



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI
SERVIZIO DEL GENIO CIVILE DI ORISTANO



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

Via Cagliari n. 170 – Oristano

Programma Servizio di Piena 2019-2020
Completamento degli interventi di
rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo delle
sponde del rio Mogoro (nel tronco intermedio),
ricalibratura della sezione e adeguamento delle
arginature

C.A.T. P0920

C.U.P: G55H20000080002

C.I.G.:

PROGETTO ESECUTIVO

Progettista
Ing. Gian Luca Zuddas

Collaboratori
Geol. Stefano Sanna
Dott.ssa Ing. Eleonora Trudu

Responsabile del Procedimento
Dott. Serafino Angelo Meloni

Committente
Consorzio di Bonifica dell'Oristanese
Il Presidente
Dott. Carlo Corrias

Titolo

Allegato

RELAZIONE GEOLOGICA

C

Rev.	Data	Nome file	Redattore	Verificatore
00	13/08/2023	1504P0920relgeologicSS	Ing. Gian Luca Zuddas	Ing. Francesco Castagna

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. CENNI PROGETTUALI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	8
6. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE	9
7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	11
8. ASSETTO IDRICO SUPERFICIALE	13
9. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	14
10. ANALISI GEOMORFOLOGICA	23
11. CALCOLI GEOTECNICI E VERIFICHE DI STABILITA'	24
12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	26
13. CONCLUSIONI	29

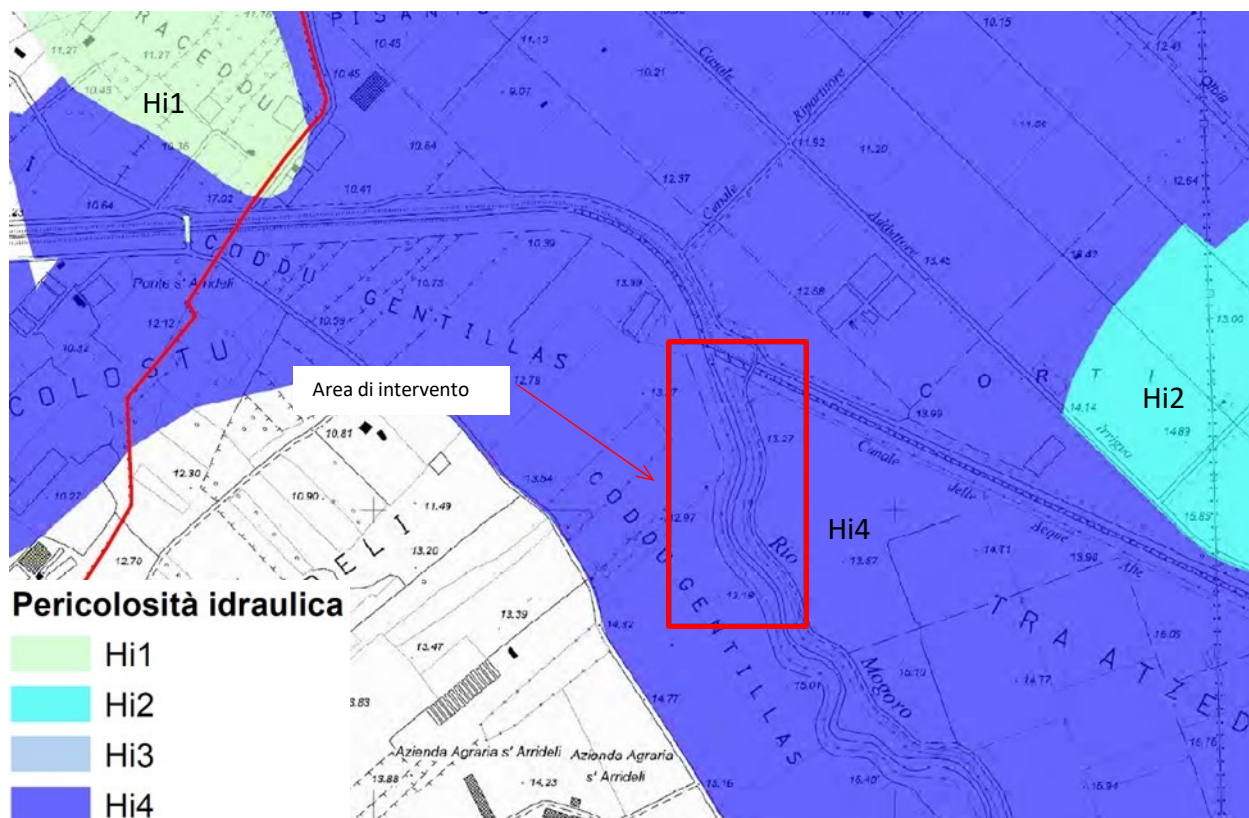
1. PREMESSA

La presente relazione geologica e geomorfologica, parte integrante del progetto esecutivo dei lavori di *Completamento degli interventi di rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo delle sponde del rio Mogoro (nel tronco intermedio), ricalibratura della sezione e adeguamento delle arginature*, comprende ed illustra:

- la successione litostratigrafica locale con definizione della genesi e distribuzione spaziale dei litotipi;
- i lineamenti geomorfologici della zona e la loro tendenza evolutiva;
- la natura dei litotipi, il loro stato d'alterazione e degradabilità;
- lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Facendo costante riferimento alla normativa (D.M. 11 marzo 1988 e Circolare esplicativa n°30483, D.M. 17.01.2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), si tracciano i principali lineamenti geologici e geomorfologici dell'area con particolare riferimento alle condizioni di potenziale instabilità geologica e geomorfologica. La stratigrafia e la geologia del settore di realizzazione dell'intervento nel Rio Mogoro sono state indagate con la realizzazione di indagini dirette mediante pozzetti \stratigrafici, prelievo di campioni e prove di laboratorio.

L'area di interesse nella quale verranno eseguiti i lavori è compresa nel P.A.I. della Regione Sardegna tra le aree a rischio idraulico del sub-bacino n. 2 Tirso, nella classe di pericolosità idraulica Hi4-P3 (molto elevata), a seguito di applicazione delle modifiche delle Norme di Attuazione del PAI del 2020 (art. 41 c. 7) attraverso le quali “le aree di pericolosità idraulica, individuate dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) con analisi idrologico-idraulica, costituiscono variante a quelle del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e alle aree di pericolosità, così variate, si applicano le previsioni delle Norme tecniche di attuazione del PAI”. La suddetta previsione di pericolosità idraulica individuata dal PSFF (P3) è entrata in vigore dalla data di adozione della Delibera n. 1 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale del 16.06.2020 e del D.P.G.R. n. 94 del 16.09.2020.



Perimetrazione del sito di interesse a pericolosità idraulica (stralcio PAI Regione Sardegna)

2. CENNI PROGETTUALI

L'area oggetto di intervento interessa l'alveo del Rio Mogoro per una lunghezza di 534 metri a partire dalla confluenza del Canale delle Acque Alte, verso monte.

La relativa progettazione, finalizzata a garantire la funzionalità idraulica del Rio Mogoro, in relazione soprattutto alla vicinanza ad aree antropizzate, prevede il rimodellamento delle sezioni d'alveo a forma simil trapezia (come già attuato in precedente intervento negli anni scorsi in un tratto del corso d'acqua più a monte), riconfigurandone il fondo per ottenere una larghezza minima di 10 metri e regolarizzandone la pendenza longitudinale secondo una livelletta con pendenza pari al 2%.

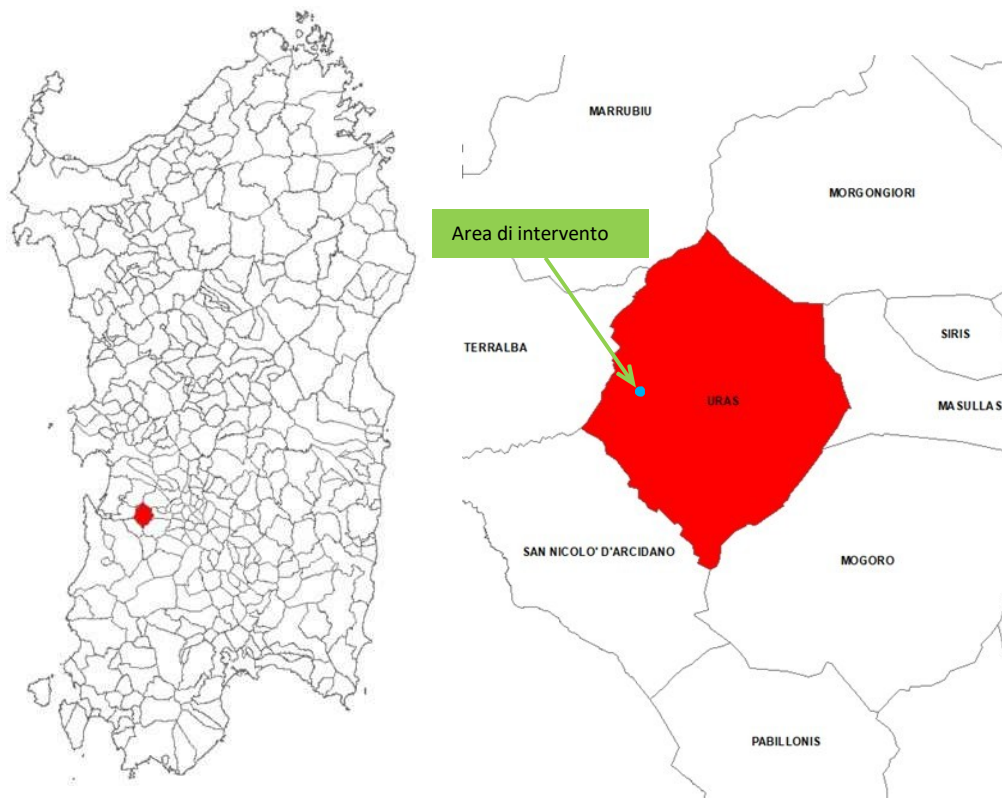
Per permettere la carrabilità dei mezzi si sistemerà con una livellazione la parte golenale di sezione esterna all'alveo di magra, riprofilando le scarpate arginali con ricalibratura di regolarizzazione del coronamento sommitale, prevedendo anche l'allargamento arginale, con ringrosso lato campagna, per la realizzazione, appunto, di una pista sommitale carrabile e di piazzole di scambio al fine di consentirne la percorribilità con mezzi meccanici. Infine, sono in programma la realizzazione di rampe di accesso al sistema arginale e all'alveo inciso oltre alla demolizione dei guadi esistenti.

Inoltre, a monte e a valle dell'intervento previsto verranno inserite delle gabbionate di testata per dare maggiore continuità alla struttura di difesa spondale.

Tutte le attività progettate, di riordino e controllo del sistema difensivo del corso d'acqua oggetto di sistemazione, sono conformi a quanto stabilito all'intervento "B" dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) per il tratto intermedio del Rio Mogoro.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

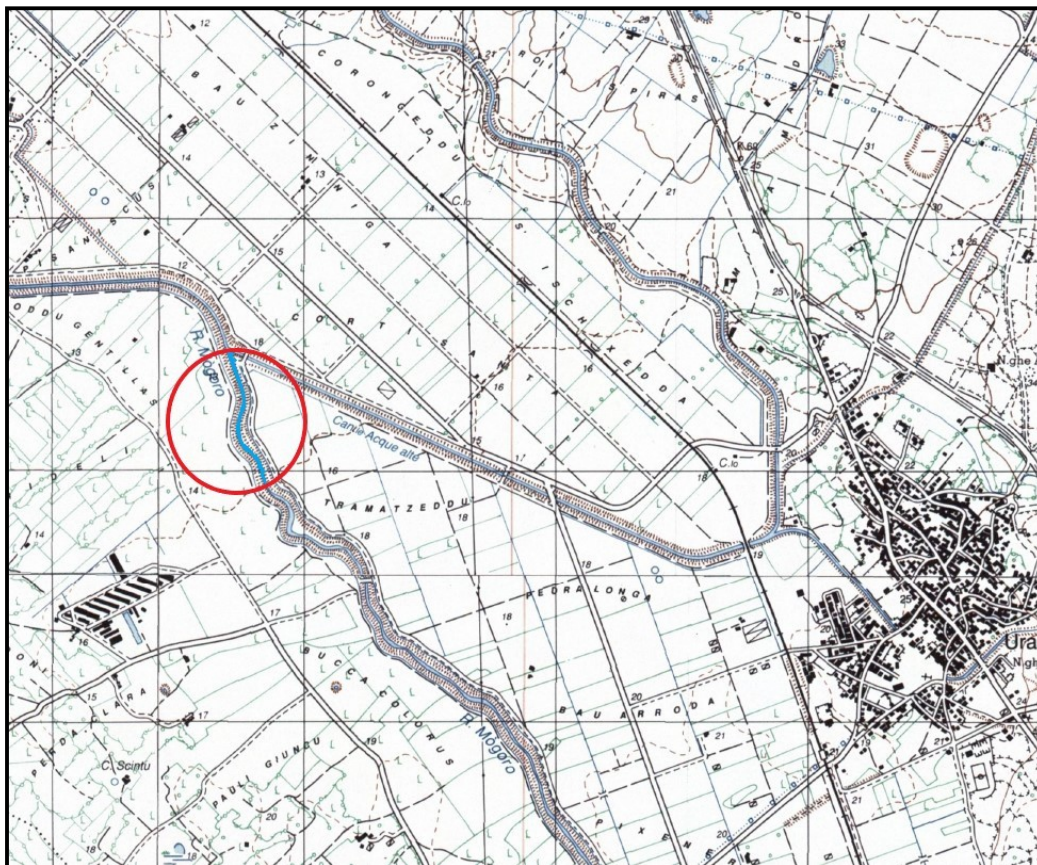
L'area di intervento è localizzata interamente nel territorio comunale di Uras (OR) ed è situata a circa 2-2,5 km a ovest rispetto al centro abitato di Uras.



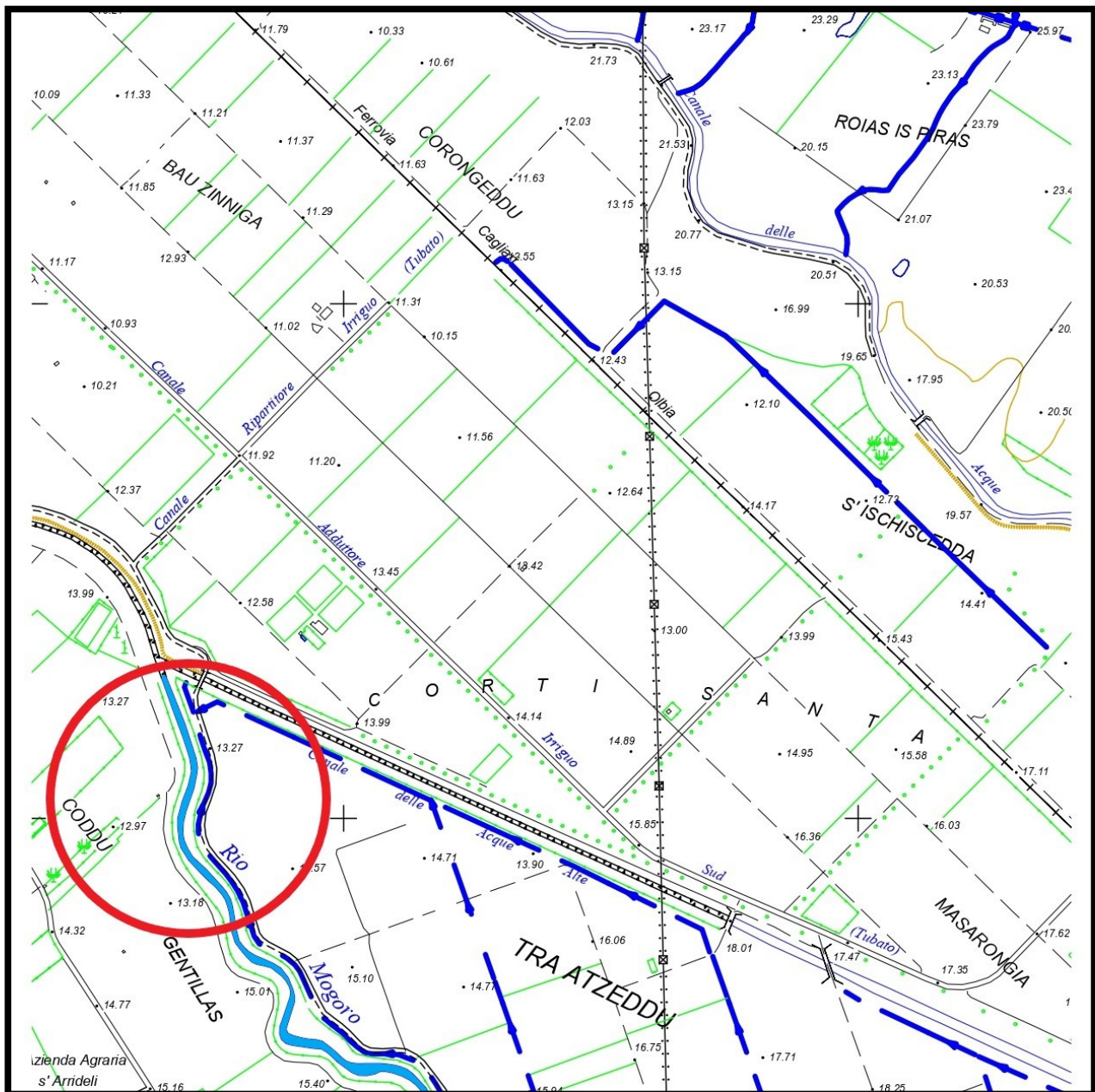
Localizzazione territoriale dell'area delle opere in progetto

Il territorio interessato dagli interventi progettuali è inserito nella seguente cartografia ufficiale, riportata graficamente nelle pagine seguenti:

- Tavole I.G.M.I., in scala 1:25.000, Foglio 539 sez. IV "Ales";
- C.T.R. Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, Foglio 539050 "Uras Nord";
- Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, Foglio 217 "Oristano".



Inquadramento geografico dell'area di progetto nella Carta I.G.M.I. Scala 1:25000 - Foglio n. 539 Sez. IV "Ales"



Ubicazione del tratto del Rio Mogoro oggetto di intervento CTR Scala 1:10000 - Foglio 539050 "Uras Nord"



Veduta satellitare del sito di interesse

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali condizioni vincolanti che interessano la progettazione del presente intervento e che prevedono lo studio geologico della zona di possibile influenza dei relativi interventi progettuali sono contenute nei seguenti riferimenti normativi:

D.M. LL.PP. del 11/03/1988 e relative Circolari Ministeriali.

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.

Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 17 Gennaio 2018

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»

Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21 Gennaio 2019

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018.

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

Ordinanza P.C.M. n. 3341 del 3.5.2005

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

DPCM 29/09/1998 e relativi allegati

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, c.1 e 2 del D.L. 11 Giugno 1998, n.180

P.A.I. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e relative Norme di attuazione

Regione Autonoma della Sardegna (N.A. Aggiornamento Del. C.I. n.15 del 22/11/2022)

Piano Stralcio della Fasce Fluviali (PSFF)

Regione Autonoma della Sardegna

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) – II ciclo di pianificazione - (Agg. Del. C.I. n. 14 del 21/12/2021)

Direttiva per la manutenzione degli alvei e la gestione dei sedimenti (artt. 13 e 15 delle N.A. PAI) - Piano d'indirizzo metodologico per la redazione dei progetti di manutenzione.

Autorità di Bacino Regionale Comitato Istituzionale Deliberazione n.3 del 07.07.2015

Circolare 9 Gennaio 1996 n. 218/24/3 Ministero dei Lavori Pubblici

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica

D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii.

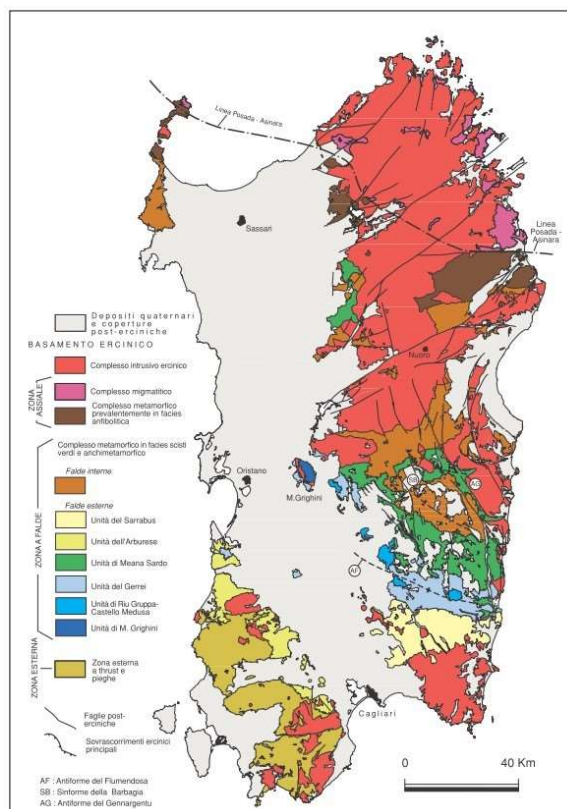
Norme in materia ambientale

Piano Urbanistico Comunale (PUC) vigente del Comune di Uras

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La storia geologica dell'area di interesse è riconducibile alla formazione del graben campidanese (fossa), che si sovrappone al settore centro-meridionale del rift sardo. A questa fase tettonica è legato, inoltre, un nuovo vulcanismo, a carattere alcalino, che ha dato luogo all'edificio vulcanico del Monte Arci ed agli espandimenti basaltici. La successiva ripresa dell'attività erosiva, guidata dalle discontinuità tettoniche, ha agito con maggior intensità sulle litologie più erodibili. Il materiale eroso, trasportato a valle dalle acque incanalate venne depositato nella fossa del Campidano fino a colmarla.

In tempi geologici più recenti e soprattutto durante le glaciazioni, l'erosione ha poi continuato il modellamento della regione ed ha portato gradualmente all'attuale configurazione morfologica dell'area, caratterizzata da una vasta pianura delimitata da pilastri tettonici di varia natura litologica ed età. In questo periodo sono stati depositi lungo i corsi d'acqua principali coltri alluvionali e si sono formati depositi di pendio ed eluvio-colluviali che ricoprono e raccordano i versanti delle colline e dei massicci vulcanici con l'attigua zona pianeggiante.



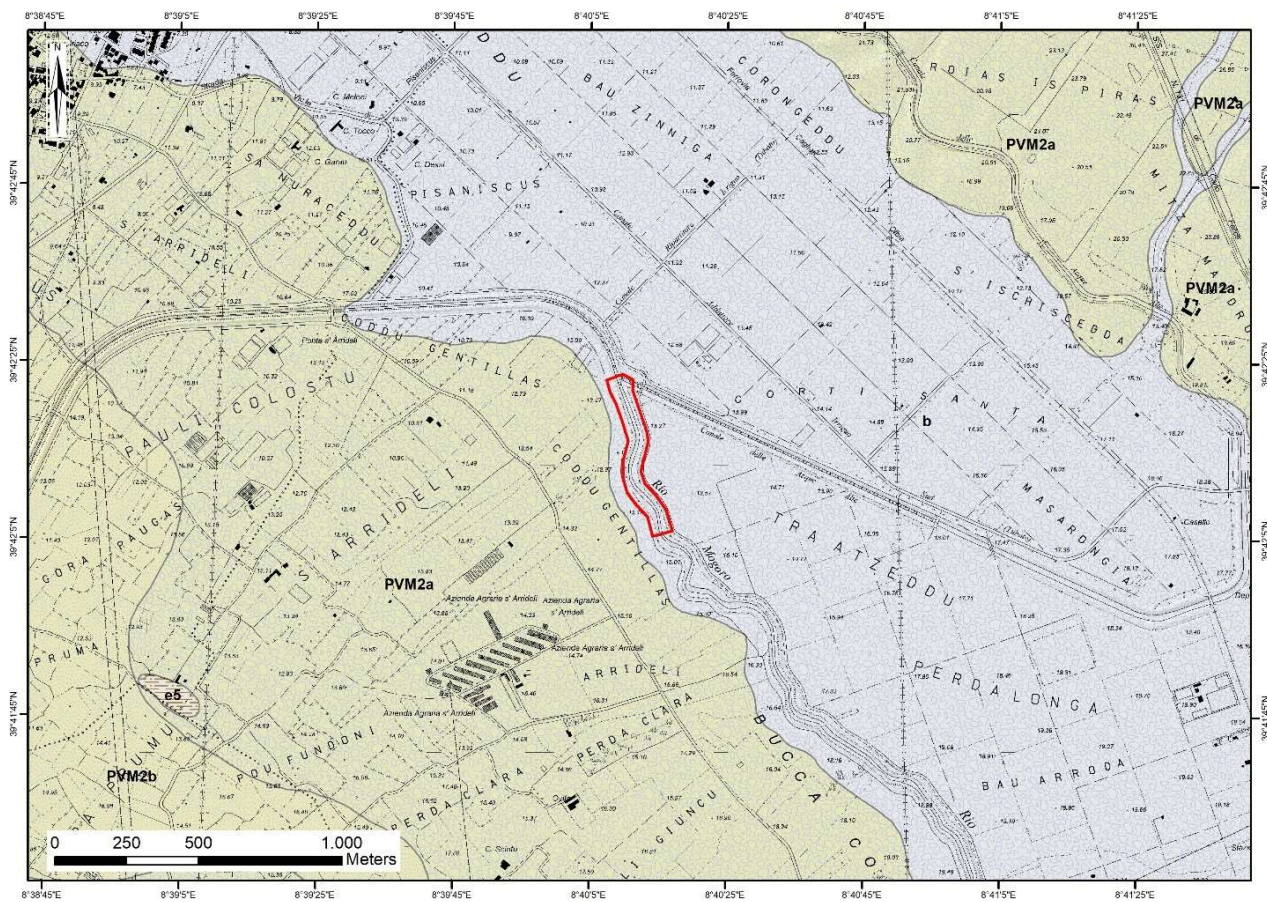
Carta Geologica in scala 1:200.000 (Barca, Carmignani, ecc)

Come strumento di base per lo studio geologico dell'area è stata utilizzata: la "Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000" (Regione Autonoma della Sardegna) di cui è riportato uno stralcio a pag. 11. Il rilevamento geologico dell'area vasta, unitamente allo studio della documentazione bibliografica sopracitata, ha permesso di definire la presente successione stratigrafica:

1. PVM2a - Litofacies nel Subsintema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
2. PVM2b - Litofacies nel Subsintema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. PLEISTOCENE SUP.
3. b - Depositi alluvionali. OLOCENE
4. e5 – Depositi Palustri. Limi ed argille limose, talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE

6. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Le formazioni geologiche che affiorano nell'area direttamente interessata dalla realizzazione delle opere in progetto sono riferibili ai depositi alluvionali olocenici. In particolare, in prossimità dell'area di studio, a Ovest sono rinvenibili le ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie appartenenti al subsintema di Portovesme (PVM2a) del Pleistocene superiore. Sulla base degli affioramenti in situ e dei dati ricavati dall'analisi bibliografica, tali depositi hanno uno spessore plurimetrico. Infine, a livello superficiale è stata osservata una coltre di materiali pedogenizzati con uno spessore da pochi decimetri sino a un metro.



Stralcio Carta Geologica della Sardegna in scala 1:25000 modificata

LEGENDA



Area di intervento

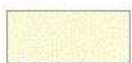
Elementi Geologici Areali



Depositi palustri. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE



Depositi alluvionali. OLOCENE



Litofacies nel Subsinema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. PLEISTOCENE SUP.



Litofacies nel Subsinema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio di Uras, per quanto arealmente poco esteso, presenta una considerevole variabilità di aspetti geomorfologici interessanti, frutto dell'interazione fra i caratteri geostrutturali dell'area, i processi esogeni, le condizioni climatiche, la presenza e lo stato della copertura vegetale e dell'attività antropica.

I domini morfologici principali, dove i processi morfogenetici hanno creato paesaggi assai vari di interesse didattico-scientifico e paesaggistico, sono il Monte Arci e le vulcaniti ad esso collegate e la piana che dai piedi del monte si ricollega alla zona di Uras-Terralba e a quella costiera, oltre alla fascia pedemontana, di raccordo fra gli stessi.

Si possono, dunque, distinguere tre ambiti territoriali:

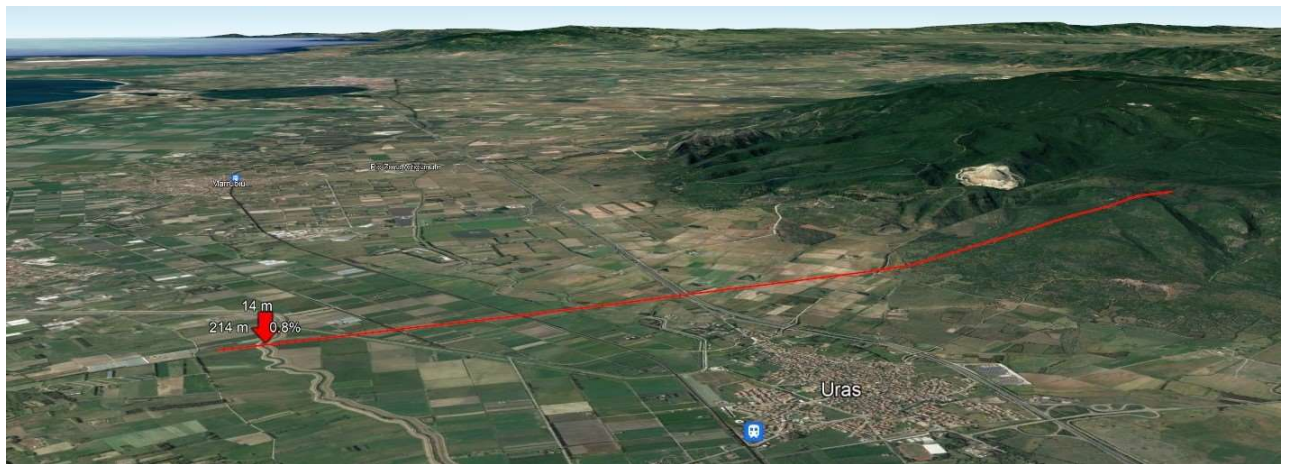
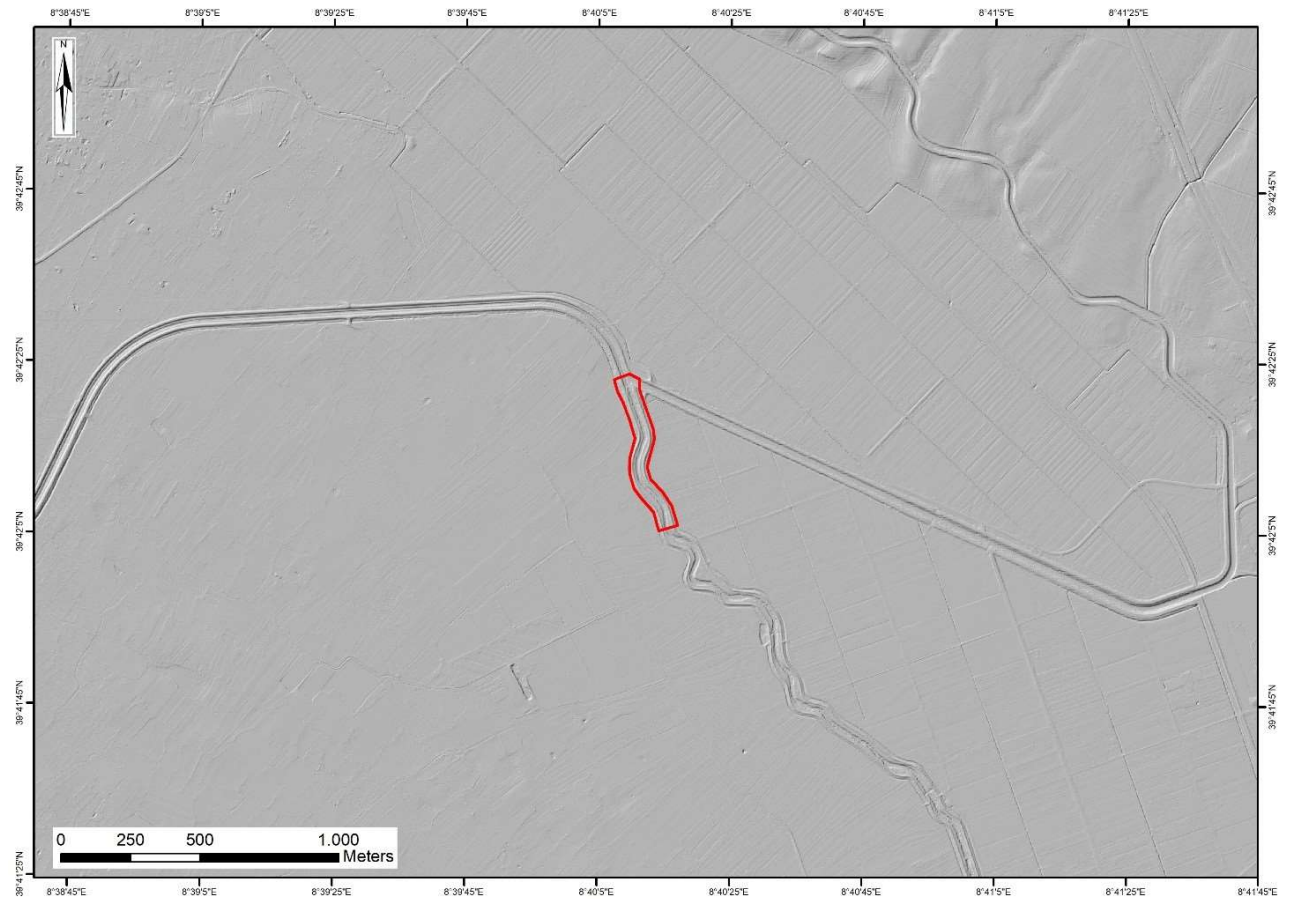
- il versante occidentale del Monte Arci, dal settore sommitale fino alla fascia pedemontana;
- la fascia pedemontana, di raccordo tra l'edificio vulcanico e la pianura campidanese;
- la pianura del Campidano.

L'area di interesse è situata nella parte centrale del Campidano Nord-Occidentale rappresentato da una vasta superficie pianeggiante o dolcemente ondulata, modellata su potenti depositi detritici plio-quadernari di varia origine e raccordata con i versanti del massiccio del Monte Arci dai depositi di conoide.

L'assetto geomorfologico dell'area è caratterizzato dalla dominanza di pianeggianti o sub-pianeggianti (pendenze medie del 2%) impostate su depositi quadernari alluvionali e di conoide. Il sito interessato dalla realizzazione Completamento degli interventi di "rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo delle sponde del Rio Mogoro (nel tronco intermedio), ricalibratura della sezione e adeguamento delle arginature" ricade in un'area sub- pianeggiante alla quota di circa 14,00 metri s.l.m..

Completamento degli interventi di rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo delle sponde del Rio Mogoro (nel tronco intermedio), ricalibratura della sezione e adeguamento delle arginature

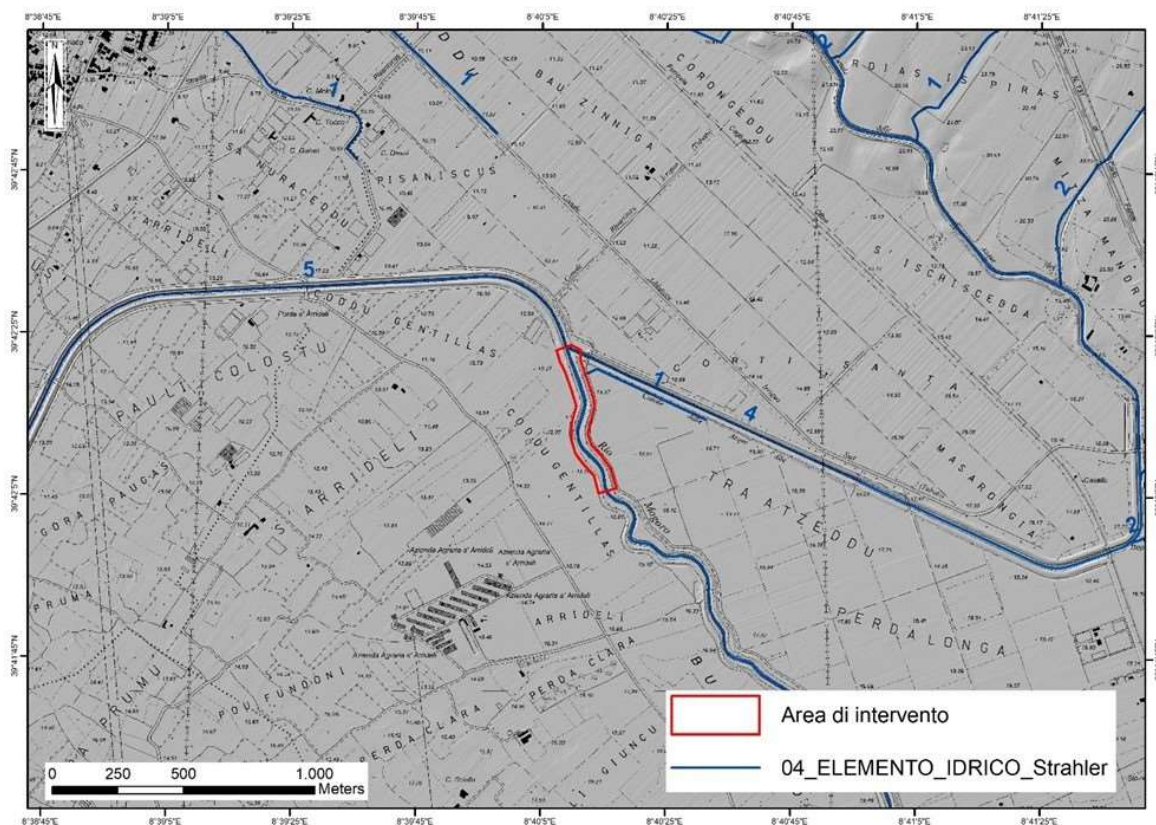
CUP: G55H20000080002 CAT P0920



Modello digitale del terreno (DTM) dell'area vasta con risoluzione a 1 metro e cattura da Google Earth

8. ASSETTO IDRICO SUPERFICIALE

La circolazione idrica superficiale è caratterizzata dalla presenza del Rio Mogoro che delimita il territorio comunale, verso Mogoro e Terralba. Il fiume ha un bacino assai esteso, che drena le acque del settore meridionale del Monte Arci e di buona parte dell'Alta Marmilla. Attualmente l'alveo del Rio Mogoro è in gran parte sistemato artificialmente ed in località Santa Vittoria è presente una diga di contenimento delle piene. Più significativa è la rete di torrenti che dal Monte Arci si dirigono verso la piana e che vengono intercettati da canali artificiali che li convogliano nel collettore delle Acque Alte e, quindi, nel Rio Mogoro. Da Nord verso Sud è presente il Rio Perdosu, il Rio Fenugu, il Rio Cracchera e il Rio Tamis. Si tratta di torrenti quasi sempre in secca ma che, in occasione di forti e prolungate precipitazioni, possono avere portate consistenti. Il Rio Perdosu segna il confine con Marrubiu e drena il settore centrale del Monte Arci con la denominazione di Canale Landirucci. Il Rio Fenugu, che nella parte montana ha il toponimo di canale Solacera, viene intercettato invece da una serie di canali che attraverso il Rio S'Aquabella confluiscono sempre nel Canale delle Acque Alte e, quindi, sempre nel Rio Mogoro. Meno controllato è il Rio Cracchera che in talune situazioni può straripare arrecando danni alle zone più basse del centro abitato (zona Nord). Il Rio Tamis, quasi sempre in secca, ma che in situazioni di prolungate precipitazioni può raggiungere portate consistenti, a valle viene convogliato in un canale che lambisce la parte sud-orientale dell'abitato di Uras, dove per un tratto è tombato, per poi riversarsi sempre nel Canale delle Acque Alte. In genere nella parte pianeggiante del territorio comunale le opere di bonifica hanno realizzato e stanno per completare una rete artificiale di canali di scolo che confluiscono, come detto, nel Canale delle Acque Alte e, dunque, nel Rio Mogoro. L'area di intervento è ubicata laddove il Canale_12608 (Strahler 1) e il Canale Acque Alte (Strahler 4) confluiscono con il Rio Mogoro (Strahler 5).



Elementi idrici superficiali (da Geoportale Regione Sardegna)

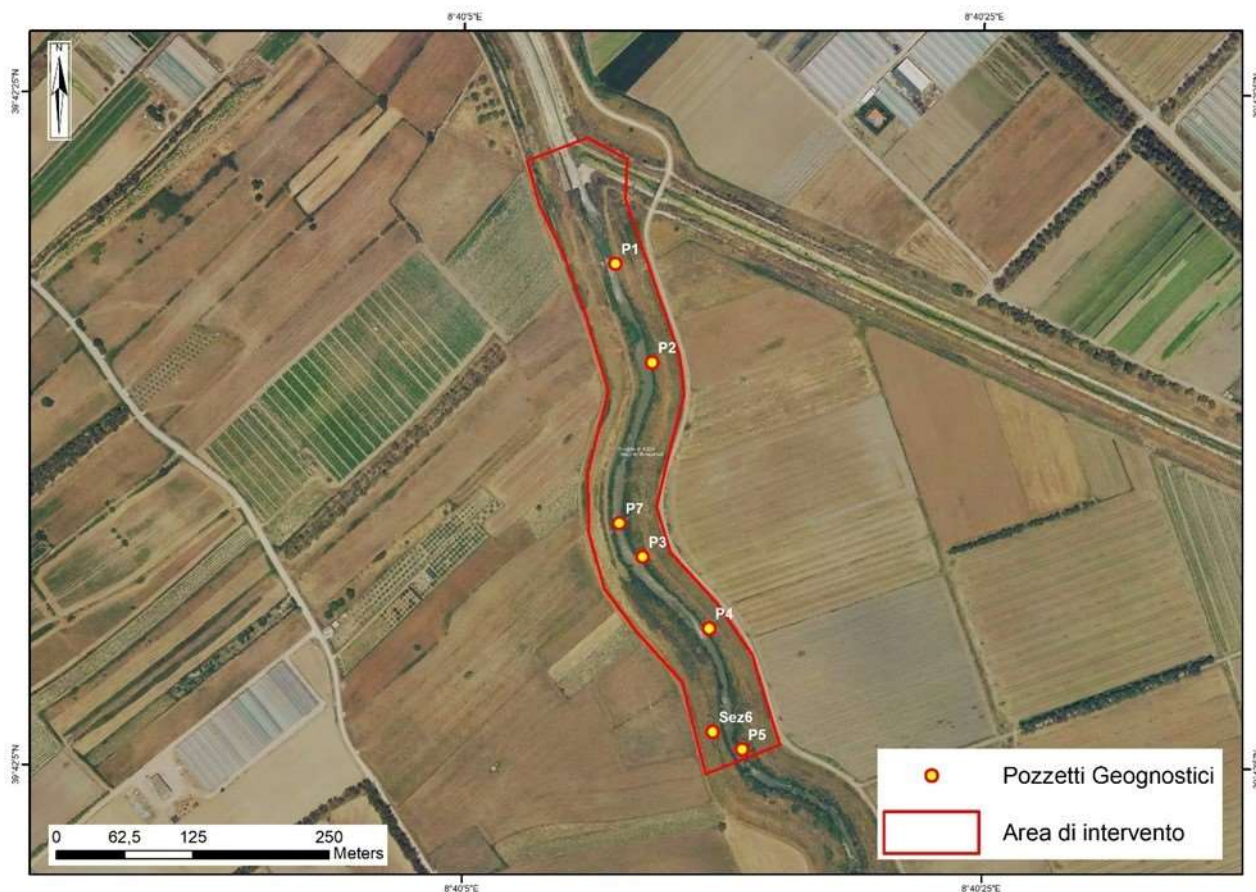
Lo studio dell'idrologia superficiale nei pressi del sito di interesse non ha evidenziato particolari criticità in relazione alle opere previste in progetto.

9. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Sono state eseguite indagini in situ per la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche, geomorfologiche e geotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto.

L'area è stata indagata realizzando n.6 pozzetti geognostici con un mini-escavatore cingolato.

Le indagini hanno permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico locale e il prelievo di campioni destinati ad analisi chimiche (per la corretta gestione delle terre e rocce da scavo), classificazione granulometrica, prova di taglio e determinazione del peso di volume. Nella figura sottostante è riportata la planimetria con l'ubicazione delle stesse, che per necessità logistiche sono state posizionate in sponda destra del Rio Mogoro. Le caratteristiche stratigrafiche e geomorfologiche della sponda sinistra sono state definite sulla base delle analisi delle sezioni stratigrafiche in affioramento.



Area di intervento e ubicazione delle indagini

Di seguito le stratigrafie dei pozzetti geognostici eseguiti con indicazione delle unità geologiche individuate, la profondità della falda e le profondità dei campionamenti.

CUP: G55H20000080002 CAT P0920

Intervento Rio Mogoro					
Località: Uras		Rilevatori: Dott.Geol. Valentino Demurtas		Pozzetto: P1	
Coordinate: Gauss Boaga		Mezzo di scavo:			
1.471.683,918 4.395.203,634		Mini-escavatore cingolato			
Data: 22/02/2023		Quota s.l.m.m. (m): 15,0m		Profondità massima raggiunta. (m): 1.50	
Profondità da p.c. (m)	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Profondità falda da p.c. (m)	Campione ambientale	Campione geotecnico
0.00		Ciottoli decimetrici di vulcaniti alterate in matrice limo sabbiosa- matrice sostenuto.	1.50	P1 0-1m	Analisi granulometrica. Campione prelevato in alveo in porosità del P1
0.70		Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa limosa intercalati da livelli a sabbie. (i ciottoli sono abbondanti. Vi è presenza di rete metallica. questo livello rappresenta un gabbionata ormai deteriorata.			
1.20		Sabbie ghiaiose.		P1 1,5 - 2m	
1.50					

Pozzetto geognostico P1

Intervento Rio Mogoro					
Località: Uras		Rilevatori: Dott.Geol. Valentino Demurtas		Pozzetto: P2	
Coordinate: Gauss Boaga		Mezzo di scavo:			
1.471.718,190 4.395.115,357		Mini-escavatore cingolato			
Data: 22/02/2023		Quota s.l.m.m. (m): 14,0		Profondità massima raggiunta. (m): 03.50	
Profondità da p.c. (m)	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Profondità falda da p.c. (m)	Campione ambientale	Campione geotecnico
0.00		Sabbie debolmente limose.	3.00		P.Volume Taglio
1.20		Sabbie limose.			
2.00		Limi argillosi			P.Volume Taglio
		Ciottoli in matrice sabbiosa e limosa. Matrice sostenuti			
3.50					

Pozzetto geognostico P2

CUP: G55H20000080002 CAT P0920

Intervento Rio Mogoro						
Località: Uras		Rilevatori: Dott.Geol. Valentino Demurtas		Pozzetto: P3		
Coordinate: Gauss Boaga		Mezzo di scavo:				
1.471.707,804 4.394.933,610		Mini-escavatore cingolato				
Data: 22/02/2023		Quota s.l.m.m. (m): 14,0		Profondità massima raggiunta. (m): 03.40		
Profondità da p.c. (m)	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Profondità falda da p.c. (m)	Campione ambientale	Campione geotecnico
0.00		Sabbie debolmente limose				
1.40		Sabbie grossolana con livelli limosi				
2.60		Limi argillosi				
3.40				3.20		

Pozzetto geognostico P3

Intervento Rio Mogoro						
Località: Uras		Rilevatori: Dott.Geol. Valentino Demurtas		Pozzetto: P4		
Coordinate: Gauss Boaga		Mezzo di scavo:				
1.471.765,963 4.394.868,181		Mini-escavatore cingolato				
Data: 22/02/2023		Quota s.l.m.m. (m): 14,0		Profondità massima raggiunta. (m): 03.50		
Profondità da p.c. (m)	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Profondità falda da p.c. (m)	Campione ambientale	Campione geotecnico
0.00		Sabbie debolmente limose.			P4 0-1 m	
1.70		Argille sabbiose			P4 1-2 m	
2.50		Ghiaie in matrice sabbiosa limosa				
3.50				3.00		

Pozzetto geognostico P4

Intervento Rio Mogoro					
Località: Uras		Rilevatori: Dott.Geol. Valentino Demurtas		Pozzetto: P5	
Coordinate: Gauss Boaga		Mezzo di scavo:			
1.471.683,918 4.395.203,634		Mini-escavatore cingolato			
Data: 22/02/2023		Quota s.l.m.m. (m): 14,0m		Profondità massima raggiunta. (m): 1.50	
Profondità da p.c. (m)		DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Profondità falda da p.c. (m)	Campione ambientale	Campione geotecnico
0.00		Il pozzetto 5 è stato eseguito per l'analisi dei sedimenti dell'alveo. Sono state prelevate diverse bennate per definire la natura dei sedimenti nell'alveo. Il materiale è costituito da ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice sabbiosa e limosa			Cl.Granulometrica
					

Pozzetto geognostico P5

Intervento Rio Mogoro					
Località: Uras		Rilevatori: Dott.Geol. Valentino Demurtas		Pozzetto: P7	
Coordinate: Gauss Boaga		Mezzo di scavo:			
1.471.685,995 4.394.966,843		Mini-escavatore cingolato			
Data: 22/02/2023		Quota s.l.m.m. (m): 14,0		Profondità massima raggiunta. (m): 02.50	
Profondità da p.c. (m)	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Profondità falda da p.c. (m)	Campione ambientale	Campione geotecnico
0.00					
				P7Ca1	
				P7Ca2	
2.50					
			3.20		
					

Pozzetto geognostico P7

TABELLA RIEPILOGATIVA CAMPIONI PRELEVATI			
Poz.	Nome Campione	Quota da p.c.	Tipo
P1	P1 0-1 m	0-1m	Analisi Chimica
P1	P1 1-1,5 m	1-1,5 m	Analisi Chimica
P1	P1Gr1	Fondo alveo	Cl. Granulometrica
P2	P2Pv1	1 m	Peso di Volume
P2	P2Pv2	2 m	Peso di Volume
P2	P2Tg1	1 m	Prova di Taglio
P2	P2Tg2	2m	Prova di Taglio
P4	P4 0-1 m	0-1m	Analisi Chimica
P4	P4 1-2 m	1-2m	Analisi Chimica
P5	P5Gr1	Fondo alveo	Cl. Granulometrica
P7	P7 0-1 m	0-1m	Analisi Chimica
P7	P4 1-2 m	1-2m	Analisi Chimica

Nel complesso i terreni indagati sono correlati a depositi naturali legati alle dinamiche fluviali del Rio Mogoro anche se localmente sono stati ritrovati livelli superficiali di materiale antropico (vecchie gabbionate deteriorate).

Il modello stratigrafico dell'intero settore è costituito da un livello a sabbie limose con uno spessore medio di 1,5 metri (max spessore trovato 2,5 metri) poggiante su un livello a limi argillosi. Con l'aumento della profondità è stata riscontrata la presenza di livelli a ghiaie ciottolose con spessore di ordine decimetrico.

I sedimenti dell'alveo sono caratterizzati da ghiaie e ciottoli in matrice limo argillosa. La percentuale di fine aumenta vicino alle sponde e risulta, comunque, sempre altamente subordinata.

La rappresentazione della curva granulometrica di un sedimento è la classificazione più consueta che può essere eseguita su qualsiasi tipo di terreno che consente di individuare in che percentuale sono presenti argilla, limo, sabbia, ghiaia e ciottoli e, quindi, di descrivere un sedimento sulla base delle dimensioni dei grani che lo costituiscono e della loro quantità.

L'analisi granulometrica consente di raggruppare in diverse classi di grandezza le particelle costituenti il terreno e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe riferendole al peso secco del campione iniziale. Secondo l'Associazione Geotecnica Italiana, le classi principali sono: ghiaia (tra 2 mm e 60 mm), sabbia (tra 2 mm e 75 µm), limo tra 75 µm e 2 µm) e argilla (sotto i 2 µm).

Aperture	Trat.cum.	Pass.cum.	Pass.cum.
mm	g	g	%
100,0	0,0	2800,9	100,0
80,0	0,0	2800,9	100,0
71,0	0,0	2800,9	100,0
63,0	0,0	2800,9	100,0
40,0	0,0	2800,9	100,0
20,0	276,5	2524,4	90,1
10,0	770,6	2030,3	72,5
5,0	1086,9	1714,0	61,2
2,0	1356,7	1444,2	51,6
1,0	1561,6	1239,3	44,2
0,4	1988,7	812,2	29,0
0,16	2228,9	572,0	20,4
0,075	2356,5	444,4	15,9

Procedimento:	Lavaggio e successiva staccatura	
Massa totale essicata:	g	2800,9
Contenuto d'acqua:	%	28,0
Diametro massimo:	mm	20,0
Diametro minimo:	mm	0,0
Contenuto in ghiaia:	%	48,4
Contenuto in sabbia:	%	35,7
Contenuto in limo e argilla:	%	15,9

Descrizione tecnica del campione (Racc.AGI):
Ghiaia con sabbia limosa

Analisi granulometrica campione P1Gr1

Aperture	Trat.cum.	Pass.cum.	Pass.cum.
mm	g	g	%
100,0	0,0	4443,2	100,0
80,0	0,0	4443,2	100,0
71,0	0,0	4443,2	100,0
63,0	445,9	3997,3	90,0
40,0	1033,0	3410,2	76,8
20,0	1817,3	2625,9	59,1
10,0	2531,1	1912,1	43,0
5,0	3048,1	1395,1	31,4
2,0	3448,1	995,1	22,4
1,0	3763,5	679,7	15,3
0,4	4105,4	337,8	7,6
0,16	4207,8	235,4	5,3
0,075	4264,2	179,0	4,0

Procedimento:	Lavaggio e successiva stacciatura	
Massa totale essicata:	g	4443,2
Contenuto d'acqua:	%	18,6
Diametro massimo:	mm	63,0
Diametro minimo:	mm	0,0
Contenuto in ghiaia:	%	77,6
Contenuto in sabbia:	%	18,4
Contenuto in limo e argilla:	%	4,0

Descrizione tecnica del campione (Racc.AGI):

Ghiaia sabbiosa

Analisi granulometrica campione P5Gr1

Il campionamento dei terreni da sottoporre ad analisi geotecnica (peso di volume e prova di taglio) sono stati eseguiti unicamente nel Pozzetto P2, poiché rappresentativo di tutto il tratto di sponda, mediante campionatore ad infissione. I campioni sono indisturbati e sono stati prelevati uno nell'unità sabbiosa superficiale e l'altro nell'unità limo argillosa più profonda. Di seguito i risultati dei **pesi di volume** dei campioni indisturbati.



COMMITTENTE: Dott. Geol. Valentino Demurtas

CANTIERE: Rio Mogoro

Data del campionamento: 22-feb-23

Ubicazione prelievo: Pozzetto n.2

Sigla del campione: -

Profondità prelievo dal p.c.: 1,0 metri

PESO SPECIFICO APPARENTE DEL CAMPIONE NORMATIVE CNR UNI n°22

Cilindro	n°	1
Peso del cilindro e del campione	g	952,52
Peso del cilindro	g	341,63
Peso del campione	g	610,89
Volume del cilindro	ml	354,91
Peso di volume	g/cmc	1,721

Estratto Certificato prova determinazione peso di volume apparente, pozzetto P2, profondità 1metro

COMMITTENTE: Dott. Geol. Valentino Demurtas

CANTIERE: Rio Mogoro

Data del campionamento: 22-feb-23

Ubicazione prelievo: Pozzetto n.2

Sigla del campione: -

Profondità prelievo dal p.c.: 2,0 metri

PESO SPECIFICO APPARENTE DEL CAMPIONE
NORMATIVE CNR UNI n°22

Cilindro	n°	2
Peso del cilindro e del campione	g	1070,47
Peso del cilindro	g	373,60
Peso del campione	g	696,87
Volume del cilindro	ml	386,61

Peso di volume	g/cmc	1,803
-----------------------	--------------	--------------

Estratto Certificato prova determinazione peso di volume apparente, pozzetto P2, profondità 2 metri

Sono stati anche prelevati alcuni campioni per le prove di taglio diretto che hanno consentito di determinare la coesione c e l'angolo d'attrito φ di un terreno. Tali parametri sono fondamentali per descrivere il comportamento meccanico di un terreno sollecitato a sforzi tangenziali. Le prove sono state effettuate con l'impiego di speciali macchine costituite da un sistema di applicazione della pressione verticale, dello sforzo tangenziale e da un dispositivo di misura di forze e deformazioni.

Il provino viene posizionato in una speciale cella detta "scatola di Casagrande", costituita da due semi-scatole per consentire lo scivolamento della parte superiore rispetto a quella inferiore. La prova viene condotta su almeno tre provini appartenenti allo stesso campione di terreno, preventivamente consolidati a tre valori di pressione differenti. Alla fine della fase di consolidazione, documentata attraverso la lettura dei cedimenti nel tempo, si procede con la fase dei tagli imponendo una velocità di deformazione e registrando lo sforzo che ne consegue. Per determinare i parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate, la velocità di taglio deve essere sufficientemente contenuta affinché durante la fase di rottura non si riproducano sovrappressioni nei pori. Tale velocità dipende dalla permeabilità del suolo in esame e, quindi, è correlata alla velocità di consolidazione. Per ogni provino si ottengono tre diversi valori di resistenza al taglio, proporzionali alle tre diverse pressioni di consolidazione applicate. I valori di pressione ottenuti vengono utilizzati per stimare l'involuppo di rottura nel diagramma σ - n/τ .

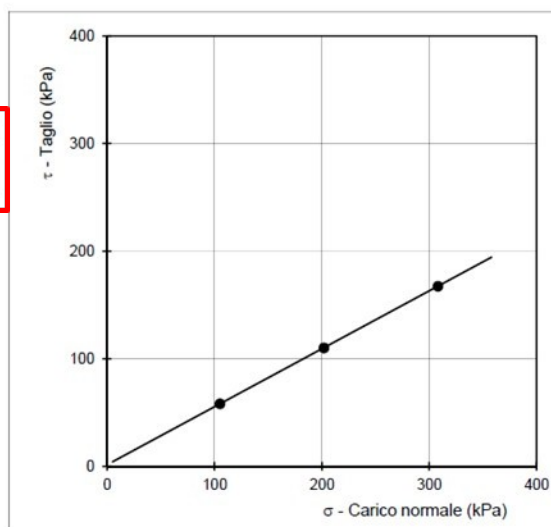
CUP: G55H20000080002 CAT P0920

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Apparecchio di Casagrande

Descrizione sintetica del provino:	Materiale a prevalente composizione sabbiosa a matrice argillosa			
Caratteristiche della prova:	CD su provini indisturbati			
Dimensioni della cella (mm):	L 60,00	H 30,00	Velocità di esecuzione (mm/min):	0,080
Caratteristiche del provino	Provino n°	1	2	3
Contenuto d'acqua iniziale	%		21,0	
Peso di volume	g/cmc	1,707	1,706	1,708
Determinazioni della prova	Carico kPa	105,00	202,00	308,00
Tempo di consolidazione	ore		24	
Resistenza massima al taglio	kPa	58,31	110,27	167,53

Angolo d'attrito:	28,28
Coesione efficace: kPa	1,73



Estratto Certificato prova taglio diretto, pozzetto P2, profondità 1metro

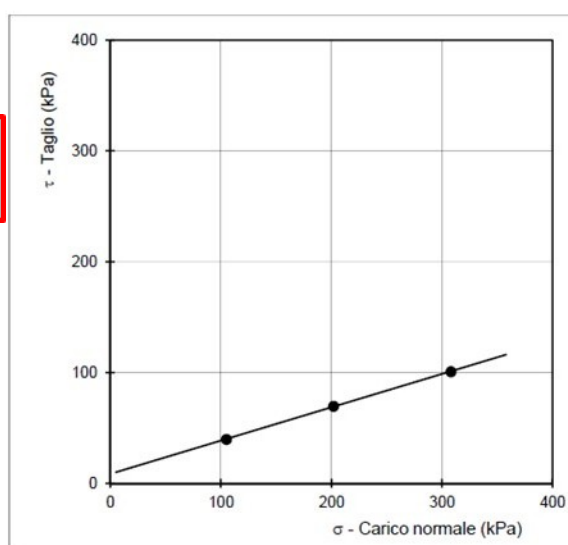
CUP: G55H20000080002 CAT P0920

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Apparecchio di Casagrande

Descrizione sintetica del provino:	Materiale a prevalente composizione argillosa			
Caratteristiche della prova:	CD su provini indisturbati			
Dimensioni della cella (mm):	L 60,00	H 30,00	Velocità di esecuzione (mm/min):	0,030
Caratteristiche del provino	Provino n°	1	2	3
Contenuto d'acqua iniziale	%		31,5	
Peso di volume	g/cmc	1,791	1,790	1,789
Determinazioni della prova	Carico kPa	105,00	202,00	308,00
Tempo di consolidazione	ore		24	
Resistenza massima al taglio	kPa	39,86	69,78	100,91

Angolo d'attrito:	16,73
Coesione efficace: kPa	8,56



Estratto Certificato prova taglio diretto, pozzetto P2, profondità 2 metri

10. ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi geomorfologica ha definito le condizioni di stabilità delle sponde in relazione ai processi fluviali e gravitativi e si è basata sui rilievi geomorfologici di dettaglio in sponda destra e sinistra e su un'analisi di stabilità delle sponde mediante l'utilizzo del metodo di Fellenius.

L'intervento in progetto interessa le sponde del Rio Mogoro oggetto di progressiva erosione e arretramento. I meccanismi di attivazione dei processi che portano all'instabilità delle sponde sono, generalmente, in diversa misura e talvolta in compartecipazione:

- l'erosione di sponda;
- le caratteristiche geotecniche dei depositi interessati dai processi di frana;
- la variazione del livello idrico del corso d'acqua;
- la velocità della corrente;
- le precipitazioni.

Sono state rilevate evidenze di frane di scivolamento rotazionale che interessano i depositi sabbiosi debolmente limosi. Le fotografie seguenti mostrano l'area di distacco di una frana rotazionale di larghezza pari a circa 5 metri. Il deposito di frana è stato eroso dal corso d'acqua.



Nella fotografia seguente si osserva, invece, la presenza di una frana rotazionale attiva con la presenza della nicchia di distacco e fratture aperte, situazione tra le più diffuse.



11. CALCOLI GEOTECNICI E VERIFICHE DI STABILITA'

L'analisi geologico-tecnica quali-quantitativa è stata svolta con il metodo di Fellenius (1927), prevedendo l'individuazione di una superficie circolare critica di rottura e la suddivisione del volume in conci. La superficie di scorrimento critica è stata individuata per tentativi, reiterando il calcolo per diverse superfici con centro e raggio differenti.

L'analisi è da ritenersi quali-quantitativa in quanto non redatta ai sensi delle NTC 2018, per quanto siano stati applicati metodi scientifici rigorosi. Il risultato non rappresenta, quindi, una valutazione della stabilità del pendio con i metodi ed i fattori di sicurezza previsti dalla norma e non tiene conto dell'azione sismica. Infatti, essendo evidente una condizione intrinseca di instabilità, l'analisi verte sull'individuazione della causa di tale instabilità per indirizzare l'intervento. Nello specifico è stato opportuno, quindi, sviluppare un modello che simuli condizioni ordinarie senza fattori di sicurezza o azioni straordinarie, al fine di poter valutare se il dissesto è da ricondurre in modo prevalente a condizioni di instabilità globale o agli altri fattori. Poiché le verifiche di stabilità non evidenziano sempre una condizione di instabilità anche con pareti ad alta pendenza, ciò significa che il dissesto è prevalentemente da ricondurre all'azione erosiva del fiume (erosione di sponda), delle acque superficiali e di quelle sotterranee.

Le immagini seguenti mostrano l'analisi di stabilità ante e post operam eseguita con il software "slope" modellizzando il versante con i parametri riportati di seguito.

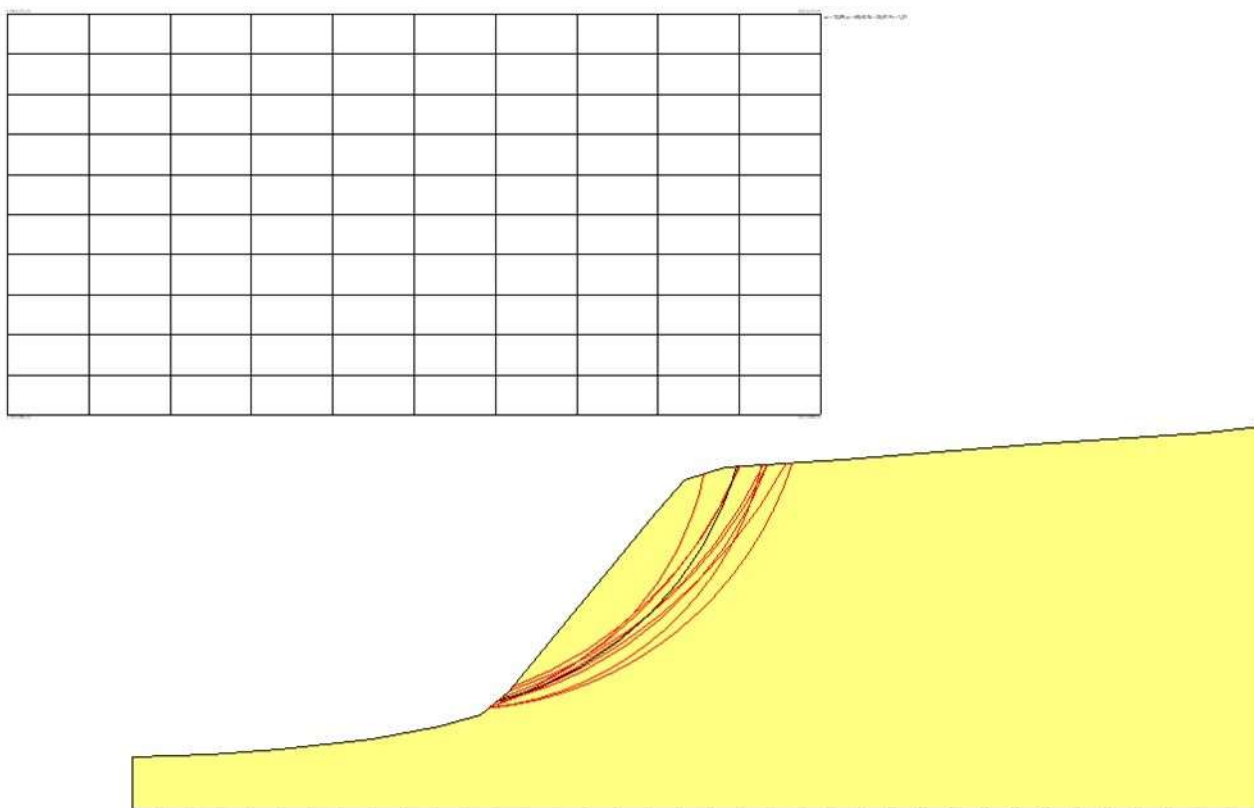
Analisi ante-operam:

- profilo topografico acquisito da sezioni progettuali in scala 1:1. È stato scelto il profilo più critico con condizione di pendenze più alte;

- i parametri geotecnici utilizzati sono quelli dell'unità a sabbie limose in quanto lungo le sponde è quella più rappresentativa.

L'analisi mostra le superfici con Fattore di sicurezza minimo tra 1 e 1.3. Si osserva che la cinematica e la geometria della superficie di scivolamento sono correlabili con le evidenze geomorfologiche osservate in situ.

Le analisi di stabilità, eseguite con la stessa metodologia, su sezioni a minor pendenza non hanno evidenziato condizioni di instabilità (valori di F_s molto maggiori di 1). Tale risultato non è verificato dalle evidenze geomorfologiche, poiché frane rotazionali e instabilità di sponda sono evidenti anche in condizioni dove la sponda ha un'altezza a minore pendenza. Pertanto, le condizioni di instabilità sono da correlare a fattori esterni, in particolare ai processi fluviali.



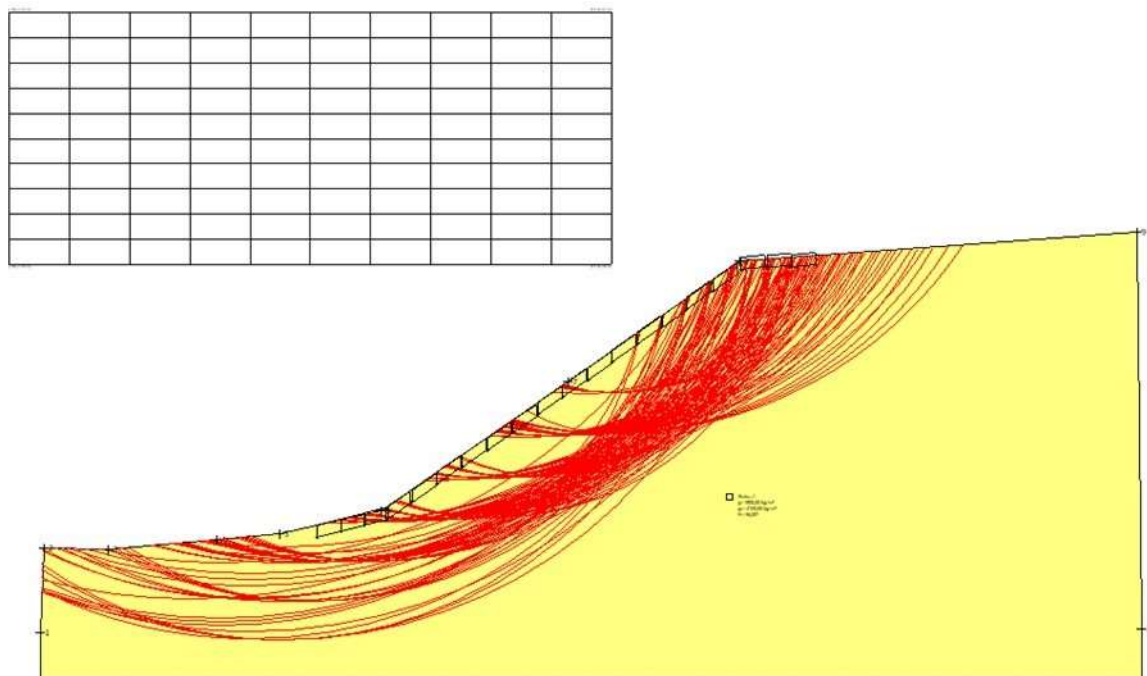
Analisi di stabilità con software "slope". In rosso le superfici con F_s minimo compreso tra 1 e 1,3

Analisi post-operam:

- profilo topografico acquisito da sezioni progettuali in scala 1:1. È stata scelta una sezione con pendenze di progetto e con l'inserimento dei carichi relativi alle gabbionate;

- i parametri geotecnici utilizzati sono quelli dell'unità a sabbie limose in quanto lungo le sponde è quella maggiormente rappresentativa.

L'analisi mostra le superfici con Fattore di sicurezza minimo tra 2 e 3 (pertanto stabili in quanto sempre superiori a 1). Tale risultato è verificato dalle evidenze geomorfologiche, in quanto nei tratti del Rio Mogoro in cui gli stessi interventi sono stati già eseguiti (nelle stesse condizioni geometriche e stratigrafiche delle sponde) si evidenziano condizioni di stabilità delle sponde.

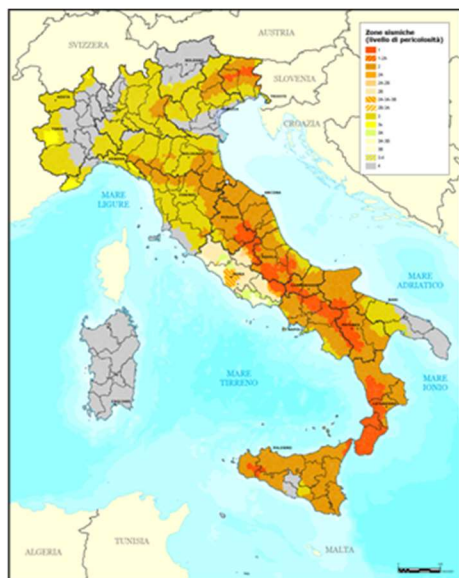


Analisi di stabilità con software “slope” in situazione post-opera.

I rettangoli lungo la superficie topografica indicano la posizione delle gabbionate. In rosso le superfici con F_s minimo compreso tra 2 e 3

12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Le relazioni e le indagini specialistiche sono eseguite in conformità alle Norme Tecniche sulle Costruzioni di cui al D.M. Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 e dalla Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21 Gennaio 2019,



le quali definiscono i principi da seguire “per il progetto, l’esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e di durabilità. Esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere”.

L’O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 classifica dal punto di vista sismico l’intero territorio nazionale, inserendo i territori interessati dal progetto (così come tutti i Comuni Sardi) nella zona 4, definita la “meno pericolosa, con probabilità che capiti un terremoto molto

bassa” a cui corrisponde un’accelerazione orizzontale “ $a_g/g < 0,05$ con possibilità di danni sismici basse”. La stessa zonizzazione è stata confermata anche dalla Regione Sardegna con D.G.R. 15/31 del 30/03/2004.

Alla zona 4 corrisponde un’accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiore a 0,05 (ag/g). Questo si traduce in un’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,05 (ag/g) riferita a suoli molto rigidi.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
	(a_g/g)	(a_g/g)
1	0,25 - 0,35	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	$\leq 0,05$	0,05

In funzione delle diverse categorie di suolo e relativamente all’amplificazione stratigrafica si considerano i seguenti Coefficienti S_s (coefficiente stratigrafico) e C_c (coefficiente che modifica il valore di T_c , periodo corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico) riportati nella seguente tabella:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

I valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico per il calcolo delle azioni sismiche orizzontali secondo le Norme tecniche per le costruzioni sono quelli di seguito indicati:

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_c	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

dove S è il fattore amplificativo e T_B , T_c e T_D sono i tempi relativi ai vari tratti dello spettro di risposta, corrispondente alle diverse categorie di profilo stratigrafico.

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale tenendo conto della tipologia e caratterizzazione geotecnica dei terreni esistenti in sito. Secondo quanto riportato all’interno delle NTC 2018, la valutazione dell’azione sismica di progetto può essere effettuata mediante un approccio semplificato se le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano riconducibili alle categorie di sottosuolo riportate in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anfassi 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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

In relazione alle categorie di suolo riscontrate nel rilevamento effettuato e in relazione alla cartografia geologica a disposizione, l'area di intervento progettuale è da intendersi appartenente alla CATEGORIA "C": Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.

Si evidenzia, inoltre, che trattandosi di intervento di modesta rilevanza come riportato nell'ultimo capoverso del punto 6.2.2 (INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA) del D.M. 17/01/2018: "Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali".

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (NTC 2018):

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base dove S_T assume valore unitario. Gli interventi in progetto sono ubicati in corrispondenza di una superficie pianeggiante e, pertanto, può essere assunto un valore di S_T pari a 1.0. La progettazione delle fondazioni riguarda generalmente anche la verifica nei confronti della liquefazione e della stabilità globale. Nel caso in questione, tuttavia, considerata la struttura litostratigrafica del sito, la verifica nei

confronti della liquefazione può essere omessa non avendo riscontrato la presenza di terreni granulari sabbiosi saturi.

L'azione sismica di progetto viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito d'intervento, elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e delle relative forme spettrali. Queste ultime previste dalle stesse NTC sono determinate, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri, a_g accelerazione orizzontale massima del terreno, $F0$ 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.

13. CONCLUSIONI

Lo studio svolto a permesso di definire un modello geologico, geotecnico e geomorfologico del tratto del Rio Mogoro interessato da interventi di rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo e delle sponde. In seguito alla campagna di indagini si sintetizzano i seguenti risultati:

Stratigrafia

Il modello stratigrafico dell'intero settore è costituito da un livello a sabbie limose con uno spessore medio di 1,5 metri (max spessore trovato 2,5 metri) poggiante su un livello a limi argillosi. Con l'aumento della profondità è stata riscontrata la presenza di livelli a ghiaie ciottolose di spessore decimetrico.

Sedimenti dell'alveo

I sedimenti dell'alveo sono caratterizzati da ghiaie e ciottoli in matrice limo argillosa. La percentuale di fine aumenta in prossimità delle sponde. La parte fine risulta sempre altamente subordinata. (In allegato i risultati delle analisi granulometriche)

Dati geotecnici

Sono state caratterizzate due unità litotecniche e sono stati definiti i parametri geotecnici mediante prove di laboratorio.

Unità a Sabbie limose: Peso di volume 1,7 g/cm³; Angolo attrito 28°; Coesione 1,73 kPa

Unità a Limi argillosi: Peso di volume 1,8 g/cm³; Angolo attrito 16°; Coesione 8,56 kPa

Analisi geomorfologica

L'instabilità delle sponde è legata a processi gravitativi, principalmente con cinematica rotazionale. È opportuno prevedere opere di difesa dall'erosione, in quanto questa rappresenta la causa predominante del dissesto. Le opere di protezione dall'erosione dovrebbero essere collocate al piede, in modo da contrastare l'azione fluviale, che risulta la causa principale. Nei settori ad alta pendenza le sponde hanno mostrato un'instabilità indipendente da fattori esterni. Pertanto, una riprofilatura con diminuzione della pendenza risulta un intervento necessario per aumentare la stabilità delle sponde.

