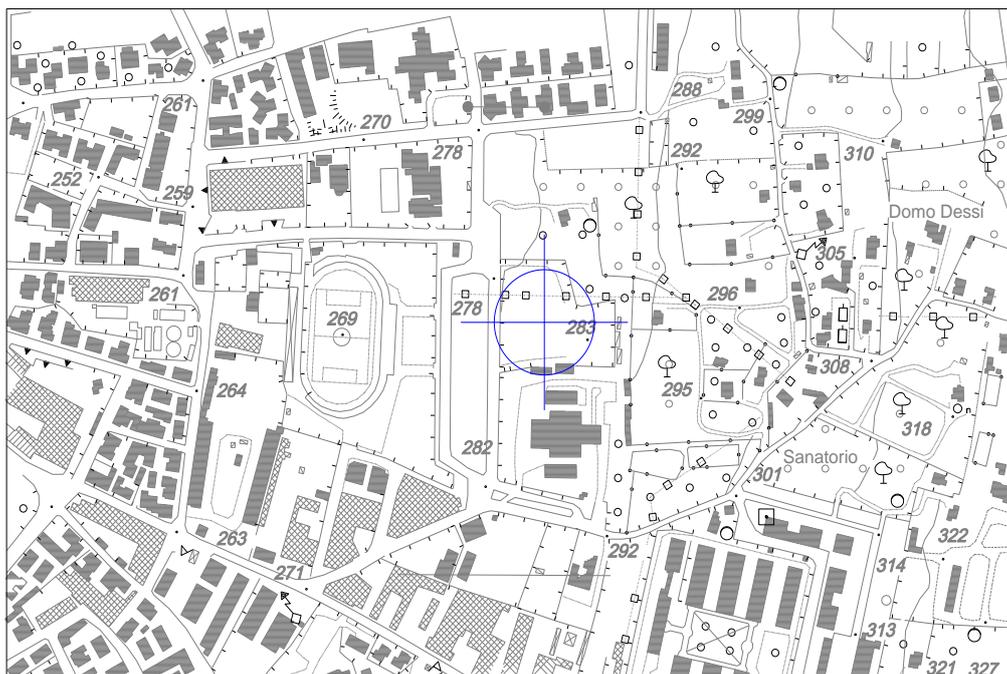


Figura 2 - Inquadramento area nell'abitato di Sassari
(stralcio dei fogli 459070 "Sassari" e 459080 "Laghi Bunnari" - C.T.R. Sardegna - Scala 1:10.000)

Nel sistema di coordinate Gauss – Boaga il baricentro dell'area in esame è individuato alle seguenti coordinate:

Nord: 4.507.572,7633

Est: 1.464.804,3111

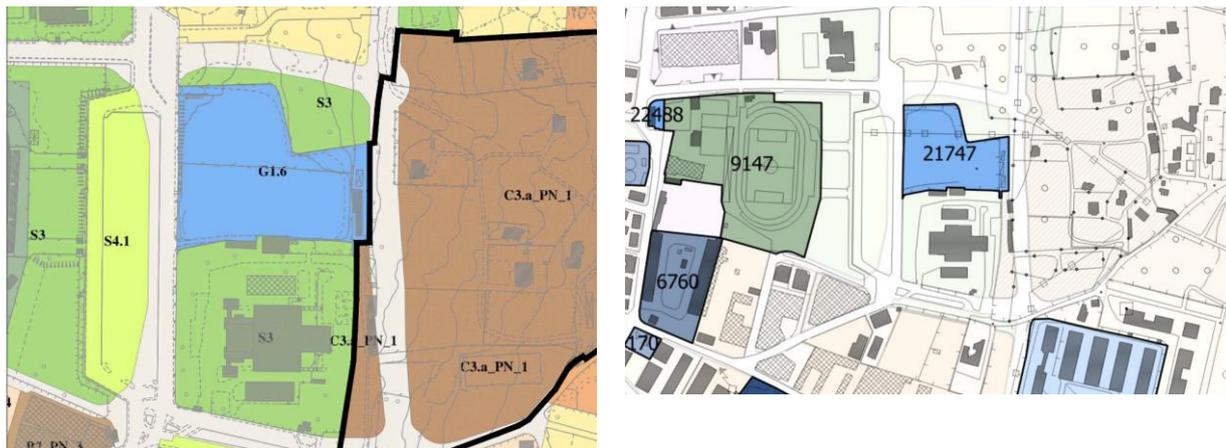


Figura 3 – Inquadramento urbanistico del settore in esame nell'abitato di Sassari
(stralcio della tavola 5.13.1 Servizi Generali a scala territoriale_Città compatta e tavola 5.5.14 Pianificazione urbanistica di progetto dell'ambito urbano - Cartografia del P.U.C. Sassari)

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI BASE DEL SETTORE

PREMESSA

L'abitato di Sassari è stato oggetto di numerose campagne di indagini geognostiche, alcune delle quali sono state eseguite in corrispondenza del settore di studio o in aree immediatamente adiacenti.

I risultati di queste indagini hanno consentito di verificare la continuità di affioramento delle litologie calcarenitiche e calcareo-arenacee della formazione sedimentaria marina carbonatica, di età oligo-miocenica.

Il quadro delle indagini esistenti è stato integrato attraverso la realizzazione di apposite indagini geognostiche che hanno consentito di verificare per l'area d'intervento la continuità dei dati ricavati in settori adiacenti quello d'intervento.

Pertanto, le indagini eseguite hanno consentito di verificare la *natura del terreno di fondazione*, costituito dai litotipi calcarenitici a calcareo-marnosi miocenici, e la *continuità verticale dell'ammasso roccioso*, al fine di scongiurare la presenza di vuoti e discontinuità di rilievo, derivanti dall'alterazione per "carsismo" delle litologie carbonatiche.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DEL TERRITORIO DI SASSARI

Il territorio comunale di Sassari ed il suo centro abitato occupano il quadrante nord-occidentale dell'Isola. Questo settore settentrionale, nel periodo tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano(?)-Messiniano, è stato sede di importanti eventi tettonici e di una diffusa attività vulcano-sedimentaria che si è manifestata in diversi bacini, in parte coalescenti, fra loro differenziati in quanto caratterizzati da due differenti orientazioni strutturali e da differenti evoluzioni tettono-sedimentarie.

Tali bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come Fossa sarda ("Rift sardo"), interpretata come un lineamento tettonico orientato N-S, che attraversa tutta l'Isola, legato ad un'estensione crostale orientata E-W avvenuta durante la rotazione del Blocco sardo-corso (Oligocene superiore).

Secondo le più recenti interpretazioni i bacini miocenici della Sardegna settentrionale sono contraddistinti da due diverse strutturazioni successive: la prima con fosse orientate prevalentemente N60° (bacini di Chilivani-Berchidda, Anglona, Ottana definiti come Bacini transtensivi aquitaniani, di età Oligocene superiore-Aquitano); la seconda con fosse orientate NNW (bacini del Logudoro e di Porto Torres, definiti come Bacini burdigaliani, di età Burdigaliano-Tortoniano(?)-Messiniano). Si tratta dei

due bacini che in Cherchi & Montadert (1982) sono definiti come bacini sin-rift e post-rift.

I Bacini transtensivi aquitaniani occupano la porzione più orientale dell'Isola, dove trasgrediscono sul basamento ercinico caratterizzato prevalentemente da granitoidi intrusi in metamorfiti di medio e basso grado. Sono impostati lungo faglie trascorrenti sinistre, orientate N60°, hanno caratteristica forma allungata parallela alle faglie principali ed una successione sedimentaria con sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, in genere depositi lacustri, con intercalati prodotti vulcanici e vulcanoclastici, alternati a depositi alluvionali e con associati depositi sintettonici in prossimità delle faglie. Localmente la successione continentale evolve a marina (zona di Castelsardo e Anglona).

I Bacini burdigaliani sono più recenti, hanno direzione circa NNW ed interessano la parte occidentale della Sardegna settentrionale, dal Golfo dell'Asinara a nord, fino all'altopiano di Campeda, a sud.

Dal punto di vista strutturale si configurano come semi-graben con faglie principali su bordi opposti, connessi da zone di taglio trascorrenti ad orientamento EW che trasferiscono la deformazione estensionale da un fianco all'altro del bacino.

Nella successione stratigrafica è possibile distinguere tre sequenze deposizionali:

- | | |
|------------|---|
| Sequenza 1 | Burdigaliano superiore – Langhiano; |
| Sequenza 2 | Serravalliano – Tortoniano(?)-Messiniano; |
| Sequenza 3 | Messiniano superiore. |

Le prime due sono caratterizzate dal passaggio da depositi clastici di ambiente fluvio-deltizio a depositi carbonatici marini di piattaforma.

La terza sequenza è caratterizzata da depositi clastici grossolani di ambiente fluviale.

L'evoluzione sedimentaria nella Sardegna Settentrionale è caratterizzata da numerosi cicli trasgressivo-regressivi, fra loro alternati.

Durante il Burdigaliano superiore – Langhiano l'innalzamento del livello del mare porta alla deposizione della Sequenza 1, dove, in successione verticale, ai depositi continentali, prevalentemente sabbiosi, seguono depositi marini di piattaforma prossimale (calcari algali) e distale (marne). La caduta del livello del mare nel Langhiano superiore-Serravalliano inferiore è responsabile dell'accentuata erosione dei depositi della Sequenza 1. In questa fase si sviluppano profonde valli incise (100 m). Nel successivo periodo di risalita del livello del mare si deposita la Sequenza 2. Lungo il margine del bacino si sviluppano sistemi deltizi (Ploaghe) mentre, al margine della piattaforma (Florinas) si depositano le sabbie quarzoso-feldspatiche che vanno a colmare le valli precedentemente formatesi.

Nel Serravalliano inferiore, a seguito di un'ulteriore trasgressione, si forma una vasta piattaforma carbonatica.

Nel Messiniano la caduta del livello del mare porta alla formazione, lungo tutto il margine della piattaforma, di numerosi valli incise fra le quali si ricorda il Canyon di Castelsardo a NE del bacino del Logudoro. Una seconda valle incisa si sviluppa a N di Sassari in località Scala Erre ove troviamo traccia dei sedimenti clastici grossolani di origine alluvionale.

Stratigraficamente il complesso sedimentario miocenico è delimitato al tetto dalle litologie continentali quaternarie, e alla base dalle vulcaniti del ciclo "calcalcalino" oligo-miocenico.

Dal punto di vista morfologico predominano i tipici pianori che caratterizzano il territorio del sassarese con sommità ad andamento tabulare, coincidenti con le superfici di strato, la cui altitudine media in questo settore è di circa 200 m. I pianori sono incisi da valli profonde, impostate lungo direttrici tettoniche con andamento prevalente NW-SE.

Di seguito si riporta lo stralcio della Carta Geologica della Sardegna, in scala 1:200.000, in cui si evidenzia la continuità del substrato carbonatico marino miocenico (9b) nel settore circostante l'abitato di Sassari (fig. 6).

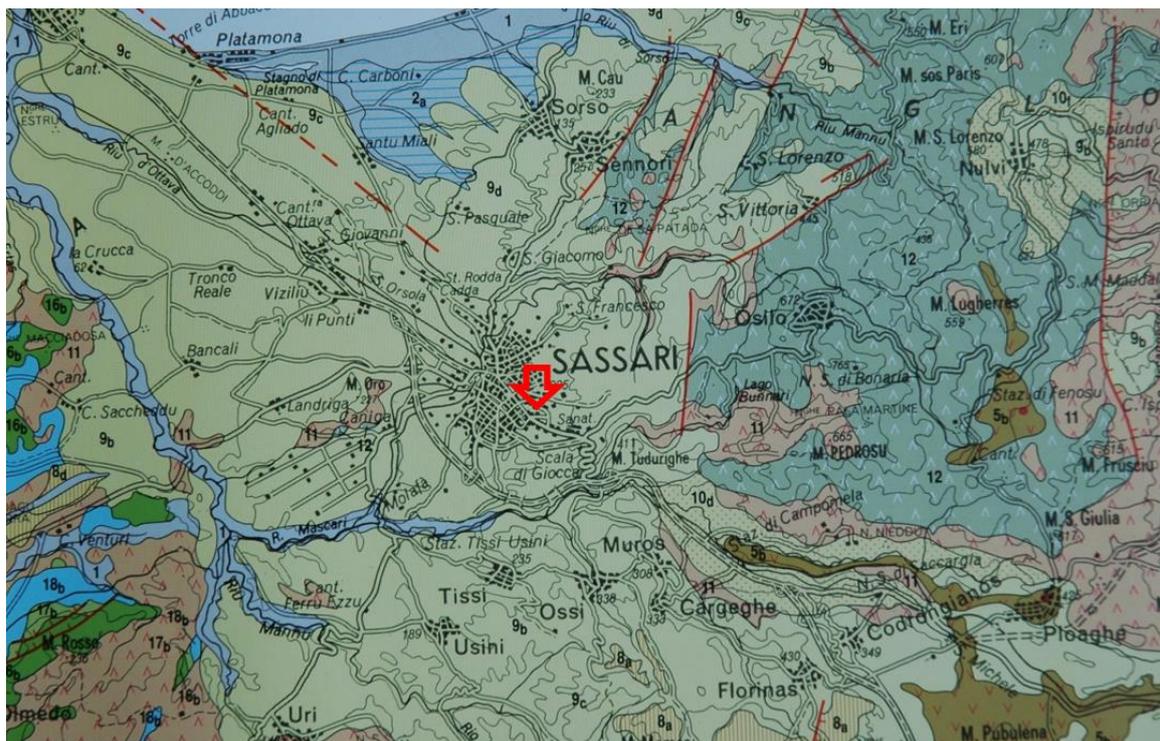


Figura 4 – Schema geologico del territorio circostante l'abitato di Sassari
(stralcio della Carta Geologica della Sardegna – scala 1:200.000)

STRATIGRAFIA DELL'AREA

Le unità litostratigrafiche del Logudoro (“Inquadramento cronobiostratigrafico ed evoluzione del bacino di sedimentazione del territorio compreso fra Bonorva e Codrongianus - Sardegna settentrionale”, Barca, Spano et Alii, 2000), sulle quali ricade l'estremità nord-occidentale dei territori di Porto Torres e Sassari, sono riconducibili a due cicli sedimentari marini miocenici (Mazzei e Oggiano, 1990) che giacciono sulle vulcaniti calco-alcaline oligo-mioceniche intercalate ai depositi continentali Eocenici e Oligocenici, affioranti esclusivamente alle estremità settentrionale e meridionale del settore orientale del bacino (Distretti vulcanici di Osilo-Castelsardo a N, e di Capo Marargiu a S).

Il bacino sedimentario è stato fortemente condizionato dalle oscillazioni eustatiche e dall'instabilità tettonica connessa all'ambiente geodinamico terziario, e si caratterizza, a partire dal Burdigaliano superiore, per un episodio trasgressivo (in parte sui depositi delle sabbie e dei conglomerati continentali dell'Unità di Biddisari) col passaggio dal contesto continentale ad uno schiettamente marino (Unità di Monte Arana Auct.), caratterizzato da paleobatimetrie oscillanti tra i 15 e i 20 metri.

A tale unità sono assimilabili i Calcari Inferiori Auct., facies della Formazione di Mores, composta da biocalcareni detritico-organogene, da biohermali a biostromali, di colore biancastro, a tratti compatte e massive, passanti in profondità a strati più schiettamente calcarenitici, giallo-ocra, friabili e meno competenti, con livelli basali conglomeratici ricchi in clasti di quarzo e vulcaniti. Si presentano in bancate di dimensioni talora metriche e con una giacitura prevalentemente sub-orizzontale. Tra i fossili, particolarmente presenti sono le Alghe calcaree «Lithothamnium», con un ambiente deposizionale di piattaforma medio esterna. Il secondo ciclo sedimentario, nell'area studiata, si chiude in concomitanza con la deposizione di ambiente fluviale dell'Unità di Florinas del Langhiano sup. - (?) Serravalliano medio-superiore.

Tra il Burdigaliano superiore ed il Langhiano inferiore, si registra un netto incremento delle batimetrie, con profondità comprese tra 100 e 150 metri, alle quali si depositano, in ambiente circalitorale-epibatiale, le marne siltoso-arenacee dell'Unità di Monte Lachesos, cui appartengono le Marne di Borutta

(Funedda, Oggiano & Paschi, 2000) che affiorano estesamente su tutto il settore centro-orientale del bacino in studio. Si tratta di sedimenti da marnoso-arenacei a marnosi, massivi e ben cementati, di colore grigio giallastro con livelli riccamente fossiliferi ad Echinidi Spatangoidi.

La successione stratigrafica nell'area in esame, e nell'intero centro abitato di Sassari, è costituita da litologie del complesso sedimentario carbonatico marino, di età miocenica. In particolare, il substrato litoide è caratterizzato dalle facies riferibili alla Formazione calcareo-arenacea del Miocene Medio, in cui prevalgono litotipi calcarei, calcarenitici e calcareo-marnosi.

Le foto successive (foto 1 e 2) mostrano, in corrispondenza di alcuni fronti di scavo esaminati nel settore, le caratteristiche di elevata continuità ed omogeneità dei litotipi che costituiscono la Formazione di Borutta.

Si notano, sul fronte dello scavo, i piani di stratificazione, con immersione verso WNW, che evidenziano l'alternanza fra gli strati calcareo arenacei cementati (biancastri) e le calcareniti debolmente marnose (giallastre).



Foto 1 – Piazzale Segni - Veduta panoramica dello scavo per la preparazione del piano di fondazione



Foto 2 – Via Mastino - Veduta panoramica dello scavo per la preparazione del piano di fondazione del cantiere adiacente l'area d'intervento

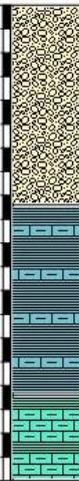
L'esame delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti all'interno della Formazione di Borutta conferma l'omogeneità e continuità dell'ammasso roccioso; quest'ultima caratteristica è testimoniata anche dall'elevata percentuale di carotaggio ottenuta, prossima al 100%, accompagnata da discreti valori di R.Q.D. (>40%).



Foto 3 – Particolare di due sondaggi eseguiti nel cantiere di Via Mastino adiacente l'area d'intervento

Il settore di Piazzale Segni nell’abitato di Sassari è caratterizzato da una successione stratigrafica in cui si ha la sovrapposizione delle unità litologiche della Formazione di Monte Santo (NST) in appoggio sui litotipi calcareo-marnosi e argilloso-marnosi della Formazione delle Marne di Borutta (RTU).

Di seguito si riportano le foto e le schede stratigrafiche dei tre sondaggi eseguiti con carotaggio continuo che hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica di dettaglio dell’area d’intervento e, al contempo, di integrare i dati già acquisiti in precedenti indagini relative a interventi edilizi realizzati nel settore.

 GEODES Studio geologico e geotecnico del dott. Andrea De Santis Via F. Guarino n°4 - 07100 SASSARI studio.geodes@gmail.com					
Committente ICORT S.r.l.		Operatore Dott. Geol. Andrea De Santis		Sondaggio S_1 - Area su Piazzale Segni - Sassari	
Profondità Raggiunta 5.00		Indagine Indagine geotecnica			
Quota Ass. P.C.		Pagina			
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Campioni	Note
0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00 2.25 2.50 2.75 3.00 3.25 3.50 3.75 4.00 4.25 4.50 4.75		Terrano di riporto con elementi poligenici ed eterometrici in matrice sabbiosa-ghiaiosa Calcare arenaceo-mamoso, biancastro, litoido con intercalazioni argilloso-marnose Calcarenite debolmente marnosa, di colore giallo-verdastro, da decementata a debolmente cementata	2.10 4.10 5.00		
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT					



 GEODES Studio geologico e geotecnico del dott. Andrea De Santis Via F. Guarino n°4 - 07100 SASSARI studio.geodes@gmail.com					
Committente ICORT S.r.l.	Operatore Dott. Geol. Andrea De Santis	Sondaggio S_2 - Area su Piazzale Segni - Sassari			
Profondità Raggiunta 5.00	Indagine Indagine geotecnica				
Quota Ass. P.C.	Pagina				
Scala [m]	Litologia	Descrizione	Quota	Campioni	Note
0.25 0.50 0.75		Terreno di riporto con elementi poligenici ed eterometrici in matrice sabbiosa-ghiaiosa	0.90		
1.00 1.25 1.50 1.75 2.00 2.25 2.50 2.75 3.00 3.25		Calcare arenaceo fortemente degradato ed alterato con terra argillosa marrone scuro di riempimento	3.40		
3.50 3.75 4.00		Ghiaia con ciottoli e sabbia	4.30		
4.25 4.50 4.75		Calcareniti debolmente marmosa, di colore giallo-verdastro, da decementata a debolmente cementata	5.00		
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT					



		GEODES Studio geologico e geotecnico del dott. Andrea De Santis Via F. Guarino n°4 - 07100 SASSARI studio.geodes@gmail.com			
Committente ICORT S.r.l.		Operatore Dott. Geol. Andrea De Santis		Sondaggio S_3 - Area su Piazzale Segni - Sassari	
Profondità Raggiunta 5.00		Indagine Indagine geotecnica			
Quota Ass. P.C.		Pagina			
Scaa [m]	Litologia	Descrizione	Quota	Campioni	Note
0.25		Terreno di riporto con elementi poligenici ed eterometrici in matrice sabbiosa-chiaiosa	0.30		
0.50		Calcare arenaceo di colore biancastro, stratificato e cementato			
0.75					
1.00					
1.25					
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					
4.00					
4.25					
4.50					
4.75			5.00		
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT					



ANALISI DEL QUADRO VINCOLISTICO (LEGGE 64/74 E P.A.I. SARDEGNA)

Al fine di valutare eventuali limitazioni alla fattibilità del progetto ed all'uso del territorio, si è verificato il regime vincolistico proposto dalle principali norme vigenti a tutela del territorio.

Nell'abitato di Sassari gli interventi di edilizia sono soggetti al nulla osta da parte del Servizio del Genio Civile di Sassari, come previsto dalla Legge n° 64 del 02/02/1974, relativamente alla sola area del centro storico. Pertanto, considerando la posizione periferica dell'area, quest'ultima è esente dai succitati vincoli.

Inoltre, è stata verificata la cartografia del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (PAI), ai sensi della L. 183/1989, del D.L. 180/98 convertito in L. n. 267/98, modificato dalla L. 226/99, redatto nel Giugno 2003 e aggiornato con D.G.R. n. 54/33 del 30 Dicembre 2004 e con s.m.i..

L'esame cartografico (fig. 4) ha consentito di escludere la presenza, nell'area in esame (riquadro rosso) di zone di pericolosità geomorfologica per frana (H_g) ed idraulica per piena (H_i).



Figura 5 – Cartografia della pericolosità idraulica e geomorfologica dell'area d'intervento per il P.A.I. Sardegna (da Geoportale Regione Sardegna)

Tale dato è confermato anche dall'analisi della cartografia di dettaglio dello “Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n°3 Coghinas – Mannu – Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (di cui all'Art. 37, comma 1, delle vigenti Norme di Attuazione)” del 2015 (fig. 5) in cui è possibile verificare l'assenza di zone con pericolosità geomorfologica (tavola 38).



Figura 6 – Carta della pericolosità geomorfologica per frana (da Tavola 38 – Anno 2015)

MORFOLOGIA ED IDROGRAFIA DELL'AREA

Il settore di Piazzale Segni è ubicato nel settore orientale dell'abitato di Sassari che è caratterizzato da una morfologia debolmente acclive degradante da Est verso Ovest. Si tratta di un'area interna alla piattaforma carbonatica miocenica su cui si sviluppa con continuità l'abitato di Sassari. Localmente, tale continuità morfologica è interrotta, da repentine variazioni di pendenza, in corrispondenza delle vallate in cui si raccolgono le acque del deflusso superficiale (Valle Eba Giara, Valle del Mascari, Valle del Rio Mannu, Valle del Rosello, etc.).

Nell'area d'intervento, come evidenziato anche dalla cartografia del P.A.I., non si individuano elementi del territorio o elementi morfologici che possano indicare l'esistenza di condizioni di instabilità generale, seppure potenziali, tale da interferire negativamente con l'intervento edificatorio in progetto. L'esame delle foto aeree sembra escludere anche la presenza di qualsiasi elemento morfologico di origine antropica (fronti o fosse di cava) presenti in altri settori del territorio dell'abitato di Sassari.

Dal punto di vista dell'assetto idrografico, trattandosi di un'area completamente urbanizzata, sono assenti elementi riconducibili a deflussi areali o incanalati delle acque meteoriche che possano interferire con le strutture di fondazione in progetto.

Inoltre, considerando la quota finale dello scavo rappresentato in precedenza (foto 1), approfondito di due livelli dal piano del Piazzale Segni non si attende alcuna presenza di falde idriche sotterranee al di sopra della quota assoluta di 273 m s.l.m..

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Al fine di verificare le caratteristiche sismiche del territorio in esame si è proceduto, inizialmente, alla determinazione della sismicità storica dell'area mediante la raccolta ed analisi dei dati sismici esistenti con riferimento ai principali database disponibili alla consultazione pubblica.

La distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15, dimostra che il territorio dell'Isola è **caratterizzato da un livello di sismicità**

molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) come previsto dalle NTC_2018, che prevedono le seguenti categorie sismiche per il sottosuolo:

<i>Categorie di sottosuolo Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni</i>	
Categoria A	
	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
Categoria B	
	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
Categoria C	
	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
Categoria D	
	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
Categoria E	
	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche si fa riferimento ai risultati ottenuti dall'esecuzione di numerose prove M.A.S.W. eseguite nell'abitato di Sassari.

Sulla base delle velocità misurate è stato definito un valore delle $V_{S30,eq}$ compreso nell'intervallo di valori 518÷732 m/s, pertanto compreso entro l'intervallo di velocità 360÷800 m/s, per cui il terreno di fondazione appartiene ad una categoria sismica del **tipo B**, così definita ai sensi delle NTC 2018:

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

Per la determinazione della risposta sismica locale per il settore di Piazzale Segni in Sassari, si riporta, di seguito, i risultati delle verifiche eseguite.

LOCALIZZAZIONE SITO

Per la valutazione della Risposta Sismica Locale si è proceduto alla localizzazione del sito al fine di verificare l'eventuale esistenza di nodi della rete sismica nazionale cui potersi riferire per la misura dei parametri sismici di calcolo.

Descrizione sito : Piazza Antonio Segni 9, 07100 Sassari, Italy

Coordinate del sito

- Latitudine (WGS84) : 40°.7182
- Longitudine (WGS84) : 8°.5829
- Latitudine (ED50) : 40°.7193
- Longitudine (ED50) : 8°.5839
- Altezza s.l.m. : 283.00 m



Sito: Piazza Antonio Segni 9, 07100 Sassari Sassari, Italy - **Coordinate sito (Datum ED50):** Longitudine = 8.5839°; Latitudine = 40.7193°; Altitudine = 283.00 metri s.l.m.
 Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite:

Stato Limite	TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
SLO	30	0.019	2.610	0.273
SLD	50	0.024	2.670	0.296
SLV	475	0.050	2.880	0.340
SLC	975	0.060	2.980	0.372

Vita di riferimento V_r per l'azione sismica = 50

AZIONE SISMICA

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.0$ anni (Classe d'uso II §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 50$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizioStato Limite di Operatività (**SLO**);Stato Limite di Danno (**SLD**).**Stati limite ultimi**Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	P_{V_R} [%]	T_R [anni]
SLO	81	30
SLD	63	50
SLV	10	475
SLC	5	975

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

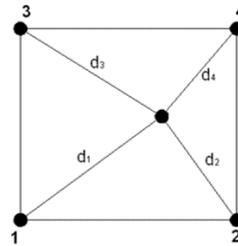
Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;

- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.



Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

- Latitudine (ED50): 40°.7193
- Longitudine (ED50): 8°.5839

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	475	975	50	30
Accelerazione sismica [g]	0.05	0.06	0.024	0.019
Coefficiente F_0	2.88	2.98	2.67	2.61
Periodo T_C^* [sec]	0.34	0.372	0.296	0.273

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \qquad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \qquad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \qquad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \qquad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

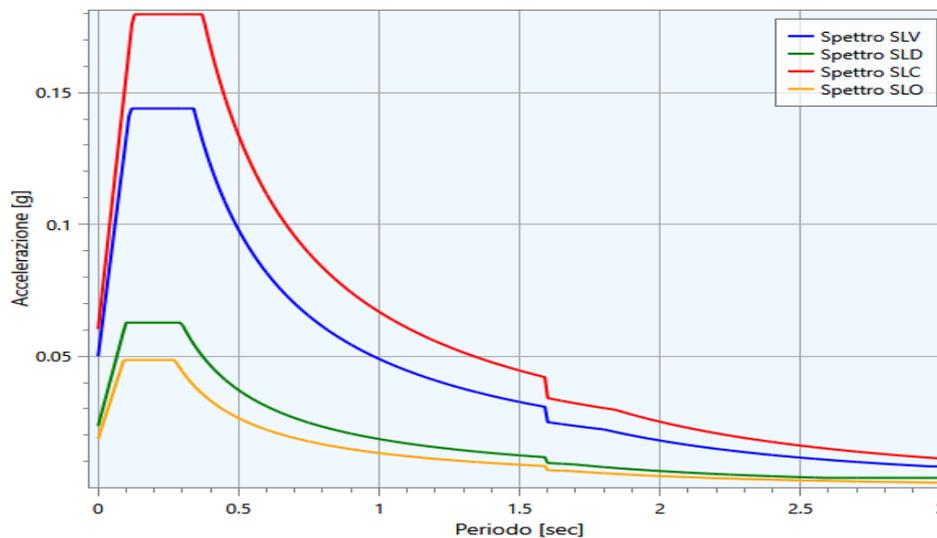
$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in

secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Le forme spettrali così valutate vengono riportate per ogni stato limite nella figura seguente.



	Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.113	0.124	0.099	0.091
$T_C[sec]$	0.34	0.372	0.296	0.273
$T_D[sec]$	1.80	1.841	1.694	1.674
C_C	1.00	1.00	1.00	1.00

	Periodi caratteristici dello spettro di risposta verticale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.05	0.05	0.05	0.05
$T_C[sec]$	0.15	0.15	0.15	0.15
$T_D[sec]$	1.00	1.00	1.00	1.00
C_C	1.00	1.00	1.00	1.00

ANALISI DI VINCOLI ESISTENTI PER IL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) DELLA SARDEGNA

PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I._PREMESSA GENERALE

Il PAI è lo strumento di riferimento Normativo e Tecnico nell'ambito della Difesa del suolo.

Approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n° 67/2006, il PAI definisce, nell'ambito dei vari sottobacini, facenti capo al bacino Unico della Sardegna, il Rischio idraulico e Morfologico da frana per l'intero territorio Regionale.

Dalla data di approvazione, tale strumento è stato integrato dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (2013), il quale rappresenta un approfondimento specifico in tema di rischio idraulico.

Inoltre, nel 2015 è stata approvata la Variante Frane del sub Bacino 3 Coghinas – Mannu – Temo, dal quale consegue una nuova perimetrazione del Rischio e Pericolo geomorfologico.

Lo strumento di più recente approvazione (2016) è il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – P.G.R.A anch'esso incentrato sul rischio idraulico ma con specifica finalità di riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sia sulla salute umana che sull'ambiente.

Il PAI, in quanto strumento di pianificazione, è in continua evoluzione, integrato e aggiornato attraverso lo strumento di Variante, sulla base di studi di maggior dettaglio promossi dalle singole Amministrazioni Comunali.

Al fine di valutare eventuali limitazioni alla fattibilità del progetto ed all'uso del territorio si è proceduto a verificare il regime vincolistico proposto dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (PAI), ai sensi della L. 183/1989, del D.L. 180/98 convertito in L. n. 267/98, modificato dalla L. 226/99, redatto nel Giugno 2003 e aggiornato con D.G.R. n. 54/33 del 30 Dicembre 2004 e con s.m.i..

Nel 2015 è stato predisposto lo Studio di dettaglio per la verifica della pericolosità geomorfologica del sub-bacino 3 del Coghinas_Mannu-Temo entro cui ricade il settore in analisi. Tale verifica ha portato a prevedere per il settore dell'abitato di Sassari condizioni di pericolosità geomorfologica per frana fortemente variabili compresa fra grado di pericolosità nullo (Hg0) e molto elevato (Hg4). In particolare, con riferimento alle aree di pericolosità molto elevata, si evidenzia la possibile presenza di aree con problematiche "sinkhole".

ANALISI DELLE AREE CON PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA PER L'ABITATO DI SASSARI

Il territorio comunale e l'abitato di Sassari sono totalmente ricompresi nel sub bacino 3 Coghinas-Mannu-Temo del bacino unico della Sardegna. Le aree appartenenti al sub bacino 3 sono state oggetto di studi di dettaglio per la revisione del P.A.I. Sardegna nel 2015.

Gli studi eseguiti hanno consentito di aggiornare la base cartografica originale (2004) di rappresentazione della pericolosità per frana del settore in cui, già dalla stesura dello studio di verifica redatto nel 2012 nell'ambito della pianificazione urbanistica comunale, erano state riconosciute delle aree di pericolosità geomorfologica di grado da molto elevato (Hg4) a medio (Hg2).

Di seguito si rappresenta l'estratto cartografico delle tavole 37 e 38 dello studio di dettaglio del 2015 (figura 8) in cui si evidenzia la distribuzione delle aree di pericolosità idraulica per l'abitato di Sassari.



Tavola 37 (2015)

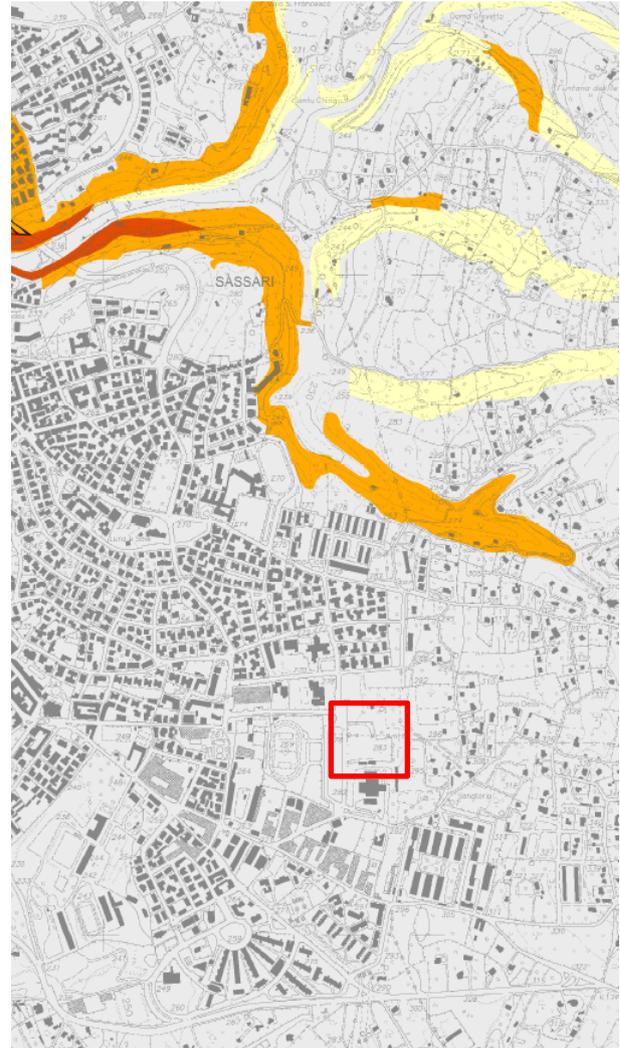


Tavola 38 (2015)

PERICOLOSITA' DA FRANA

Classe	Intensità	Descrizione
		Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi
Hg1	Moderata	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
Hg2	Media	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
Hg3	Elevata	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali
Hg4	Molto elevata	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

SINKHOLE

Classe	Intensità	Descrizione
Hg5	Molto elevata	Zone in cui sono presenti fenomeni gravitativi tipo "sinkhole"

Figura 7 – Carta della pericolosità geomorfologica per frana da P.A.I. Sardegna per l'abitato di Sassari (quadro rosso) - Fonte: Studio di dettaglio - 2015

L'esame cartografico dello stralcio della tavola 38 evidenzia che nell'area d'intervento (riquadro rosso) e nei settori ad essa circostanti sono assenti elementi di pericolosità geomorfologica per frana. L'evidenza di problematiche "sinkhole" nell'abitato di Sassari è stata segnalata durante i lavori di pianificazione urbanistica comunale (nel 2012) e ha comportato, successivamente, l'inserimento di tali aree di pericolosità precedentemente non segnalate nella cartografia originaria del P.A.I. (2004).

PREMESSA ALLA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA (PER FRANA) PER IL P.U.A. DI PIAZZALE SEGNI

Con riferimento alla determinazione degli elementi di pericolosità geomorfologica per il settore di Piazzale Segni si è proceduto con l'applicazione della metodologia operativa riportata nelle Linee Guida del P.A.I. Sardegna.

In particolare, con riferimento alla analisi di possibili problematiche "sinkhole" per il settore d'intervento, si riportano alcune considerazioni di carattere generale esposte nel corso di un'apposita sessione dal titolo "Fenomeno dei Sinkhole: il caso di via Flumenargia a Sassari"¹ nell'ambito del convegno organizzato sulle tematiche del rischio idrogeologico organizzato dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Sassari nel 2016.

LA PROBLEMATICHE "SINKHOLE" NELL'ABITATO DI SASSARI

Definizione di sinkhole

Il termine SINKHOLE (che tradotto letteralmente significa "buco sprofondato") è stato introdotto per la prima volta da FAIRBRIDGE (1968) per indicare una depressione di forma sub-circolare dovuta al crollo di piccole cavità carsiche sotterranee, sinonimo dunque di dolina (doline).

Di recente, da parte di esperti del settore e non, il termine SINKHOLE viene utilizzato per indicare fenomeni di sprofondamento di qualsivoglia genere e origine ed ha quasi del tutto sostituito altri termini più specifici ed appropriati, quali: dolina, camino di collasso, sprofondamento, limesink, cenotes, pozzo carsico, loess karst, voragine. Tale ampia estensione del termine genera una notevole confusione ed improprietà terminologica.

Attualmente negli Stati Uniti e in Gran Bretagna il termine sinkhole viene usato frequentemente e definisce una qualunque cavità nel terreno di forma non più necessariamente subcircolare, apertasi nel terreno per cause antropiche o per cause naturali (BECK 1984, 1988, 1989; BECK & WILSON 1985, 1987).

Genesi di un sinkhole

L'origine di un Sinkhole è da porre in relazione a fattori predisponenti (dovuti alla natura e conformazione del territorio) e innescanti (naturali o antropiche) difficilmente distinguibili e spesso concomitanti.

a) Cause predisponenti

- substrato carbonatico o costituito da roccia solubile (calcari, dolomie, evaporiti o rocce solfatiche) sottoposto a fenomeni carsici; la presenza di una morfologia del bedrock accidentata, sia a piccola scala che a grande scala, con macroforme carsiche (doline, uvala, crepacci e grotte)

¹ (2016) – Relatore: *Dott. Geol. Andrea De Santis*

e con cavità carsiche presenti al tetto del substrato (interfaccia suolo/roccia) risultato di processi dissolutivi e pedogenetici;

- presenza di un pacco di sedimenti impermeabili o semi-permeabili al tetto del substrato, di spessore anche elevato (fino a 200 m) costituito da limi, argille, sabbie a differente granulometria, omogenee o eterogenee;
- scadenti caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali costituenti la copertura (consolidazione, addensamento, resistenza);
- presenza di un reticolo di fratture o faglie che permettano una maggiore circolazione idrica e una notevole erosione meccanica;
- presenza di abbondanti acque di circolazione sotterranea;
- presenza di gas nel sottosuolo, generalmente CO₂ e H₂S, che consentano la dissoluzione dei materiali di copertura e la risalita delle acque (FACCENNA et alii, 1993; CIOTOLI et alii, 1998, 2001)
- scarsa copertura vegetale capace, laddove presente, di esercitare un effetto limitante nei confronti della mobilizzazione dei terreni.

b) Cause innescanti

- precipitazioni - Intensità elevata delle precipitazioni piovose e alternanza di periodi secchi e piovosi, risultano particolarmente favorevoli alla formazione delle oscillazioni della tavola d'acqua;
- scosse sismiche su depositi granulari poco addensati in presenza di falde idriche subsuperficiali;
- attività antropiche (estrattive, emungimenti di acqua etc.) - Il forte emungimento per uso irriguo ed idropotabile fa sì che si sviluppino, in prossimità dei pozzi, coni di depressione tali da far aumentare notevolmente la velocità dei flussi idrici e quindi l'asportazione delle particelle dei sedimenti e la subsidenza delle coperture alluvionali.

Nella figura seguente si riporta una slide con la rappresentazione grafica dell'evoluzione di un'area interessata dalla formazione di "sinkhole" in presenza di una potente copertura alluvionale.

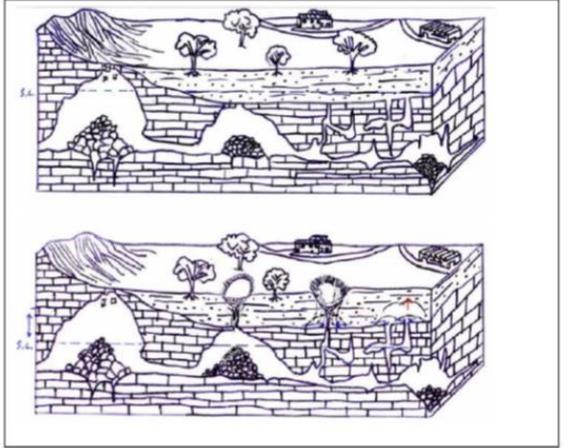
Rischio idrogeologico - Criticità, soluzioni, prevenzione, opportunità

Fenomeno dei Sinkhole: il caso di Via Flumenargia a Sassari



Schema di formazione di Sinkhole

L'esempio mostra la genesi di un Sinkhole naturale in corrispondenza di affioramenti di sedimenti alluvionali (o antropici) su substrato roccioso carbonatico, o comunque solubile, per variazione del livello della falda idrica



Relatore/i:
Dott. Andrea De Santis – Geologo

Sassari, Venerdì 20 Maggio 2016

La “problematica sinkhole” nell’area urbana e extraurbana di Sassari

Nel territorio di Sassari sono stati riconosciuti elementi riferibili a problematiche di tipo “sinkhole” aventi differenti genesi: naturale e antropica.

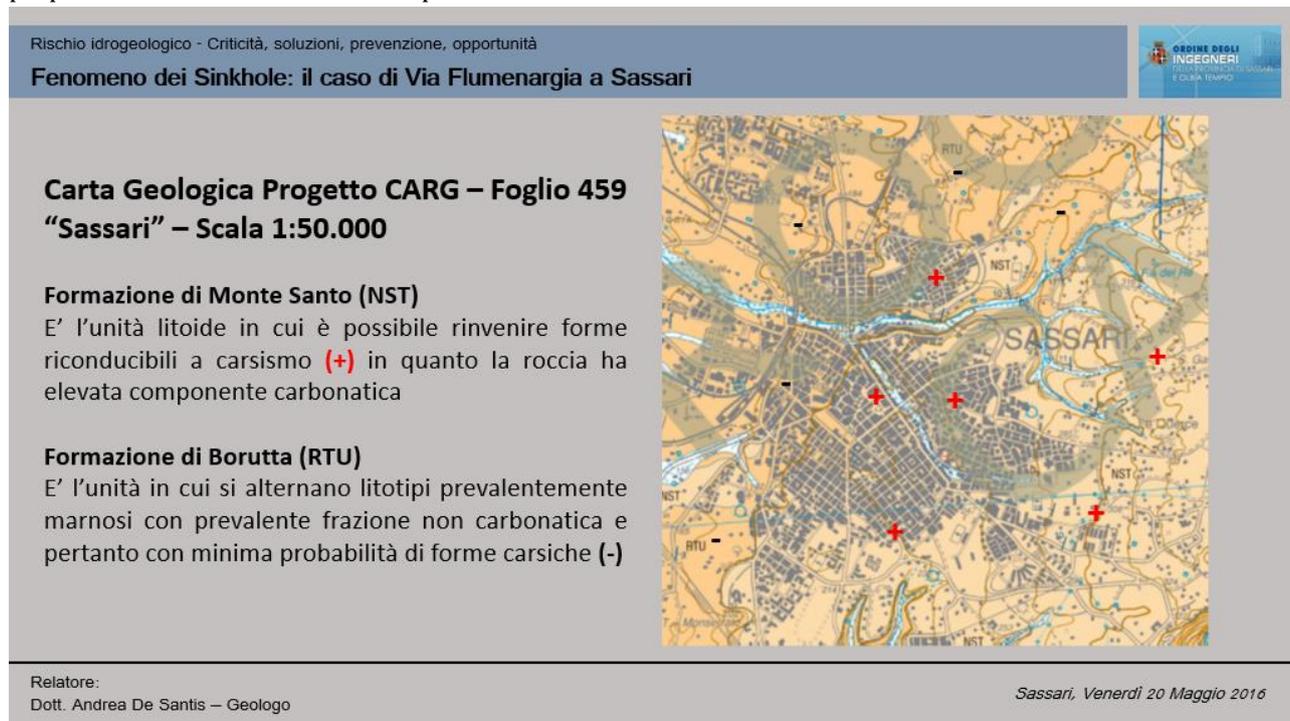
A Sinkhole di origine naturale

Dal punto di vista litostratigrafico, l’area urbana ed extraurbana di Sassari presenta caratteristiche tali da poter annoverare elementi predisponenti alla comparsa di problematiche Sinkhole, considerate nell’accezione più generale del termine.

Un primo elemento è dato dalla presenza di un esteso substrato carbonatico appartenente alla “Successione marina miocenica” (Miocene Inferiore – Miocene Superiore). Tale successione, in corrispondenza dell’area urbana di Sassari, è costituita, principalmente, da due differenti unità litologiche:

1) Formazione di Monte Santo (**NST**) – E’ costituita da calcari bioclastici di piattaforma interna con rare intercalazioni silicoclastiche e episodi biohermali, calcareniti e calciruditi, con livelli a rodoliti. Spessore Massimo 150 m. Serravalliano-?Tortoniano-Messiniano.

2) Formazione di Borutta (**RTU**) – Alternanze regolari di strati decimetrici di marne, marne arenacee e silti e, nella parte alta, calcareniti marnose. Spessore da alcune decine di metri a 200 metri. Burdigaliano Sup.-Langhiano. Nella figura seguente si evidenzia la distribuzione delle due unità suddette riportando una indicazione della propensione di ciascuna di esse alla possibile formazione di “sinkhole”.



A seguire si riportano alcune foto relative alla presenza di forme carsiche rilevate a profondità modeste, comprese entro i primi metri del sottosuolo in alcune aree di cantiere distribuite in diversi settori dell’abitato di Sassari.

Rischio idrogeologico - Criticità, soluzioni, prevenzione, opportunità



Fenomeno dei Sinkhole: il caso di Via Flumenargia a Sassari

Viale Porto Torres:

All'interno dei calcari organogeni e bioclastici della Formazione di Monte Santo (NST) a partire dalla profondità di 1 metro dalla quota di sbancamento, lo scavo ha intercettato una cavità carsica aperta con sviluppo verticale superiore ai 5 metri (successivamente esposta con escavatore)



Relatore:
Dott. Andrea De Santis – Geologo

Sassari, Venerdì 20 Maggio 2016



Via Duca degli Abruzzi:

All'interno dei calcari organogeni e bioclastici della Formazione di Monte Santo (NST) a partire dalla profondità di 1,5 metri dalla quota del marciapiede lo scavo ha intercettato una cavità carsica aperta con sviluppo verticale



Via Rockefeller:

All'interno dei calcari organogeni e bioclastici della Formazione di Monte Santo (NST) a partire da pochi decimetri dal piano di sbancamento è stata individuata una cavità carsica con acqua all'interno del piano di fondazione

Si rileva che tali aree di pericolosità sono allineate lungo una fascia di transizione fra le due unità litologiche, pur risultando interne ai litotipi della Formazione di Monte Santo, l'unità calcarea in s.s..

Ciò è spiegabile con la presenza della componente idrica subsuperficiale al contatto fra i termini marnosi impermeabili della Formazione di Borutta (RTU) alla base, e i termini calcarei, più permeabili, della Formazione di Monte Santo (NST) al tetto.

La disponibilità di acqua in presenza di rocce carbonatiche ha dato origine a processi carsici quali quelli evidenziati in precedenza che hanno portato alla formazione di cavità e vuoti all'interno dell'unità calcarea.

Laddove presenti vecchie cave, ricoperte da terreni di riporto (prevalentemente di gettito), è possibile un'amplificazione di tali fenomeni che vengono evidenziati da ondulazioni e dissesti della sede stradale soprattutto in presenza della componente idraulica (naturale o artificiale) che produce dapprima l'erosione della componente fino a cui fa seguito, successivamente, un riassetto strutturale del deposito accompagnato sovente da una contrazione volumetrica che in superficie è visualizzata da avvallamenti e svuotamenti del terreno di appoggio della viabilità stradale e dei marciapiedi.

B Sinkhole di origine antropica

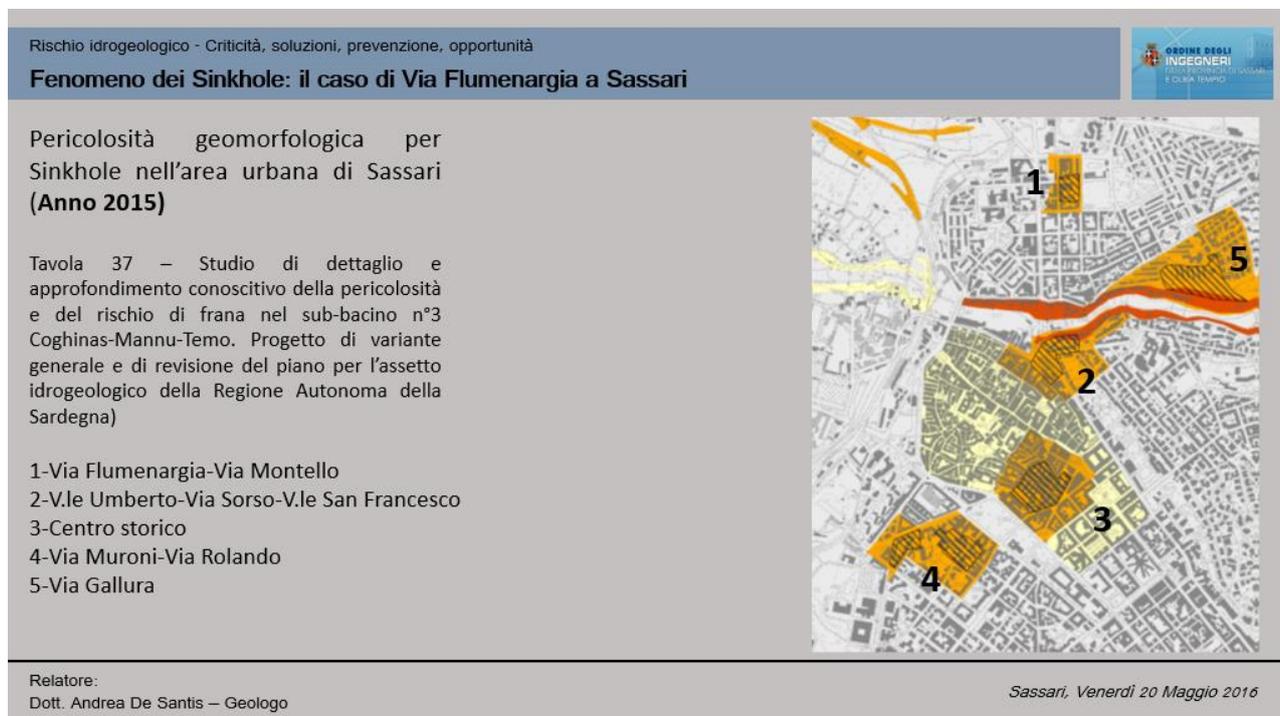
Relativamente alla problematica dei "Sinkhole di origine antropica" si ricordano fra le cause predisponenti la presenza di numerose cave e gallerie artificiali spesso ricoperte con terreni di riporto o di gettito, talora di spessore subdecametrico (es: area di Via D'Annunzio).

Le cave di calcare, utilizzate in passato per la coltivazione del cosiddetto "tufo", per ottenere i blocchi di pietra ("cantoni") usati in edilizia, sono presenti sia all'interno del perimetro edificato dell'area urbana sia all'esterno (zona di Baddimanna, zona Monte Bianchinu, Li Punti, etc.).

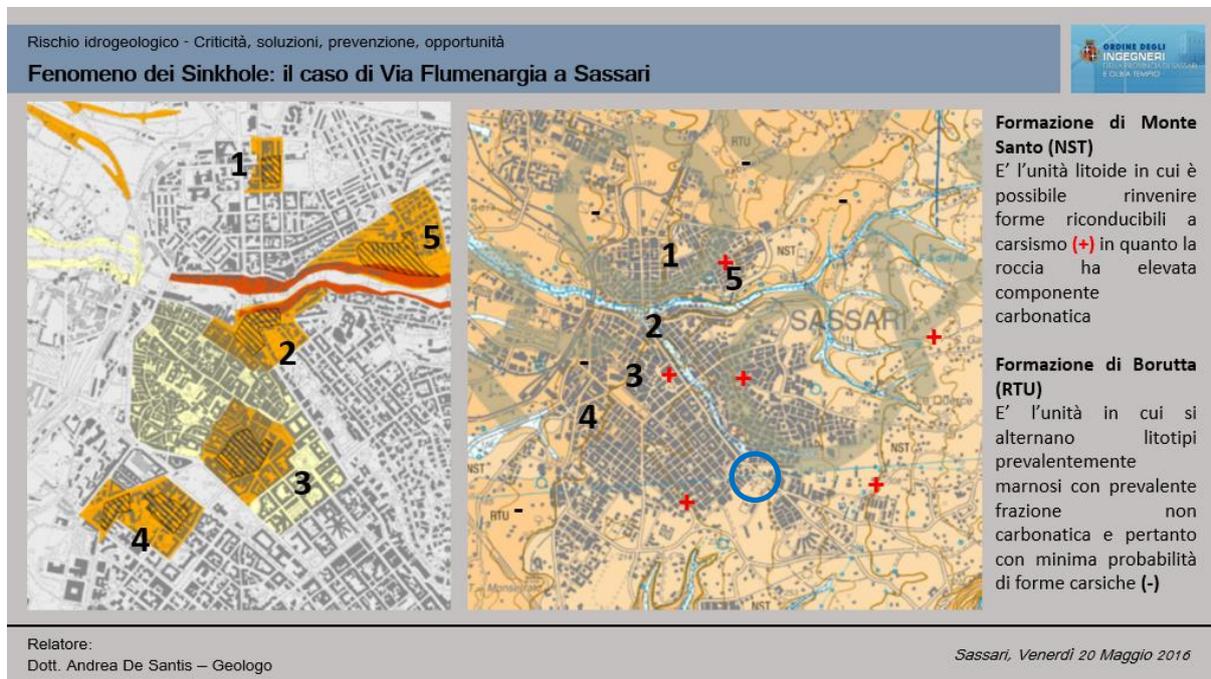
La "Sassari sotterranea", inoltre, è dotata di una serie di cunicoli e gallerie che si sviluppano in differenti zone al di sotto della superficie edificata dell'area urbana.

Le aree di pericolosità per presenza di "problematica sinkhole" nell'area urbana di Sassari

La figura seguente riporta lo stralcio cartografico del P.A.I. (tavola 37) con la distribuzione delle 5 aree a pericolosità geomorfologica, per "sinkhole", nell'abitato di Sassari.



La figura seguente riporta l'ubicazione delle 5 aree con problematica "sinkhole" in riferimento alla distribuzione delle unità litologiche affioranti, in cui si evidenzia che tali aree si trovano al limite del contatto fra le due unità. L'area di Piazzale Segni (cerchio blu) è ubicata in un settore dell'abitato di Sassari in cui risultano assenti problematiche di tipo "Sinkhole".



STATO ATTUALE (VERIFICA ANTE OPERA) – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ (HG), DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (EG) E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA (RG)

Di seguito si analizzano le determinazioni e le valutazioni riportate nella cartografia ufficiale relativamente al grado di pericolosità per frana (Hg), degli elementi a rischio (E) e del rischio geomorfologico dell'area (Rg) per il settore in esame, in condizioni ante opera.

Premessa_Verifica del grado d'instabilità dell'area, dei dissesti in atto e potenziali e della loro tendenza evolutiva

Per la valutazione della stabilità dell'area si è fatto riferimento alla metodologia utilizzata per la stesura del PAI, per la determinazione delle classi di pericolosità, al fine di ottenere un insieme omogeneo di valori fra loro confrontabili. Di seguito si utilizza lo schema operativo proposto nelle Linee e Guida del PAI per la verifica del grado d'instabilità dell'area in esame.

La metodologia di riferimento prevede l'individuazione dei principali elementi descrittivi che giocano un ruolo fondamentale nella propensione al dissesto dei versanti:

- composizione litologica, giacitura degli strati e grado di fratturazione e di alterazione delle rocce;
- le condizioni idrogeologiche locali (circolazione idrica nel versante);
- condizioni di copertura vegetale e di esposizione dei versanti;
- caratteristiche geomorfologiche e fattori climatici;
- i parametri geotecnici dei terreni e delle rocce che costituiscono il pendio.

Dapprima gli elementi dei singoli tematismi sono raggruppati in classi, per ottenere una rappresentazione aggregata del territorio; ad ogni classe viene attribuito un valore (peso) in funzione del ruolo esercitato nella produzione di un dissesto. Nelle successive operazioni di sovrapposizione, si effettua una combinazione (somma algebrica) dei valori assegnati, fino ad ottenere un punteggio finale, che rappresenta l'influenza complessiva che i fattori considerati hanno sulla stabilità del versante.

Questo valore ricade in un intervallo definito cui corrisponde una classe d'instabilità potenziale. Sulla base dei dati acquisiti per l'area di lottizzazione, si considerano i seguenti fattori di analisi:

- *pendenza dei versanti*
- *litologia*
- *uso del suolo.*

Inizialmente si effettua l'incrocio tra due elementi naturali che possono essere ritenuti costanti e non modificabili in tempi brevi, cioè la pendenza dei versanti e la litologia. Successivamente, si esegue l'incrocio tra il risultato della prima (somma algebrica dei pesi) e un elemento che può variare, anche nel breve periodo, sia dal punto di vista della copertura vegetale che dell'intervento antropico: l'uso del suolo.

Di seguito si riporta, per ciascun fattore considerato, l'influenza prevista nelle linee guida ed il riferimento diretto per l'area in esame, con la valutazione del peso d'influenza.

PENDENZA DEI VERSANTI

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 (tab. A).

TABELLA A - PESI DELLE DIVERSE CLASSI DI PENDENZA DEI VERSANTI

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

LITOLOGIA

Il fattore litologia comprende una valutazione sia delle proprietà minero-petrografiche dei terreni (sedimentari, vulcanici, metamorfici) sia 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 tabella 12 del PAI (tab. B). La scala dei valori da applicare va da 1 e 10; i valori più alti corrispondono ai termini litologici più resistenti, compatti, poco alterati, mentre quelli più bassi ai termini più fragili e sciolti. In tabella sono indicati, a titolo di esempio, i pesi relativi ad alcune classi litologiche individuabili nel territorio regionale sardo.

TABELLA B - ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI LITOLOGICHE

Classe	Descrizione	Peso
9	Sabbie, anche grossolane, con livelli ghiaiosi ed intercalazioni arenacee	3
12	Calcari, calcari marnosi	7

USO DEL SUOLO

La presenza di una copertura vegetale, specialmente se di tipo arboreo ed arbustivo, costituisce una notevole protezione della superficie del terreno dall'azione degli agenti atmosferici, grazie all'azione di consolidamento esercitata dall'apparato radicale. Un bosco ad alto fusto è, generalmente, un impedimento al dissesto idrogeologico (massima impedenza), mentre un terreno lavorato stagionalmente, arato con sistemazione ad esempio a "rittochino" è uno scarso impedimento all'erosione e all'instabilità del pendio (impedenza minima o nulla).

In Tabella C (vedi tabella 13 del PAI) si riportano, a titolo di esempio, alcune classi di uso del suolo presenti sul territorio regionale sardo; ad ogni classe è stato attribuito un peso, secondo le principali esperienze metodologiche riportate in bibliografia.

Le classi relative all'uso antropico (tessuto urbano e aree industriali) sono state genericamente valutate con peso "0". Nella stessa tabella sono indicati i valori di impedenza e i pesi ad esse corrispondenti.

TABELLA C - CLASSI DI USO DEL SUOLO SECONDO IL CORINE - LAND COVER

Sigla	Classi di uso del suolo	Impedenza	Peso
111	Tessuto urbano continuo	mediocre	0
112	Tessuto urbano discontinuo	mediocre	0
333	Aree con vegetazione rada	minima	-1

VERIFICA DELLA CLASSE D'INSTABILITÀ POTENZIALE DELL'AREA

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

Considerando i pesi attribuiti a ciascuno dei parametri esaminati (evidenziati nelle tab. A÷C) si ottiene un valore pari a 9 e, pertanto, secondo quanto riportato nella tabella sottostante, per l'area in esame, si definisce una **classe d'instabilità potenziale limitata** (seconda classe).

TABELLA D - CLASSI DI INSTABILITÀ POTENZIALE

Classe di instabilità	Descrizione	Pesi	
		<i>da</i>	<i>a</i>
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

Pericolosità geomorfologica - Classe di pericolosità per frana media (Hg0)

Lo stralcio della tavola 38 (fig. 8) riporta per il settore d'intervento un grado di pericolosità geomorfologico nullo (Hg0). Tale situazione è stata verificata ed acclarata attraverso l'esecuzione di apposite indagini che hanno consentito di verificare l'assenza di discontinuità nell'ammasso roccioso attraversato con i sondaggi eseguiti. Nei settori limitrofi il Piazzale Segni non sono presenti aree in cui è stata segnalata l'esistenza di problematiche "sinkhole".



PERICOLOSITA' DA FRANA

Classe	Intensità	Descrizione
		Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi
	Moderata	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
	Media	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
	Elevata	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali
	Molto elevata	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

SINKHOLE

Classe	Intensità	Descrizione
	Molto elevata	Zone in cui sono presenti fenomeni gravitativi tipo "sinkhole"

Figura 8 – Carta e legenda della pericolosità geomorfologica per frana dell'area d'intervento (quadro rosso) (estratto tavola 38 dello Studio di dettaglio del PAI – Anno 2015)

Elementi a rischio - Classe di elementi a rischio per frana E3

Gli elementi di rischio appartenenti alla classe E3 sono così definiti: “Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava”.

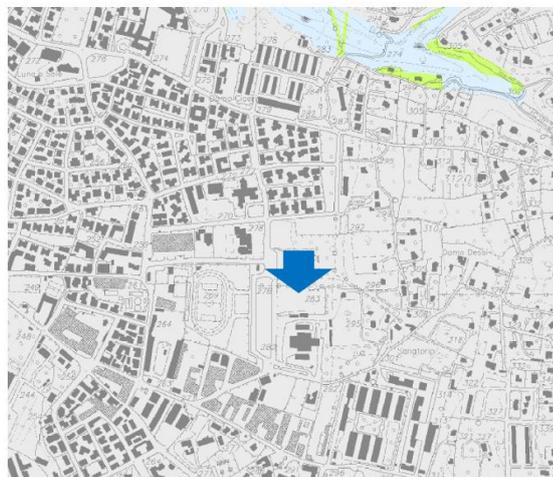


- E3 - Aree ricreative e sportive
- Cantieri
- Aree cimiteriali
- Aree estrattive
- Discariche
- Fognature e impianti di depurazione
- Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti
- Reti di comunicazione e trasporto primarie (strade provinciali, reti stradali e spazi

Figura 9 –Carta e legenda degli elementi a rischio (R) (stralcio cartografico della Tavola 38 - Studio di dettaglio della pericolosità per frana – Anno 2015)

Rischio geomorfologico - Classe di rischio per frana

Per il settore di Piazzale Segni non sono state definite aree di Rischio per frana (Rg) come evidenziato dallo stralcio cartografico della Tavola 38 “Carta del Rischio geomorfologico” di seguito allegato (fig. 10).



Classe	Intensità	Descrizione degli effetti
		Aree studiate non soggette a rischio da frana
Rg1	Moderato	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.
Rg2	Medio	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
Rg3	Elevato	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
Rg4	Molto elevato	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.

Figura 10 – Carta del rischio geomorfologico (Rg)
(stralcio cartografico della Tavola 38 - Studio di dettaglio della pericolosità per frana – Anno 2015)

Il rischio per frana è definito dal prodotto dei pesi di tre fattori: vulnerabilità (V), elementi di rischio (Eg) e pericolosità (Hg). Considerata la matrice di calcolo (tab. 1) si ottiene un valore del rischio Rg2. La seguente Tabella 1 riporta la matrice di calcolo per la determinazione del Rischio (Rg).

Relativamente alla definizione di **Vulnerabilità** (come proposta dal DPCM 29.09.98) questa è intesa come “capacità a resistere alla sollecitazione indotte dall’evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio in caso del manifestarsi del fenomeno”.

Tabella 1 - Matrice di calcolo del grado di rischio per frana (condizioni ante intervento)

Classe	Hg4	Hg3	Hg2	Hg1
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg2	Rg2	Rg1	Rg1
E3	Rg3	Rg3	Rg2	Rg1
E4	Rg4	Rg3	Rg2	Rg1

Risultato delle verifiche eseguite in condizioni ante opera per il settore del P.U.A. di Piazzale Segni

Nel settore di Piazzale Segni le verifiche eseguite hanno consentito di verificare l’assenza di aree di pericolosità geomorfologica per frana come peraltro evidenziato dall’esame della cartografia di riferimento.

STATO FUTURO DEI LUOGHI (ANALISI POST INTERVENTO)

L’intervento in progetto prevede le opere per la realizzazione del P.U.A. di Piazzale Segni di Sassari nel comparto G1.

Sono previsti interventi di sistemazione superficiali per la realizzazione della viabilità interna del piazzale antistante la struttura commerciale in progetto.

Inoltre, si procederà con il raccordo dei luoghi alla viabilità esistente ed alla rete di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche alla rete fognaria esistente.

Gli interventi previsti in progetto non comporteranno sensibili variazioni degli elementi “acclività” ed “uso del

suolo” che concorrono insieme all’elemento litologia, quest’ultimo chiaramente invariante, alla definizione dell’instabilità potenziale dei luoghi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base a quanto riportato nei precedenti paragrafi, l’intervento in progetto non determinerà variazioni rispetto alla situazione cartografata ad oggi che evidenzia la completa assenza di elementi geomorfologici capaci di determinare la presenza di pericolosità geomorfologica per frana nel settore del P.U.A. di Piazzale Segni di Sassari. Le verifiche di dettaglio eseguite hanno evidenziato che l’area è caratterizzata dalla presenza di un substrato litoide caratterizzato da assoluta stabilità generale.

Pertanto, per l’intervento in progetto è stata verificata positivamente la compatibilità geologica e geotecnica ai sensi del P.A.I. Sardegna per l’intervento esaminato che ricade in un’area priva di pericolosità geomorfologica.

Sassari, 14 Febbraio 2024

Ing. Renzo Solmona



Dott. Geol. Andrea De Santis

