

Premessa

La Regione Autonoma della Sardegna, con D.G.R. n. 28/61 del 24.06.2011, ha approvato un Programma di spesa fondi di cui al P. O. F.E.S.R. 2007 – 2013, Asse IV Obiettivo operativo 4.1.5. Linea di attività 4.1.5.b, individuando nell'Ente Acque della Sardegna l'Ente attuatore.

Il Programma prevede la realizzazione di quindici interventi urgenti per la riqualificazione, l'adeguamento e il potenziamento del Sistema Idrico Multisetoriale regionale gestito in nome e per conto della RAS in forza dell'art. 18 LR n. 19/2006, con una dotazione complessivamente pari ad € 7.508.000,00.

Di questi interventi, quattro ricadono nelle aree di competenza del Servizio Gestione Nord dell'EnAS, e precisamente due nella provincia di Sassari, uno in quella di Olbia – Tempio e l'ultimo nella provincia d'Ogliastra, per complessivi € 1.873.000,00.

Il presente progetto sviluppa a livello esecutivo l'intervento rubricato *Interventi di riqualificazione dell'alimentazione della città di Alghero e interconnessione acquedotto Coghinas* – finanziato per complessivi € 400.000,00 – consistente nel:

- ripristino dell'attraversamento sul rio Mannu di Porto Torres della linea Truncu Reale – Porto Torres.

Il progetto è stato predisposto dal Servizio Gestione Nord, con incarico formalizzato mediante DDG EnAS n. 1021 del 23.09.2011.

La presente *Relazione di compatibilità idraulica* rientra nello *Studio di compatibilità idraulica*, predisposto ai sensi dell'art. 24 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma Sardegna, a causa della tipologia e dell'ubicazione del sito d'intervento in rapporto alle prescrizioni contenute nello strumento citato.

Ai sensi del comma 3 lett. a dello stesso articolo, è firmato da un geologo – dott. Angelo Vigo, libero professionista, incaricato con Determinazione del Direttore del Servizio Gestione Nord n.1373 del 05.12.2011 – e da un ingegnere esperto nel settore idraulico – ing. Sandro Bachis, funzionario EnAS e progettista dell'intervento – ed è articolato in una prima parte geologica ed una seconda idraulica.

PARTE GEOLOGICA

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
3.1	<i>Sintesi del progetto</i>	6
4	ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO A SCALA DI BACINO.....	9
4.1	<i>Assetto geomorfologico ed idrografia del bacino</i>	11
5	ASSETTO PEDOLOGICO E USO DEL SUOLO	13
6	MODELLO GEOLOGICO A SCALA D'INTERVENTO	16
6.1	<i>Caratteri litostratigrafici e geomorfologici dell'area</i>	16
6.1.1	<i>Profilo litostratigrafico del sito di intervento</i>	19
6.2	<i>Assetto idrogeologico locale</i>	20
6.3	<i>Idrografia locale</i>	20
6.4	<i>Pericolosità idraulica</i>	22
7	CONSIDERAZIONI FINALI SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DI BACINO	26
7.1	<i>Area vasta</i>	26
7.2	<i>Assetto locale</i>	26

PREMESSA

L'Ente Acque per la Sardegna (di seguito Stazione Appaltante) con Determinazione del Servizio Gestione Nord n.1373 del 05/12/2011, ha affidato al sottoscritto, dott. geol. Angelo Vigo¹, l'incarico per lo studio geologico in ordine al progetto *"Interventi di riqualificazione della città Alghero ed interconnessione acquedotto Coghinas"* – P.O. F.E.S.R. 2007-2013 – Asse IV.

Il sedime del suddetto intervento ricade tra le aree di pericolosità idraulica perimetrate nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (di seguito PAI), redatto ai sensi della Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98.

In particolare per intero su aree a pericolosità idraulica da elevata (Hi3) a molto elevata (Hi4) per le quali è richiesta la redazione del presente studio di compatibilità idraulica, così come indicato all'Art.27 delle N.A. del PAI.

La medesima asta fluviale, inoltre, è stata studiata nell'ambito del Piano Stralcio per le Fasce Fluviali, di seguito denominato PSFF, (Tav.3_07_MA001_2_1_0), adottato con Delibera n.1 del 31.03.2011 del Comitato Istituzionale della regione Sardegna; l'adozione è stata successivamente revocata con Delibera n.1 del 23.06.2011. Alla data di redazione del presente studio, il PSFF risulta nuovamente adottato in via preliminare con Delibera n.1 del 03.09.2012.

Il presente elaborato ed i relativi allegati costituiscono la Parte Geologica dello Studio di Compatibilità idraulica. I risultati di indagini e prove, le elaborazioni dei dati, le verifiche di sicurezza e tutti i contenuti della presente relazione sono basati su indicazioni ed elementi progettuali forniti dalla Stazione Appaltante, e riferibili solo ad essi.

Scopo del presente studio è quello di fornire il modello geologico-geomorfologico dell'area d'intervento, con specifico approfondimento alle tematiche relative all'idrografia ed idrogeologia di bacino, alla stima empirica del trasporto solido ed al grado di evoluzione delle morfologie inerenti la dinamica fluviale.

In tal senso si valuteranno gli assetti pedologici e di uso del suolo a scala di bacino allo scopo di fornire una valutazione qualitativa dei parametri di capacità di infiltrazione dei suoli e di copertura vegetale, finalizzate alla determinazione del coefficiente di deflusso.

¹ n.604 Ordine dei Geologi della Sardegna

Interventi di riqualificazione dell'alimentazione della città di Alghero e interconnessione acquedotto Coghinas

dott. geol. Angelo Vigo, V.le Monastir, 219 - 09122 Cagliari – Tel/Fax 070 680927 - Cell 388 7448274 – P.I. 02940660927

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- ❑ Legge 2 febbraio 1964 n. 74 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (art. 1).
- ❑ D.M. LL.PP. 12/12/1985 – Norme Tecniche per le Tubazioni
- ❑ D.M. 11/03/1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.) - *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*, e relativa Circolare di applicazione LL.PP. 24-09-1988 n. 30483 (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale) *"Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla 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"*.
- ❑ Delib.G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31, pubblicata nel B.U. Sardegna 21 agosto 2004, n. 23 Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- ❑ Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- ❑ DM 14 gennaio 2008, pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 4 febbraio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e la relativa Circolare 2 febbraio 2009, n. 617.
- ❑ Legge 28 febbraio 2008, n. 31, art. 20.
- ❑ D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto legislativo 12 aprile 2006 n. 163.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area oggetto di intervento è ubicata nel Comune di Porto Torres (SS), in località *Maccia Appaltada*, ricadente entro un'ampia golena, delimitata da scarpate calcaree, sul tratto prefocivo del Rio Mannu, in corrispondenza di un'ansa a ridosso della sponda rocciosa in sinistra idrografica. L'opera si inserisce in un contesto agricolo ai margini dell'area industriale (Fig.1), con presenza di frutteti e coltivazioni orticole in sinistra e coltivazioni a cereali in destra.

Nella Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 essa ricade nel foglio *441130 – Porto Torres*. Nell'inquadramento topografico, oltre al piano quotato fornito dalla Committenza, lo scrivente si è avvalso del DTM con maglia 1 m della RAS, ottenuto dal mosaico delle sezioni 09-10-14-15 del foglio 441130.



Figura 1. Vista aerea (RAS 2008) dell'area di intervento, cerchiata in rosso.

1.1 Sintesi del progetto

Il progetto è finalizzato alla riqualificazione dell'attraversamento pensile sulla linea Porto Torres - Truncu Reale. Esso si è reso necessario in seguito ai danni causati da un primo cedimento del blocco che ha innescato una copiosa perdita d'acqua (Fig.2) in corrispondenza dell'innesto sul blocco di ancoraggio in destra idrografica: tale perdita ha provocato il rapido arretramento della sponda sino ad intaccare il terreno alla base del blocco il quale, privato di una parte consistente del substrato di fondazione, ha subito un vistoso basculamento verso l'alveo (Fig.3).



Figura 2. Vista aerea (02/2007) dell'attraversamento pensile: in rosso è evidenziata la perdita che ha eroso la sponda



Figura 3. Stato attuale del blocco in dx idraulica: evidente il basculamento e la nicchia di erosione (in rosso) alla base della fondazione.

Tale evento ha gravemente compromesso la statica dell'opera, con il blocco che tende inesorabilmente a scivolare verso l'alveo, ostacolato solo dal residuo incastro sul terreno e dall'azione antagonista della tubazione metallica (che nel frattempo è stata risanata dalla perdita). L'ampio solco di erosione generato dall'acqua in pressione fuoriuscita dalla condotta, inoltre, costituisce un pericoloso varco che espone la scarpata in arretramento ai flussi turbolenti del fiume nei periodi di piena e favorisce, quindi, il progredire dell'erosione a carico della sponda su cui giace il blocco.

Il progetto prevede la realizzazione dell'intero attraversamento in trincea, con blocchi completamente interrati e una briglia di ancoraggio a zavorra del tratto in attraversamento sub-alveo (Fig.4 e tavole di progetto).

Rispetto alla quota del p.c. attuale, la profondità massima raggiunta, alla base della briglia, sarà di circa 9,40 metri, con un franco minimo da fondo alveo di 1,50 metri; i blocchi di ancoraggio verranno completamente interrati per una profondità pari alla loro altezza (circa 4,00 metri) e sposterà soltanto il chiusino d'ispezione. La differenza di quota tra blocchi e briglia è pari a circa 6,00 metri.

Il corso d'acqua sarà deviato mediante ture per consentire la realizzazione delle trincee in alveo, la posa della tubazione e l'incamiciatura in cemento a formare la briglia.

La nicchia di erosione sulla sponda dx verrà ripristinata mediante la posa di una scogliera in massi ciclopici calcarei, sormontata da due ordini di gabbioni a ricostituire e proteggere il ciglio e l'argine. A conclusione si procederà all'inerbimento con talee di specie locali.

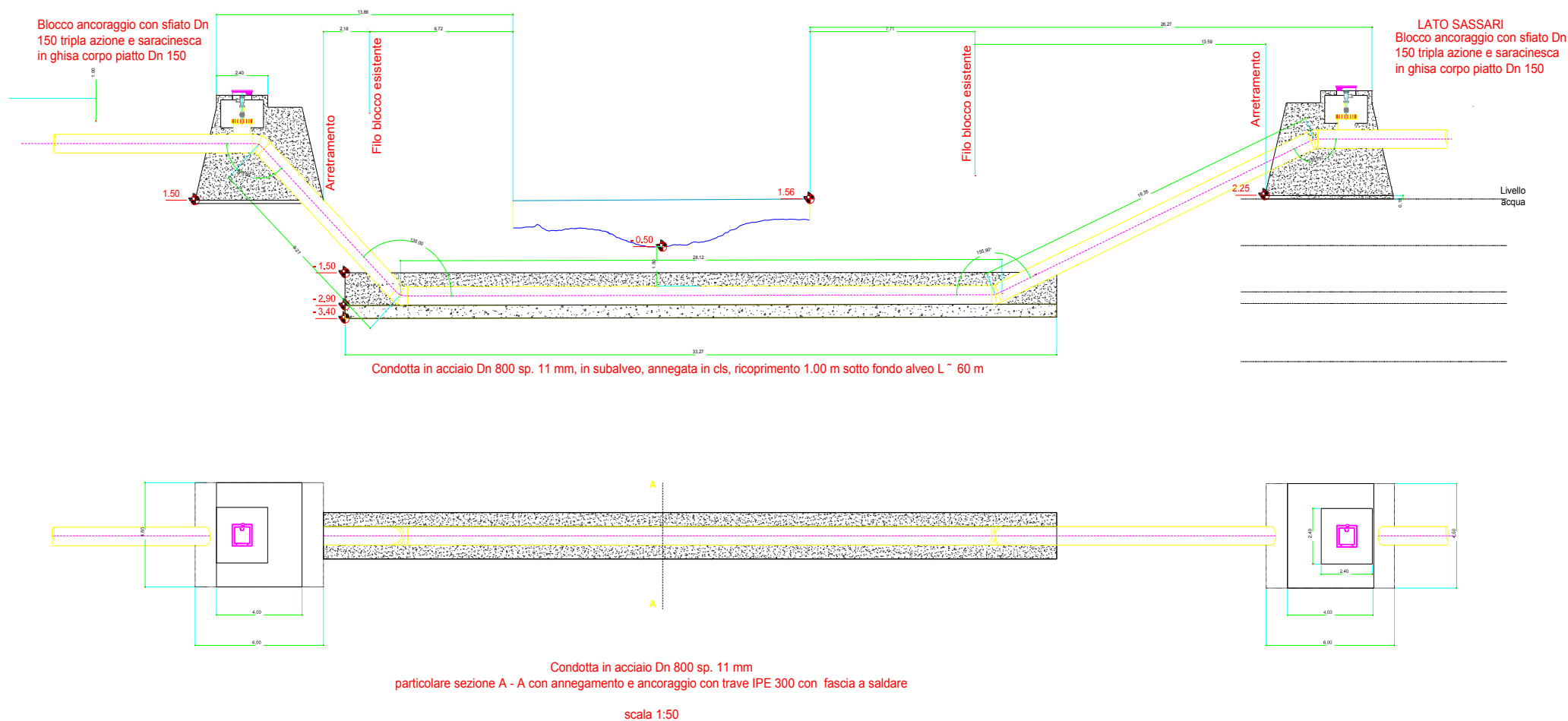


Figura 4. Schema di massima, non in scala, del progetto di ripristino dell'attraversamento pensile. Per i particolari si rimanda alle tavole di progetto.

ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO A SCALA DI BACINO

L'intervento ricade sull'ampia piana che costituisce il tratto prefocivo del Riu Mannu di Porto Torres, il cui bacino idrografico, allungato da SE a NW, cinge in prevalenza i litotipi terziari della Successione Sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese. Essi sono riconducibili alla colmata del bacino di sedimentazione (Fig.5), costituito dal graben con andamento meridiano che unisce il Golfo di Cagliari con quello dell'Asinara ("Fossa Sarda" Auct.), formatosi durante la deriva e rotazione del blocco Sardo-Corso verso SE nella fase di apertura del Bacino Balearico (Burdigaliano inf.).

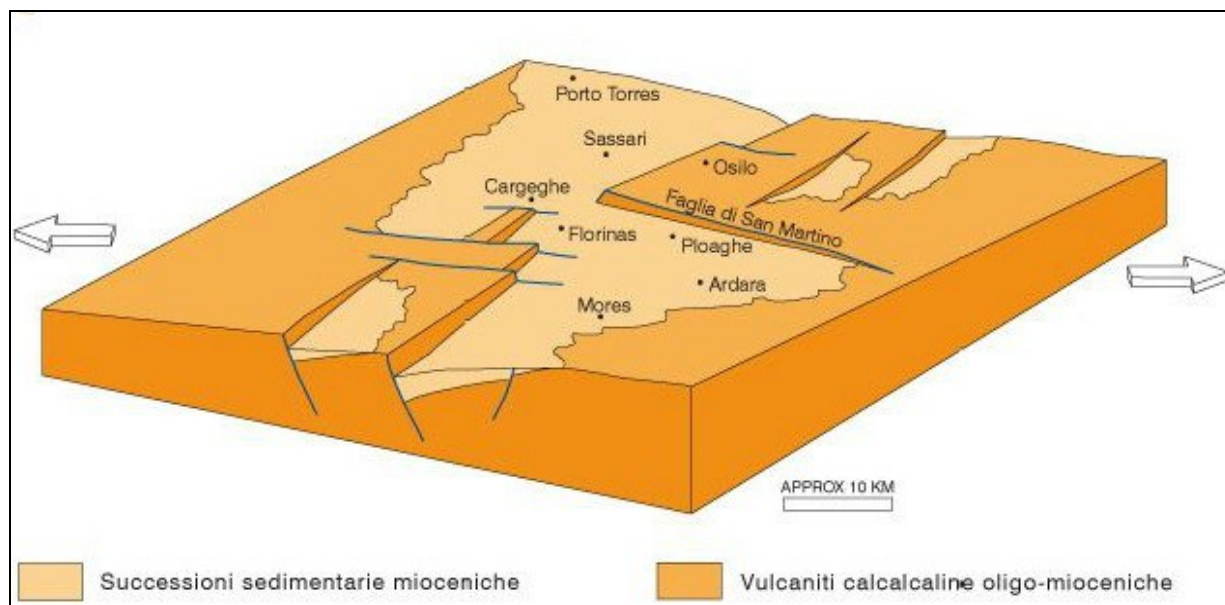


Figura 5. Rappresentazione schematica del semi-graben del Logudoro (da Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 - Fg.459-Sassari, in pubblicazione. Modificato.).

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 (Fig.6) sono assimilabili i *Calcarei 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 & Pasci, 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.

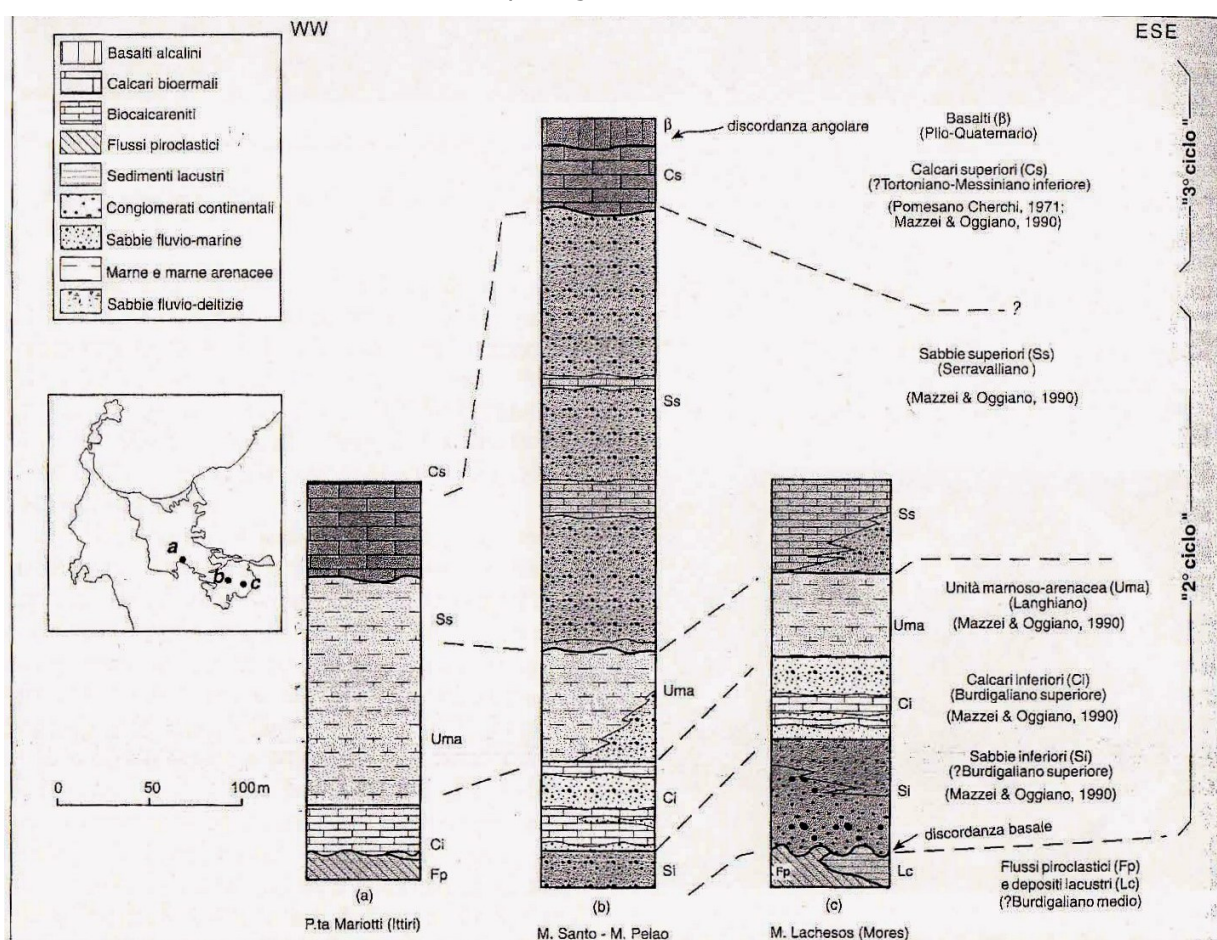


Figura 6. Correlazioni stratigrafiche delle successioni oligo-mioceniche del 2° e 3° ciclo sedimentario affioranti nel Logudoro (da Funedda et Alii, 2000. Modificato).

All'estremo nord-occidentale del bacino affiora una porzione della Successione Mesozoica della Sardegna settentrionale pilastro tettonico di Monte Nurra, costituito dall'omonima successione carbonatica mesozoica, comprendente calcari, calcari oolitici e calcari marnosi, alternati a dolomie (Giura), sino a livelli evaporitici del Trias.

Dopo una fase di stasi, il passaggio al Pliocene si caratterizza per la riattivazione dei sistemi tettonici

terziari durante l'Orogenesi Alpina, con la messa in posto di vasti espandimenti basaltici entro le paleovalle che incidevano i sedimenti oligo-miocenici. Data la maggiore erodibilità di questi ultimi rispetto al basalto, si è realizzata nel tempo una netta inversione di pendio, cui si deve il tipico paesaggio tabulare dei Plateau (o Giare) che spiccano in rilievo sui penepiani circostanti, cinti dal detrito di falda che si genera per il progressivo arretramento e crollo delle cornici rocciose. Tali forme sono spesso assai suggestive e tra esse si distingue, nel territorio di Ploaghe-Codrongianos, quella di *Su Coloru* (*Il serpente*, Fig.7), così denominata per la morfologia stretta e sinuosa del tabulato basaltico che indica chiaramente una colata avvenuta all'interno di un canyon, o comunque di una valle molto incisa, le cui sponde sono state successivamente smantellate dall'erosione con conseguente inversione di rilievo.

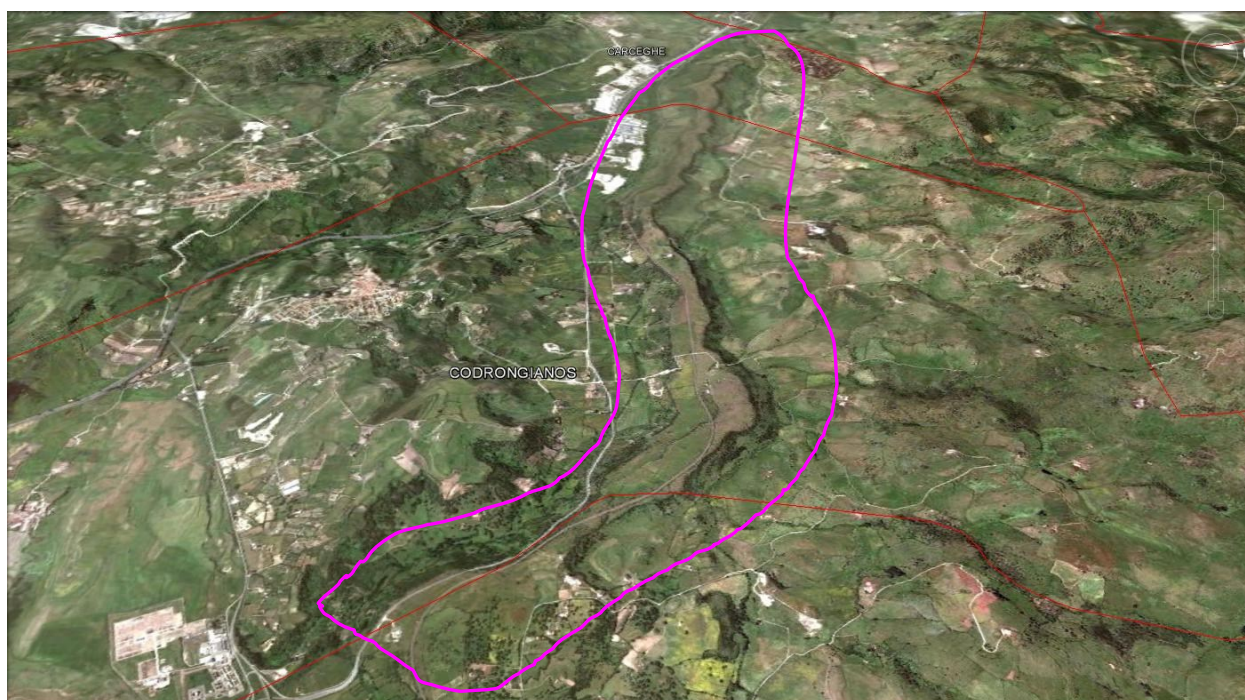


Figura 7. Vista 3D (da Google Earth) della colata basaltica di Su Coloru.

La notevole elevazione rispetto alle aree circostanti, evidenzia il complessivo ringiovanimento Plio-Quaternario dei rilievi, testimoniato dalla presenza di alvei incastrati e dislivelli tra paleo-fondovalle e valli attuali anche di 400 metri.

I depositi alluvionali olocenici circoscritti ai tributari minori del Rio Mannu, abbondano in elementi grossolani, con rare intercalazioni sabbiose, a conferma del regime prevalentemente torrentizio ad elevata energia. Nelle aree golenali che segnano i tratti pianeggianti del Mannu e degli affluenti principali (Mascari e Bidighinzu), prevalgono i sedimenti sabbioso-limosi, più argillosi verso foce, in corrispondenza dell'area di intervento, come si descriverà in seguito.

1.2 Assetto geomorfologico ed idrografia del bacino

Come evidenziato in Fig.8 l'area del bacino sottesa al Rio Mannu consta fondamentalmente di due unità di paesaggio, la cui origine è strettamente connessa ai caratteri litologici e tettonici del territorio:

1. la prima unità occupa il settore centro-meridionale e si caratterizza per la più netta definizione del

bacino sedimentario terziario, delimitato, a nord e a sud, dai distretti vulcanici ignimbrici, con il settore centrale della colmata sedimentaria più depresso ed eroso;

2. la seconda unità, sub-pianeggiante o debolmente ondulata, copre l'intero settore nord-occidentale del bacino, dalla sezione di chiusura sino all'ideale confine che unisce i comuni di Uri, Usini, Tissi e Sassari.

La prima unità, come detto, è modellata sui litotipi terziari del distretto vulcanico del Logudoro e sulla colmata sedimentaria prevalentemente carbonatica. Tale area si caratterizza per la presenza di paesaggio che rivela il generale ringiovanimento dovuto al sollevamento plio-quadernario, con alvei in approfondimento, valli fortemente incise (Scala di Giocca) e paleo fondovalle a quote superiori di alcune centinaia di metri sugli attuali.

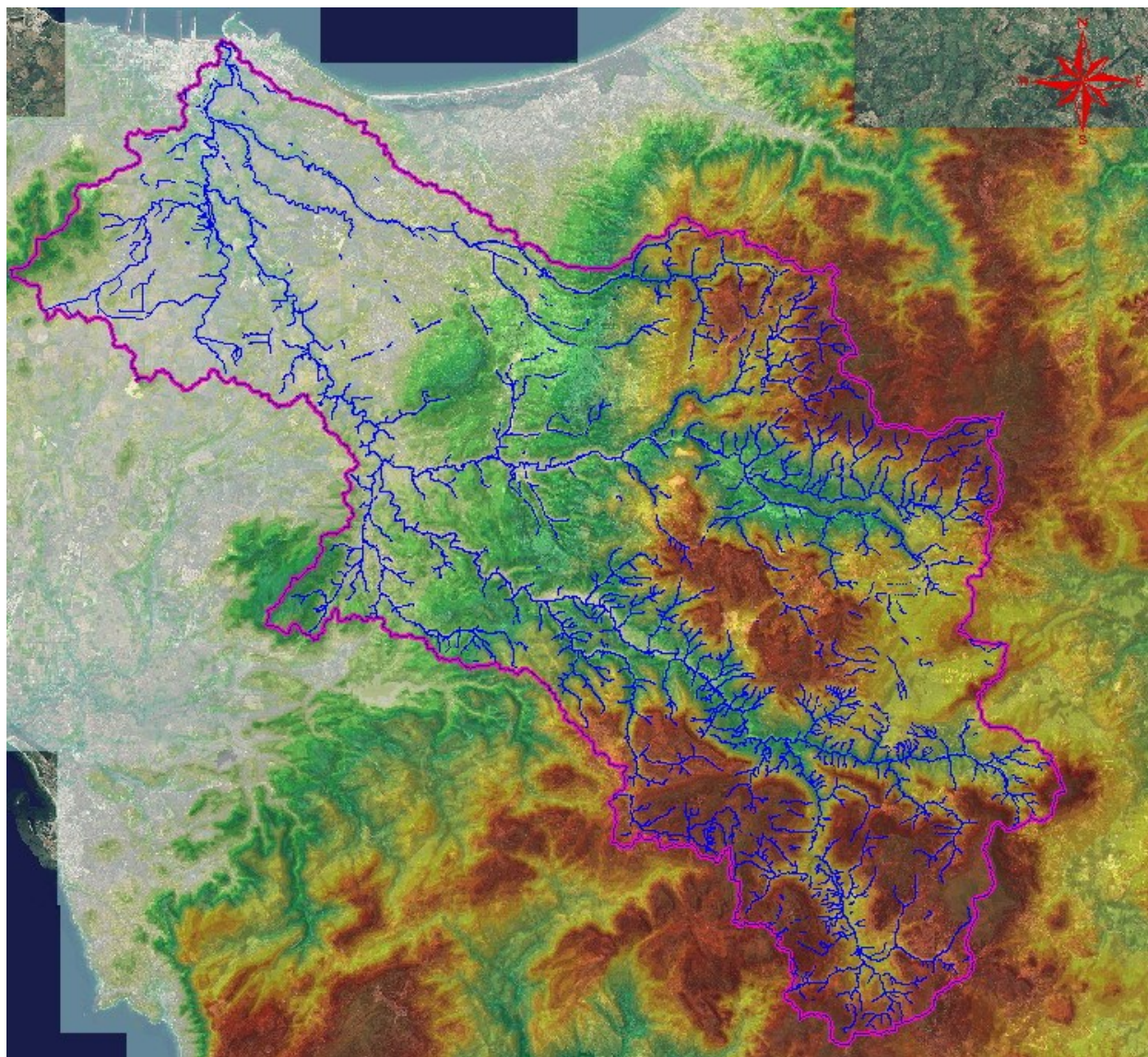


Figura 8. Modello fisico dell'area racchiusa dal bacino sotteso al Rio Mannu.

Spicca, in particolare, il sub-bacino del Riu Mascari, a nord dell'asta principale, che si caratterizza per una valle ampia, a fondo piatto, con ignimbriti in sponda destra e calcareniti in sinistra, segnata al centro dalla colata di Su Coloru che funge da spartiacque per i due tributari principali, Riu Montes e Riu

Interventi di riqualificazione dell'alimentazione della città di Alghero e interconnessione acquedotto Coghinis

dott. geol. Angelo Vigo, V.le Monastir, 219 - 09122 Cagliari – Tel/Fax 070 680927 - Cell 388 7448274 – P.I. 02940660927

Murrone: in entrambi i sub-bacini si ritrovano forme tipiche di un paesaggio in erosione con vistosi arretramenti delle cornici dei rilievi tabulari, sia ignimbrici che calcareo-marnosi.

Il reticolo idrografico si caratterizza, in questo settore del bacino, per un pattern prevalentemente dendritico, sebbene le aste a quote più elevate tendano ad assumere la classica geometria a *pettine* che caratterizza le valli fortemente incise sui calcari e sulle ignimbriti, con collettori rettilinei e tributari ortogonali a causa dell'azione prevalente della pendenza. Si ritrovano, inoltre, alcuni allineamenti fortemente legati alla componente litologica che governa le direzioni di deflusso in forza della diversa erodibilità dei litotipi, come nel caso, citato in precedenza, della valle di Su Coloru.

La seconda unità è circoscritta quasi interamente al tavolato carbonatico delle Litofacies dei Calcari di Mores, che si prolunga sino alla costa. Anche in questo settore si ritrovano chiari i segni di un paesaggio ringiovanito, con aste fluviali profondamente incassate in canyon o valli a V molto stretta, con pareti sub-verticali che offrono la vista di sezioni stratigrafiche assai suggestive (SS131 – *Scala di Giocca*), ancorché notevolmente critiche sotto il profilo della pericolosità da frana.

In tale contesto il reticolo idrografico assume una geometria più raccolta, con una minore densità di drenaggio, in parte influenzata dalla minore pendenza media e dalla più intensa antropizzazione dell'area. Le aste fluviali principali, ed in particolare il Riu Mannu, scorrono entro alvei relativamente stabili, con la caratteristica morfologia sinuosa conferita dai frequenti meandri incassati.

Sino al limitare della piana costiera, su cui sorge il centro abitato di Porto Torres, i depositi continentali olocenici, grossolani e sciolti, sono circoscritti perlopiù all'alveo dei tributari minori o ad aree golenali recenti e di modeste dimensioni, rappresentate dalle colmate contenute entro le paleo valli calcaree.

ASSETTO PEDOLOGICO E USO DEL SUOLO

In riferimento alla *Carta dei suoli della Sardegna in scala 1:250.000* (Tav.Gt2) il bacino in studio è caratterizzato dalle seguenti unità cartografiche e dai relativi suoli (Tabella 1):

Tabella 1. Principali suoli ricadenti nel bacino del Rio Mannu.

UNITA' DI PAESAGGIO E SUBSTRATI		UNITA' CARTOGRAFICHE	DESCRIZIONE DEI SUOLI	CLASSIFICAZIONE U.S.D.A. SOIL TAXONOMY 1998
A	Paesaggi su calcari, dolomie e calcari dolomitici del Mesozoico e relativi depositi di versante.	1	Roccia affiorante e suoli a profondità variabile nelle anfrattuosità della roccia, con profili A-R e A-Bt-R, argillosi, poco permeabili , neutri, saturi.	Rock outcrop Lithic Xerorthents
		2	Profili A-R, A-Bt-R, A-Bw-R e roccia affiorante, da poco profondi a profondi, da franco sabbioso argillosi ad argillosi, da mediamente a poco permeabili , neutri, saturi.	Lithic e Typic Xerorthents Lithic e Typic Rhodoxeralfs Lithic e Typic Xerochrept Rock outcrop
D	Paesaggi su rocce effusive acide e intermedie del Cenozoico e loro depositi di versante, colluvi.	13	Roccia affiorante e suoli a profilo A-C e subordinatamente A-Bw-C, poco profondi, da franco argillosi ad argillosi, da mediamente a poco permeabili , neutri, saturi.	Rock outcrop Lithic Xerorthents
		14	Profili A-Bw-C, A-C, e A-Bk-C, da profondi a mediamente profondi, da argilloso sabbiosi ad argillosi, da mediamente a poco permeabili , neutri, saturi.	Vertic e Typic Xerochrept Typic Xerorthents Calcixerollic Xerochrept
		15	Roccia affiorante e suoli a profilo A-C, A-R e subordinatamente A-Bw-C, poco profondi, da sabbioso franchi a franco argillosi, da permeabili a mediamente permeabili , neutri, saturi.	Rock outcrop Lithic Xerorthents

		16	Profili A-Bw-C, A-C e subordinatamente roccia affiorante, da profondi a poco profondi, da franco sabbiosi ad argilloso sabbiosi, da permeabili a mediamente permeabili , neutri, saturi.	Typic, Vertic e Lithic Xerochrept Typic e Lithic Xerorthents
E	Paesaggi su rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali.	18	Roccia affiorante e suoli a profilo A-R e subordinatamente A-Bw-R, poco profondi, franco argillosi, permeabili , neutri, saturi.	Rock outcrop Lithic e Xerorthents
F	Paesaggi su calcari organogeni, calcareniti, arenarie e conglomerati del Miocene.	20	Roccia affiorante, suoli a profilo A-C, A-Bt-C, da poco a mediamente profondi, da franco sabbioso argillosi ad argillosi, permeabili , neutri saturi.	Rock outcrop Lithic e Typic Xerorthents Lithic e Typic Rhodoxeralfs
		21	Profili A-C, A-Bw-C, A-Bt-C e subordinatamente roccia affiorante, da mediamente a poco profondi, da franco sabbioso argillosi ad argillosi, permeabili , neutri, saturi.	Typic e Lithic Xerorthents Typic e Lithic Xerochrept Typic Rhodoxeralfs
G	Paesaggi su marne, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali.	22	Profili A-C, roccia affiorante e subordinatamente A-Bw-C, poco profondi, da franco sabbiosi a franco argillosi, permeabili , subcalcini, saturi	Lithic Xerorthents Rock outcrop
		23	Profili A-Bw-C, A-Bk-C e A-C, da mediamente profondi a profondi, da franco sabbiosi a franco sabbioso argillosi, da permeabili a mediamente permeabili , subcalcini, saturi	Typic e Vertic Xerochrept Calcixerollic Xerochrept Typic Xerorthents
		24	Profili A-C, profondi, argillosi, poco permeabili, subcalcini, saturi	Typic Pelloxerents Entic pelloxerents
I	Paesaggi su alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene.	26	Suoli A-Bt-C, ABtg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, da franco sabbioso argillosi ad argillosi in profondità, da permeabili a poco permeabili , da neutri a subcalcini, saturi	Typic, Aquic ed Ultic Palexeralfs
		27	Profili A-Bt-Ck, A-Btk-Ckm, A-Bt-Bkm-Ckm e subordinatamente A-C, profondi, da franco sabbiosi a franco sabbioso argillosi in superficie, da argilloso sabbiosi ad argillosi in profondità, da permeabili a poco permeabili , da neutri a subcalcini, saturi	Calcic e Petrocalcic Palexeralfs
L	Paesaggi su alluvioni e su conglomerati, arenarie eoliche e crostoni calcarei dell'Olocene.	29	Profili A-C e subordinatamente A-Bw-C, profondi, da sabbioso franchi a franco argillosi, da permeabili a poco permeabili , neutri, saturi	Typic, Vertic, Aquic e Mollic Xerofluvents
O	Paesaggi urbanizzati	35	Aree urbanizzate e principali infrastrutture. Impermeabili	
	Acque	36	Lago del Bidighinzu	

Di seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche pedologiche dei suoli individuati e, in riferimento alla Carta dell'Uso del Suolo della RAS in scala 1:25.000 (Tav.Gt3), il loro principale utilizzo nel bacino idrografico considerato:

- A:** affioranti in corrispondenza del margine nord occidentale del bacino, con morfologie da aspre a sub-pianeggianti, favoriscono la genesi di suoli mediamente poco permeabili da poco profondi a profondi e con tessitura variabile da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa. L'attuale destinazione, funzione della profondità e del contenuto in sostanza organica, è di tipo agricolo, con seminativi semplici e colture orticole a pieno campo, sulle aree pianeggianti ed ondulate (Unità n.2), mentre prevale la macchia mediterranea e piccole estensioni di boschi di latifoglie in corrispondenza delle forme più aspre (Unità n.1);
- D:** presenti in corrispondenza del margine nord e sud orientale, e solo sporadicamente nel quadrante occidentale, si contraddistinguono per la formazione di suoli da poco profondi (Unità nn.13-15) a profondi (Unità nn.14-16), e da mediamente a poco permeabili (Unità nn.13-14) fino a permeabili (Unità nn.15-16). Caratterizzati da una frazione organica da scarsa (Unità n.13) a media (Unità

nn.14-15) fino ad elevata (Unità n.16), hanno complessivamente una tessitura prevalentemente fine ed un drenaggio lento, talora favorito da un eccesso in carbonati. Frequentemente con una rocciosità e pietrosità elevate, sono sfruttati principalmente con seminativi in aree non irrigue e parti artificiali e con seminativi semplici e colture orticole a pieno campo (Unità nn.15-16) solo in corrispondenza delle morfologie più dolci a quote comprese tra 0-700 m s.l.m.m.. Subordinatamente si estendono i boschi di latifoglie e le aree a pascolo naturale il quale, attuato storicamente in modo intensivo, e associato alle tipiche pratiche di disboscamento ed agli incendi, ha innescato un processo degenerativo con conseguente depauperamento dei suoli tutt'oggi in atto;

- E:** individuabili presso il margine più orientale del bacino, caratterizzano le morfologie da ondulate a sub-pianeggianti a quote comprese tra 0-1000 m s.l.m.m., definendo un paesaggio in cui si alternano frequenti affioramenti rocciosi e suoli poco profondi con tessitura franco argillosa, la cui elevata permeabilità si riduce in corrispondenza del substrato roccioso. Il contenuto in sostanza organica, variabile da scarso a medio, li rende talora idonei allo sfruttamento agricolo con seminativi in aree non irrigue ed al pascolo, spesso eccessivamente praticato;
- F:** caratterizzanti la gran parte del bacino idrografico, originano suoli da poco a mediamente profondi con tessitura da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa. La permeabilità è normalmente elevata ed il contenuto in sostanza organica varia da medio, in corrispondenza delle forme aspre e sub-pianeggianti (Unità n.20), ad elevato sulle morfologie dolci ed ondulate (Unità n.21). Localmente ricchi in scheletro, sono diffusamente sfruttati con seminativi in aree non irrigue, mentre i seminativi semplici e le colture orticole a pieno campo si concentrano in corrispondenza del margine nord occidentale, gli oliveti nella zona centrale del bacino e le aree a pascolo naturale nelle aree più meridionali;
- G:** dalla sommità delle piccole colline oligo-mioceniche verso le superfici di fondovalle si originano suoli da poco profondi (Unità n.22) a mediamente profondi e profondi (Unità nn.23-24), con sostanza organica da media (Unità n.24) a scarsa (Unità nn.22-23) ed una frazione carbonatica costantemente elevata il cui accumulo, prevalente nelle aree depresse, conferisce al suolo un drenaggio lento e difficoltoso che contribuisce alla formazione di orizzonti idromorfi. Nonostante le caratteristiche estremamente variabili tali suoli si contraddistinguono per una prevalente utilizzazione agricola, soprattutto in corrispondenza delle fasce pedemontane, che localmente, a quote più elevate, passa ad una copertura a cespuglieti ed arbusteti e boschi di latifoglie;
- I:** poco diffusi, caratterizzano le morfologie da sub-pianeggianti a pianeggianti comprese entro i 300 m s.l.m.m. ed originano suoli mediamente evoluti, progressivamente più argillosi con la profondità e con valori in permeabilità estremamente variabili da poco permeabili a permeabili. Hanno un contenuto in sostanza organica da medio a scarso e, talora, un eccesso in carbonati che precipitando conferiscono al suolo un elevato grado di cementazione che ostacola ulteriormente il drenaggio (Unità n.27). Uno sfruttamento con seminativi semplici e colture orticole a pieno campo, esteso presso le aree nord

occidentali, lascia il passo ai seminativi in aree non irrigue procedendo verso il margine più meridionale;

L: affioranti lungo le fasce fluviali genera suoli profondi con tessitura da sabbioso-franca a franco-argillosa, da permeabili a poco permeabili. Localmente ricchi in scheletro e con spiccata idromorfia temporanea nelle aree depresse, in corrispondenza del settore centro settentrionale del bacino sono coltivati con seminativi semplici e colture orticole a pieno campo, mentre nel settore centro meridionale prevalgono i seminativi in aree non irrigue. In subordine si individuano aree sfruttate a pascolo naturale e piccoli oliveti;

O: vi ricadono la città di Sassari e parte del centro urbano e dell'agglomerato industriale di Porto Torres.

MODELLO GEOLOGICO A SCALA D'INTERVENTO

Nella definizione dei principali caratteri geologici e geomorfologici dell'area, lo scrivente si è avvalso sia del rilevamento di superficie sia delle stratigrafie ottenute dalle indagini geognostiche.

Nel primo caso, è stata considerata un'area (Tav.G_T4) che comprendesse il contatto tra la colmata alluvionale e le sponde calcarenitiche in affioramento. Nel secondo, trattandosi di indagini finalizzate soprattutto alla definizione del modello geotecnico, le informazioni desumibili dai log stratigrafici, ancorché approfondite e rappresentative, sono necessariamente confinate al perimetro dell'opera.

1.3 Caratteri litostratigrafici e geomorfologici dell'area

L'attraversamento pensile ricade in corrispondenza del versante in sinistra della paleovalle incisa sulle calcareniti terziarie e, successivamente, colmata con i sedimenti alluvionali olocenici fini. Le prime sono riferibili, come anticipato, alla Litofacies della Formazione di Mores.



Figura 9. Sponda sx: in primo piano fossile di echinide incastonato nella litofacies calcarenitica dei Calcari di Mores.

Le scarpate calcaree che delimitano la golena emergono abbastanza nettamente, evidenziando il carattere stratificato della roccia, che alterna livelli arenacei e friabili a banchi bioclastici più competenti. Il contenuto fossilifero è assai evidente in entrambe le facies: in sponda sinistra, nei termini calcarenitici si possono agevolmente osservare, ben conservati, fossili di echinidi (Fig.9), mentre la soprastante bancata compatta evidenzia la natura bioclastica, con presenza di abbondante fauna a gasteropodi ed ostreidi (Fig.10).

Lungo tutta la suddetta scarpata sono evidenti, inoltre, i tipici fenomeni di erosione differenziale che caratterizzano i litotipi calcarei della zona: la minore competenza dei livelli più arenacei, infatti, ne favorisce il disfacimento per azione degli agenti esogeni, mentre a tetto le bancate calcaree, più cementate e tenaci, permangono inalterate dando vita a cornici e mensole aggettanti (Fig.11).

Da queste ultime si originano frequentemente piccoli crolli che, almeno nell'immediato intorno dell'area di intervento, non danno luogo a dissesti di rilievo, sia per le dimensioni ridotte dei blocchi sia per il contenuto sviluppo verticale delle pareti. Tale fattispecie andrà, invece, considerata con molta attenzione nella scelta dei metodi di scavo delle trincee in roccia in sponda sinistra.



Figura 10. Sponda sx: litofacies bioclastica con gasteropodi ea ostreidi ben cementati nella matrice carbonatica.



Figura 11. Effetti dell'erosione selettiva al contatto tra bancate bioclastiche ben cementate (a tetto) e calcareniti friabili (a letto), su affioramento poco a monte della sponda sx del Riu Mannu.

Nel tratto in studio, infatti, il *talweg* del Rio Mannu lambisce detta sponda a più riprese per poi andare repentinamente a ripiegare su quella destra, con un tracciato sinuoso e meandriforme che denuncia l'effetto di incastro prodotto dagli alti carbonatici ai bordi della golena ed il generale profilo di equilibrio raggiunto dal fiume nel tratto prefocivo.

Per quanto attiene le formazioni alluvionali, la definizione del contesto litostratigrafico è stata in gran parte ricavata dalla campagna di indagini geognostiche consistite nella realizzazione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo e di due pozzetti geognostici (P1 e P2) mediante terna gommata, dei quali il P2 eseguito sulle calcareniti in sponda sinistra (Tav.G₇4).

Tabella 2. Consuntivo di indagine

SONDAGGIO/ POZZETTO	PROFONDITA' DA P.C. (m)	QUOTA BOCCA FORO (m s.l.m.)	SPT (n)	CAMPIONI	PROFONDITA' PRELIEVO (m)
S1	16.50	6.40	6	S1-C4	7.50 – 7.80
P1	5.50	6.80	-	P1-C1/C2	2.00 – 5.50
P2	1.10	5.70	-	P2-C5	Da affioramento

Il sondaggio ha consentito di indagare in profondità i litotipi alluvionali che, in quel tratto del Rio Mannu, costituiscono la sponda destra: su tutta la verticale (All.G_A4) è stata verificata una netta prevalenza di sedimenti da sabbioso-limosi ad argillosi. In particolare, nei primi 5,50 metri le stratigrafie del sondaggio S1 e quella del pozzetto P1 sono pressoché coincidenti e rivelano la presenza di sabbie argilloso-limose, bruno-nocciola, mediamente addensate, che nei primi decimetri (P1, Fig.12) sono state riportate da valle con funzione di rilevato arginale.

Nei primi 1,50-2,00 metri, inoltre, il litotipo appare il medesimo ma, evidentemente, riportato dalle aree limitrofe per creare una sorta di arginello a difesa delle colture, poste in posizione assai più depressa.



Figura 12. Particolare della sezione di scavo del pozzetto P1: si osservano i primi decimetri sciolti e rimaneggiati dall'attività agricola e, in parte, riportati a creare un argine in destra idraulica.

Esse coprono tutta la verticale del P1 (5,50 metri) spingendosi, come rivela il log del sondaggio, sino a circa 7,60 metri di profondità, dove si individua il contatto con un banco di argilla consistente, nerastro ed



Figura 13. S1: limi sabbioso-argillosi rinvenuti oltre i 10 metri di profondità

anossico. Sia nel P1 che nel S1, all'aumentare della profondità, il litotipo sabbioso fa quindi registrare un progressivo incremento della matrice argillosa, mediamente plastica, con frazioni variabili, ma comunque minoritarie, di limo e sabbia, talora in livelletti decimetrici, con presenza di rari clasti calcarei spigolosi.

Esso si presenta compatto e consistente, del colore nerastro tipico di ambienti asfittici a bassa energia, cui si possono riferire anche i frequenti microframmenti di gusci carbonatici, rinvenuti in particolare oltre i 10,40 metri di profondità, in una facies (Fig.13) costituita di limi sabbioso-argillosi inconsistenti, anch'essi tipicamente associabili a sedimentazioni in contesti di bassa energia quali stagni o lagune.

Solo alla base del sondaggio S1, oltre i 16 metri di profondità, si ripresenta un litotipo sabbioso, fine, con presenza di elementi quarzoso-feldaspatici, derivanti probabilmente dallo smantellamento degli apparati vulcanoclastici della parte alta del bacino.

Rimane, invece, scarsamente definito il contenuto sedimentario in alveo, dati i limiti di accessibilità per un rilevamento diretto o con strumenti di indagine ordinari: le indicazioni tratte da quanto visibile in affioramento e dalla morfologia della sezione ricavata dei rilievi correntometrici, lasciano intuire la presenza di barre detritiche longitudinali, sabbioso-ghiaiose, con qualche trovante proveniente da distacchi in sponda rocciosa.

L'area di intervento non è interessata da dissesti di tipo gravitativo a carico delle scarpate naturali in roccia, che presentano soltanto modesti distacchi dalle cornici calcaree distribuiti perlopiù a della sponda sinistra. La sponda destra, oltre al già descritto dissesto del blocco di ancoraggio, non manifesta indizi di instabilità potenziale o in atto, ma sono comunque da considerarsi potenzialmente a rischio di dissesto con formazione di piccoli rilasci in alveo, soprattutto in occasione di piene abbondanti che ne dilavino il piede.

1.3.1 Profilo litostratigrafico del sito di intervento

Come si osserva nella Tavola G_T4, il profilo litostratigrafico evidenzia la notevole preponderanza, rispetto al sedime, dei litotipi alluvionali olocenici che colmano la paleovalle calcarea ascrivibile, disposti in strati sub-orizzontali ma con frequenti interdigitazioni in eteropia di facies.

In corrispondenza del blocco in destra, né il rilievo di superficie né le indagini geognostiche hanno consentito di raggiungere il contatto delle formazioni alluvionali sul sottostante litotipo calcarenitico, confermando, anche in profondità, la ripidezza del versante calcareo. L'inclinazione rappresentata nel profilo, quindi, è frutto di un'ipotesi basata sull'assetto geomorfologico di superficie, così come accade per la profondità del contatto con le alluvioni.

Ciò riveste un'importanza determinante nella stima dei volumi di scavo in roccia e in terra, i quali non possono che essere largamente approssimativi nel tratto in alveo.

1.4 Assetto idrogeologico locale

La falda è stata individuata, sempre nel P1, a circa 5,30 metri di profondità e la quota piezometrica, pari a circa 1,50 m s.l.m., coincide, com'era lecito attendersi, con la quota del pelo libero del corso d'acqua. La misura della piezometrica nel sondaggio è stata invece trascurata, in quanto irrimediabilmente alterata dall'acqua riversata in foro durante le manovre di rivestimento, i cui tempi di dispersione sono rallentati dalla scarsa conducibilità idraulica dei litotipi incontrati.

L'acquifero sabbioso, con conducibilità da medio-bassa a bassa, ospita la suddetta falda ed è accreditabile di un'ampia oscillazione stagionale correlata al regime di alimentazione derivante dal fiume e dall'infiltrazione superficiale entro la golena, con una trasmissività contenuta. Detta falda scorre sullo strato argilloso alla base delle sabbie (7,80-10,40), sebbene la sua probabile conformazione lentiforme non garantisca una separazione costante dai sottostanti limi sabbiosi, che costituiscono un acquifero scarsamente permeabile con il quale, probabilmente, si registra un'ampia continuità sulle aree contermini. Va inoltre considerato l'apporto derivante dall'unità idrogeologica della facies calcarenitica, ampiamente documentata in letteratura: l'ampio divario di conducibilità idraulica delle due formazioni, con le calcareniti ben più conduttive dei termini alluvionali, non consente di classificarle entro una singola unità, ma è indiscutibile che vi sia un collegamento tra i due acquiferi.

1.5 Idrografia locale

Il contesto idraulico dell'area è quello tipicamente ascrivibile ad un'asta fluviale che sottende un bacino a carattere regionale come quello del Rio Mannu: essa può essere letta sia sotto l'aspetto geomorfologico, relativo agli effetti sull'assetto del territorio e sul suo grado di equilibrio, sia in chiave di modellazione idraulica rigorosa, volta a determinarne la pericolosità in termini di aree inondabili.

In questa sede ci si limiterà a considerare il primo aspetto mentre per il secondo, ad eccezione della vigente pianificazione idraulica dell'area che verrà trattata di seguito, si rimanda alla relazione di compatibilità idraulica a corredo del progetto.

Come anticipato in precedenza, sulla piana in cui ricade l'intervento, a valle della confluenza con il Riu d'Ottava, il tracciato del corso d'acqua assume una morfologia sinuosa e tendenzialmente meandriforme, con pochi tributari minori, spesso pesantemente modificati da opere destinate alla regimazione di canali di bonifica e al recapito delle acque bianche (Fig.14).

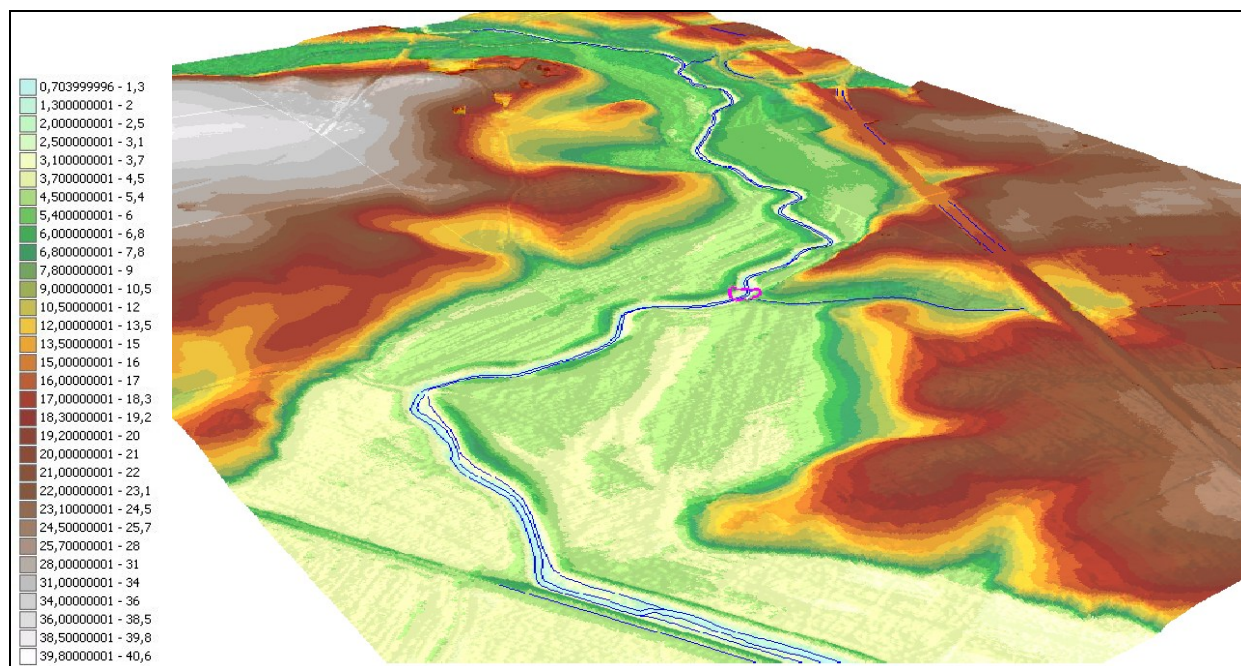


Figura 14. Modello fisico 3D del bacino nel tratto di intervento, visto dalla foce: evidente la depressione tra gli alti calcarei nella quale si sono raccolti i sedimenti alluvionali che costituiscono la golen. La circonferenza in magenta individua l'attuale attraversamento pensile.

Il *talweg* presenta una sezione profondamente incisa e piuttosto stretta, con sponde sub-verticali prive di difese artificiali, che mostrano un moderato grado di erosione con tendenza all'arretramento nelle anse più pronunciate, nelle quali si localizzano infatti modeste barre sabbiose, che diventano assai più evidenti nel tratto focivo a ridosso del centro abitato. Nel modello fisico sono inoltre evidenti, in corrispondenza delle sponde in verde più intenso, i rilevati arginali che sono stati realizzati nel tempo abbancando materiale di riporto, probabilmente ricavato in parte da valle ed in parte dalla periodica pulizia dell'alveo. In corrispondenza dell'attuale attraversamento pensile, come descritto in precedenza, si ravvisano segni evidenti dell'arretramento della sponda in destra, e una limitata erosione in quella rocciosa in sinistra: per la prima, a conclusione dell'intervento, dovrà quindi prevedersi il ripristino del profilo spondale originario, che andrà ricostituito mediante idoneo intervento che verrà descritto in seguito.

In corrispondenza dell'attraversamento in progetto, sono state eseguite misure della sezione dell'alveo e della velocità della corrente, con stima delle portate di deflusso. Il profilo è rappresentato in Figura 15, con scala delle altezze amplificata, dove si evidenzia una certa irregolarità trasversale soprattutto al contatto con la sponda dx. Le velocità della corrente variano da 0,02 m/s (aree in magenta-blu) ad oltre 1,0 m/s (aree in giallo-rosso), con portate stimate in circa 2,0 mc/s.

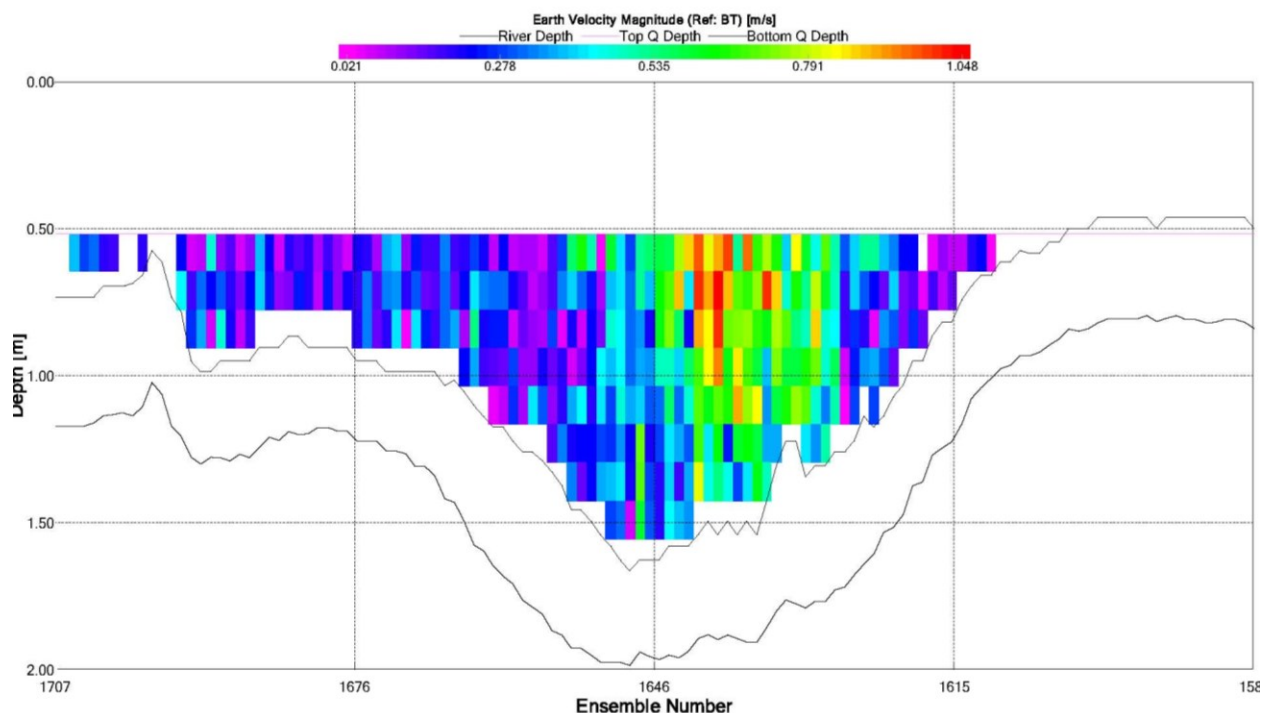


Figura 15. Sezione dell'alveo nel tratto in attraversamento.

1.6 Pericolosità idraulica

Il tratto del Mannu che va dalla golena di Maccia Appaltada alla foce, è stato inserito tra i tronchi critici per la pericolosità idraulica sia nell'ambito del Piano stralcio dell'Assetto Idrogeologico (PAI - 2007) sia nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF - 2011). Ciò non stupisce, poiché si tratta chiaramente di un'area la cui stessa dinamica sedimentaria, che sta alla base del suo assetto geomorfologico recente ed attuale, è strettamente legata alle piene cicliche che inondano la golena: come accade spesso, quindi, se da un lato ciò può essere inteso come un pericolo derivante dalla generica "insufficienza" idraulica dell'asta principale, dall'altro essa rappresenta semplicemente la naturale evoluzione del paesaggio fluviale, nel quale il corso d'acqua deve considerarsi esteso all'intera area raggiunta dalle piene ricorrenti.

Sotto questo profilo, la golena di Maccia Appaltada rappresenta una sorta di cassa di espansione naturale in grado, almeno parzialmente, di laminare le piene. La pericolosità, in tal senso, sembra assumere rilievo solo quando si traduce in rischio, ossia quando vi è interazione diretta con elementi antropici, talvolta non altrimenti dislocabili.

Ciò è particolarmente evidente nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi della Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98, nel quale l'area di intervento è inquadrata all'interno del *Sub Bacino 3 Coghinas, Mannu, Temo* - tronco critico B3MPTC001 (Fig.23).

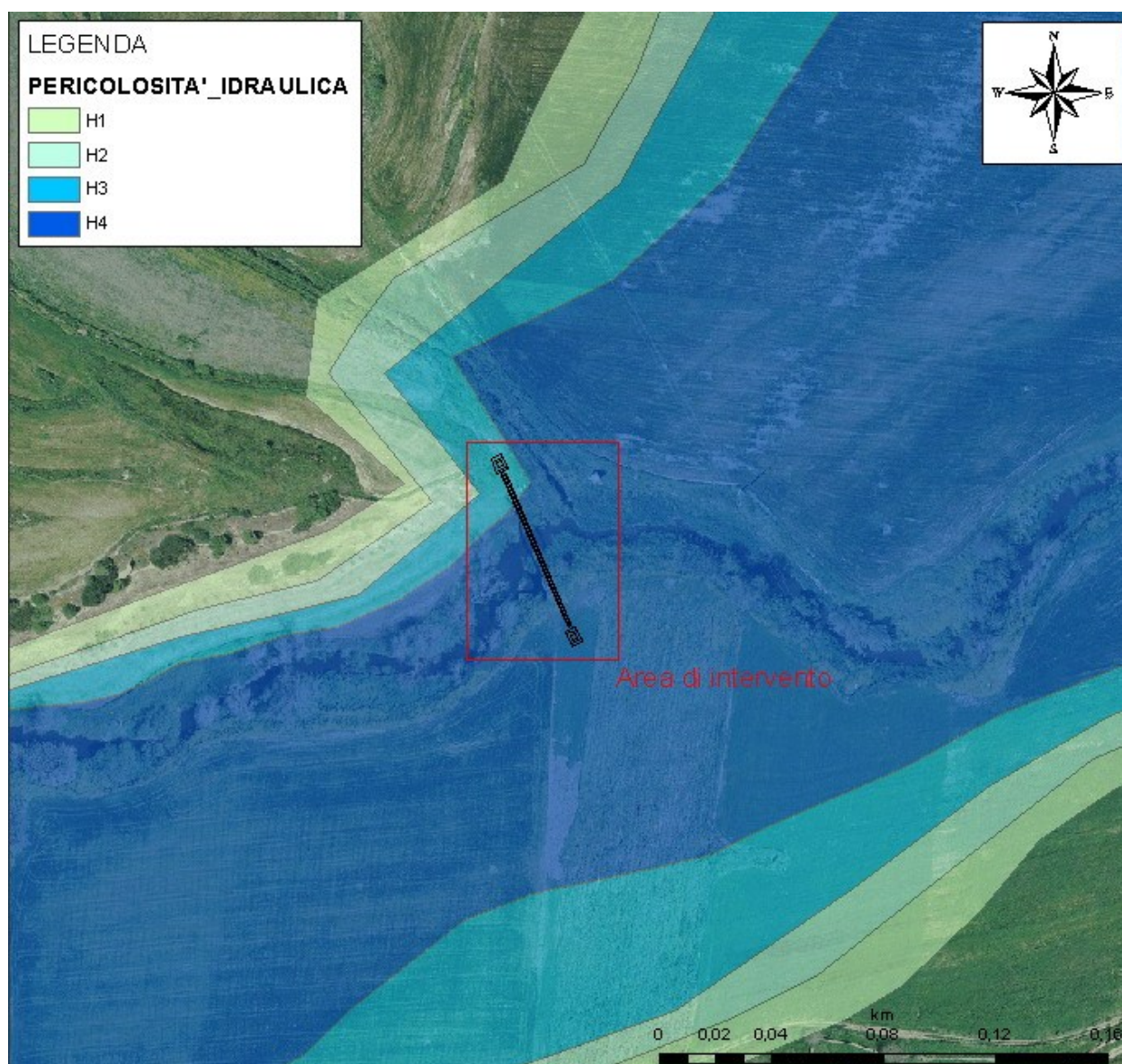


Figura 16. Sovrapposizione su Ortofoto RAS 2008 delle aree inondabili tratte dallo stralcio del tronco critico B3MPTC001 del PAI. L'attraversamento in progetto ricade quasi interamente in Hi4, ad eccezione dell'estremità settentrionale, in Hi3.

Come si osserva in Figura 16, il sedime ricade quasi per intero su un'area a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) per la quale, in riferimento all'intervento in oggetto, è richiesta la redazione del presente studio di compatibilità idraulica, così come indicato all'Art.27 delle N.A. del PAI.

La medesima asta fluviale, inoltre, è stata studiata nell'ambito del Piano Stralcio per le Fasce Fluviali di seguito denominato PSFF (*Bacino Mannu - Tav.3_07_MA001_2_1_0*), adottato con Delibera n.1 del 31.03.2011 del Comitato Istituzionale della regione Sardegna; l'adozione è stata successivamente revocata con Delibera n.1 del 23.06.2011. Alla data di redazione del presente studio, il PSFF risulta nuovamente adottato in via preliminare con Delibera n.1 del 03.09.2012.

Tale studio, coincide in parte, con quanto determinato nell'ambito del PAI: la zonazione prodotta (Fig.17), è simile a quella del PAI, ma differisce per il numero di classi di pericolosità idraulica, per i tempi di ritorno e per la metodologia di perimetrazione delle aree inondabili con piene cinquecentennali.

Interventi di riqualificazione dell'alimentazione della città di Alghero e interconnessione acquedotto Coghinas

dott. geol. Angelo Vigo, V.le Monastir, 219 - 09122 Cagliari – Tel/Fax 070 680927 - Cell 388 7448274 – P.I. 02940660927

Nell'ambito del PSFF, infatti, vengono perimetrate 5 classi (Fasce) di pericolosità:

- ❑ Fascia A2 *aree inondabili per tempi di ritorno di 2 anni;*
- ❑ Fascia A50 *aree inondabili con tempi di ritorno di 50 anni;*
- ❑ Fascia B100 *aree inondabili con tempi di ritorno di 100 anni;*
- ❑ Fascia B200 *aree inondabili con tempi di ritorno di 200 anni;*
- ❑ Fascia C *aree inondabili con tempi di ritorno di 500 anni comprendenti, se più estese, aree storicamente inondabili o stimate su basi geomorfologiche.*

Mentre le prime quattro fasce sono state determinate soltanto mediante studio idraulico, la quinta viene perimetrata anche con l'ausilio di metodi basati sulla ricostruzione storica delle inondazioni e su analisi geomorfologiche.

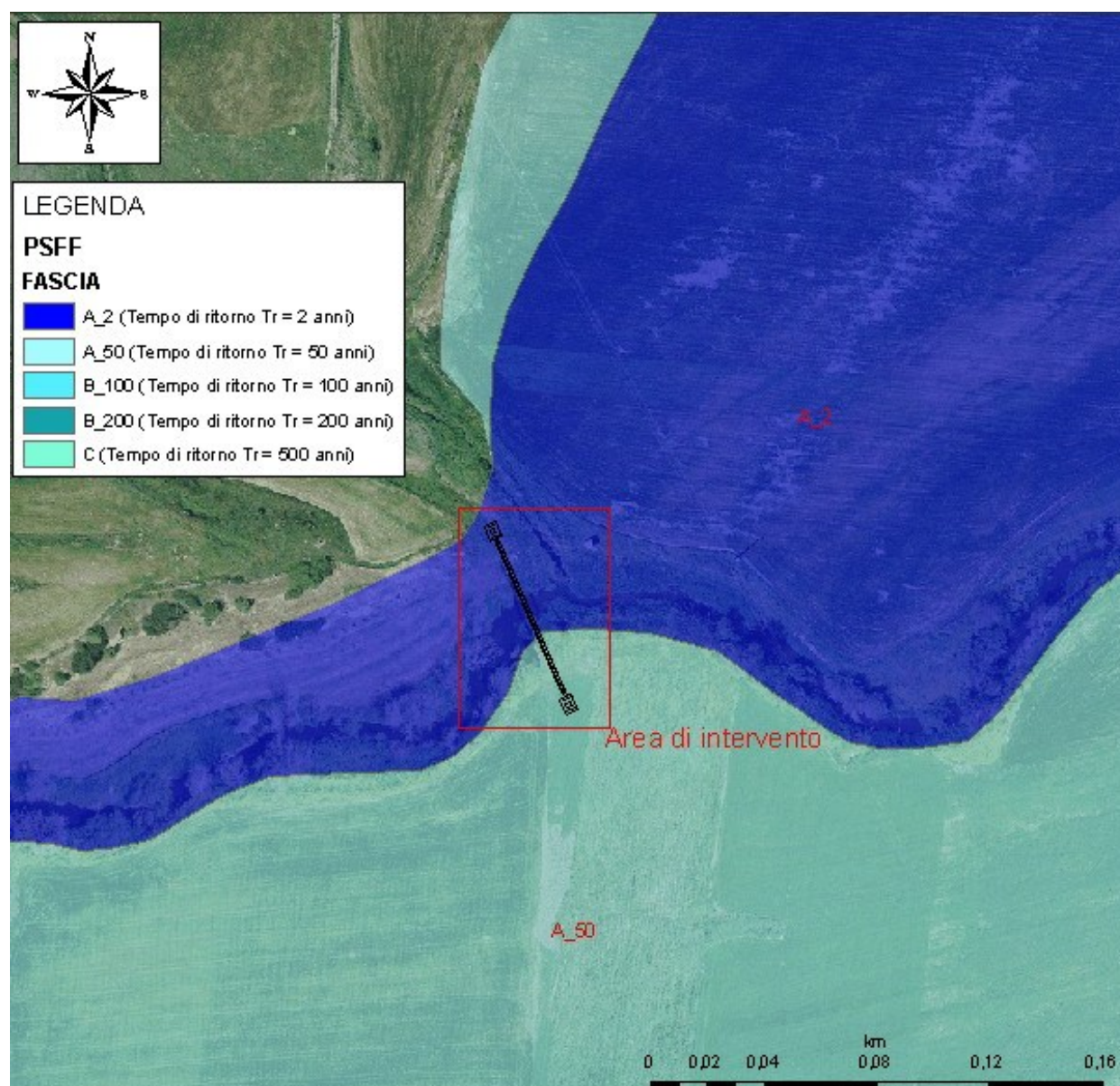


Figura 17. Sovrapposizione su Ortofoto RAS 2008 delle aree inondabili tratte dallo stralcio della Tav.7_04_FM029_2_1_1 del PSFF. L'attraversamento in progetto ricade quasi interamente in fascia A2, con Tr pari a soli 2 anni, ad eccezione dell'estremità meridionale, ricadente in fascia A50.

Nella fattispecie, l'area in studio ricade nelle fasce A2 e A50, ossia potenzialmente inondabili con un tempo di ritorno, rispettivamente, di soli 2 e 50 anni: se si considera, inoltre, l'ampiezza di tali aree ed il battente da pluridecimetrico a metrico ad esse associato, si delinea un quadro di pericolosità assai più rilevante rispetto a quello, già piuttosto grave, prospettato dagli studi del PAI.

Data la recente adozione non sono state ancora approntate specifiche norme attuative del PSFF, per il quale vige, in termini di prescrizioni e compatibilità degli interventi, la medesima disciplina prevista all'art.27 delle Norme di Attuazione del PAI, equiparando, nella fattispecie, entrambe le fasce alle aree in classe di pericolosità idraulica Hi4.

CONSIDERAZIONI FINALI SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DI BACINO

1.7 Area vasta

L'ampio bacino idrografico del Riu Mannu, racchiude prevalentemente formazioni terziarie dei distretti vulcanici, rappresentate da depositi di flusso piroclastico e colate andesitiche oligo-mioceniche, e formazioni marnose, arenacee e calcarenitiche della successione marina miocenica, mentre il settore nord-occidentale vede l'affioramento delle successione carbonatica del mesozoico.

I primi sono di norma scarsamente permeabili, prevalentemente per fessurazione, e non costituiscono acquiferi rilevanti, specie nei termini tufacei propensi ad alterarsi in bentonite, con conducibilità idraulica inferiore a 10^{-9} m/s. La successione sedimentaria del terziario presenta ampie variazioni di permeabilità con valori da elevati nei termini arenacei e calcarenitici a modesti nei livelli marnosi. La successione mesozoica, composta di dolomie e calcari dolomitici con presenza di livelli gessosi e argillosi del Trias, presenta anch'essa un ampio campo di variabilità, con circolazione idrica abbondante per carsismo nei termini carbonatici giuresi e assai più contenuta (e di scarsa qualità) in quelli triassici.

Il deflusso superficiale è fortemente influenzato dai suoli e dalla copertura vegetale (Tavv.G_T2 e G_T3), sia per l'aliquota assorbita per infiltrazione (coefficiente di deflusso) sia per la velocità di ruscellamento e il potenziale erosivo (copertura vegetale). In tal senso, il bacino si distingue per la prevalenza di suoli poco profondi (Tav.G_T3 - Unità F – Suoli 21 e 22), sviluppati sulle formazioni sedimentarie mioceniche, ricchi di scheletro e pietrosi, di norma permeabili. Tali caratteristiche, unitamente alla presenza di frequenti aree con roccia esposta, aumentano la velocità del deflusso superficiale rendendoli talora fortemente soggetti al rischio di erosione, favorito dal frequente utilizzo a pascolo naturale.

I paesaggi sulle vulcaniti degli spartiacque in testata e sulle sponde sud-occidentali e centro-orientale constano in prevalenza di suoli argillosi poco permeabili ed assai igroscopici, alternati a vasti affioramenti rocciosi, anch'essi di norma poco permeabili: unitamente alle elevate pendenze che si ritrovano lungo i versanti vallivi, ciò induce una forte propensione al ruscellamento superficiale, diffuso e concentrato, con elevato trasporto solido.

Le aste torrentizie, prevalenti nella parte alta del bacino, pur se frequentemente risagomate e munite di varie difese spondali, esibiscono sponde talora in forte erosione, soprattutto entro frequenti forre e canyon, cui si accompagna un elevato trasporto solido a carattere eterometrico.

1.8 Assetto locale

La presenza accertata di una falda superficiale ospitata dall'acquifero sabbioso, con soggiacenza di circa 5,3 metri, e la probabile presenza di falde profonde sia entro i limi sabbiosi che nelle calcareniti, rende necessarie adeguate misure di aggotamento e drenaggio degli scavi ricorrendo, laddove si rendesse necessario, alla preventiva depressione della piezometrica mediante pozzi drenanti o sistemi *well-point*. *Per lo stesso motivo è assolutamente raccomandabile l'impianto cantiere nella stagione estiva* così da intercettare la falda al minimo stagionale e, per quanto riguarda le lavorazioni in alveo, potendo contare sulla riduzione al minimo stagionale della portata del Riu Mannu.

Quest'ultimo, infatti, presenta un'elevata pericolosità idraulica sancita sia dagli studi afferenti al PAI sia da quelli, adottati di recente, relativi al PSFF: in particolare, in entrambi l'area di intervento ricade nella classe di maggiore pericolosità (Hi4 del PAI e Fascia A2 del PSFF), con forte probabilità di inondazione dell'intera area golenale con battenti idrici superiori al metro: per tale motivo l'esecuzione dell'opera, almeno nei tratti in trincea ed in alveo, dovrà essere programmata preferibilmente nel semestre più secco dell'anno, da metà primavera a fine estate.

Il potenziale erosivo del corso d'acqua, inoltre, *consiglia il posizionamento del tratto di condotta sub-alveo ad una profondità di almeno 1,00 metri dal fondo*, così da porla al riparo dall'eventuale denudamento per eventi di piena eccezionali.

PARTE IDRAULICA

Indice

1	PREMESSA.....	30
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	31
2.1	<i>Attraversamento del rio Mannu di Porto Torres</i>	<i>31</i>
2.2	<i>Sistemazione della sponda in destra idraulica</i>	<i>31</i>
3	AREA D'INTERVENTO E PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI RISCHIO AI SENSI DEL PAI E DEL PSFF	32
3.1	<i>Area d'intervento e perimetrazione ai sensi del PAI.....</i>	<i>33</i>
3.2	<i>Analisi idrologiche ed idrauliche.....</i>	<i>33</i>
4	VERIFICA DELL'AMMISSIBILITÀ DELL'INTERVENTO	36
5	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO	37
6	CONCLUSIONI	40

PREMESSA

La descrizione dello stato di fatto è già stata affrontata nella *Parte geologica* della presente relazione al punto 3, con un livello di dettaglio che si ritiene sufficiente per le finalità del presente studio, in rapporto alle interferenze che l'intervento manifesta con le problematiche di compatibilità idraulica, cui si rimanda, e sui quali aspetti pertanto non si ritornerà, mentre si approfondiranno gli aspetti tecnici dell'intervento.

Sempre nella *Parte geologica* della presente relazione, al punto 6.4, è stato introdotto l'inquadramento dell'area con riguardo alle perimetrazioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI), con un livello di dettaglio che si ritiene utile approfondire in rapporto alle criticità riscontrate ed alle analisi idrologiche ed idrauliche effettuate.

Pertanto nel seguito si approfondiranno gli aspetti più direttamente connessi alla realizzazione dell'intervento ed alle criticità riscontrate ed alle analisi idrologiche ed idrauliche con diretto riferimento al PAI Sardegna, mentre si esamineranno direttamente gli aspetti legati alla *Verifica della ammissibilità dell'intervento* ed alla *Compatibilità idraulica dell'intervento*.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

1.9 Attraversamento del rio Mannu di Porto Torres

Come anticipato al punto 3 della *Parte geologica* che precede, si è optato per il rifacimento in subalveo dell'attraversamento fluviale in discorso.

Stante la corrente permanente che interessa il corso d'acqua nel suo tratto terminale, caratterizzata da valori ordinari delle portate misurate compresi tra 1,55 e 2,03 m³/s rispettivamente nei mesi di Luglio e Marzo 2012, si rende necessaria la deviazione della corrente intorno alla sezione d'interesse mediante la realizzazione di uno sbarramento provvisorio (nel seguito *tura*) e di un by-pass che riporti la corrente nell'alveo a valle.

Il by-pass verrà realizzato in sponda destra, stante la natura dei terreni – non interessati da affioramenti dello strato calcareo compatto – ed il loro stato d'uso, e sarà costituito da uno scavo atto a contenere uno scatolare tipo Armco Finsider caratterizzato da luce di m 3,28 (larghezza max), freccia di m 2,20 in grado di convogliare a gravità con una pendenza non superiore allo 0,12% una portata di circa 10,00 m³/s con un franco di 50 cm circa.

La tura sarà realizzata dopo la demolizione dell'esistente struttura di attraversamento, con l'impiego di materiali locali, di natura e granulometria idonei a realizzare uno sbarramento impermeabile, ed avrà dimensioni tali da consentire il passaggio di mezzi d'opera per lo scavo della sezione di posa della briglia in c.a. portante la tubazione di convogliamento, in acciaio DN 800, previa infissione di un doppio schermo di palancole che isoleranno l'area di posa, ed una quota in sommità tale da evitare il superamento da parte di piene che dovessero verificarsi durante l'esecuzione dei lavori.

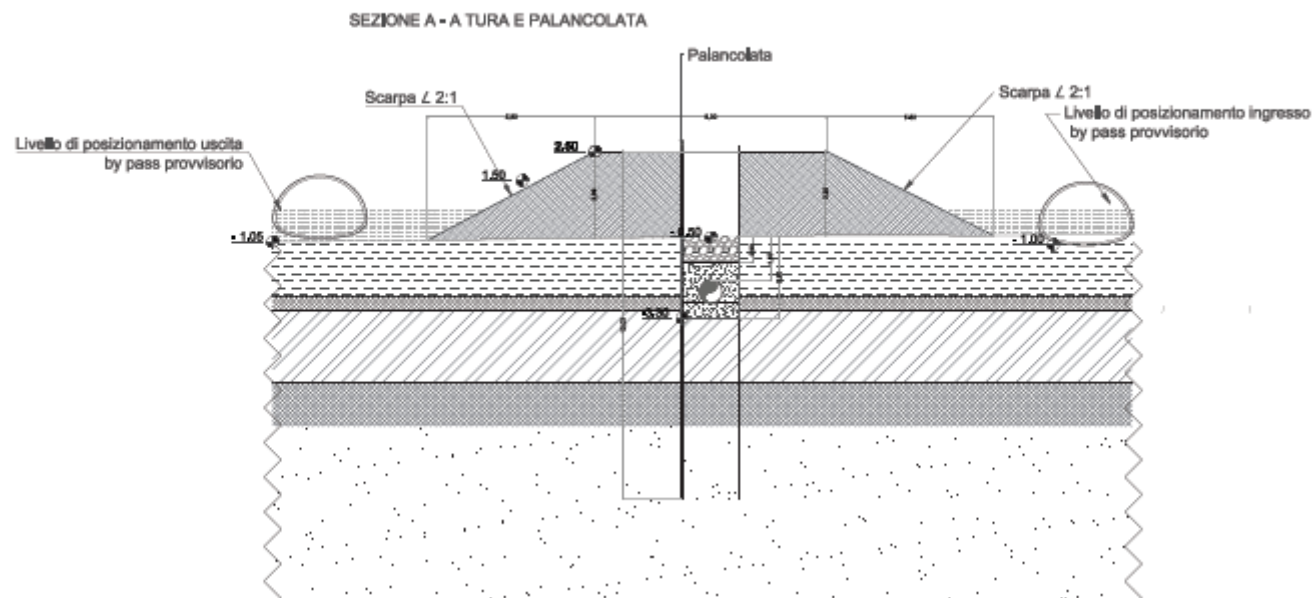
Le caratteristiche dimensionali sono quelle di cui alla fig. 1 successiva.

1.10 Sistemazione della sponda in destra idraulica

La nicchia di erosione sulla sponda dx verrà ripristinata mediante la posa di una scogliera in massi ciclopici calcarei, sormontata da due ordini di gabbioni a ricostituire e proteggere il ciglio e l'argine.

A conclusione si procederà all'inerbimento con talee di specie locali.

Fig. 1 – tura provvisoria



AREA D'INTERVENTO E PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI RISCHIO AI SENSI DEL PAI E DEL PSFF

1.11 Area d'intervento e perimetrazione ai sensi del PAI

Il PAI individua nel Comune di Porto Torres zone a pericolosità di inondazione di livello Hi4 (molto elevato), Hi3 (elevato), Hi2 (medio) ed Hi1 (moderato) sulle aree circostanti l'asta fluviale del rio Mannu di Porto Torres nel suo tratto prefocivo in cui insiste l'area d'intervento, compresa tra le sezioni n.2 e 3 delle 5 sezioni idriche trasversali (di cui la n. 3 costituita dalla sezione di controllo) individuate per l'analisi idraulica dell'asta fluviale.

Nella scheda d'intervento B3mpTC001 vengono descritte le procedure di identificazione della sezione di controllo, e vengono identificate le criticità dell'area, che risultano essere costituite da:

- insufficienza generale dell'alveo di magra al contenimento delle portate maggiori, anche prescindendo dalla presenza di vegetazione e dagli effetti di trasporto solido e scarsa manutenzione del corso d'acqua, con allagamento di aree agricole e case sparse;
- presenza di un ponte stradale a tre campate (sez. n. 3) sempre sormontato dall'altezza d'acqua risultante dal calcolo idraulico per tutte le portate corrispondenti ai tempi di ritorno considerati nel PAI;
- interferenze dei livelli di massima piena con il tracciato della ferrovia Chilivani-Sassari in prossimità della sezione 4, con pericolo d'allagamento della sede ferroviaria.

1.12 Analisi idrologiche ed idrauliche

Nell'ambito della presente verifica di compatibilità è stato considerato l'esame dei dati idrologici e idraulici posti alla base dell'attuale perimetrazione delle aree di rischio idraulico della zona ai sensi del PAI vigente. L'area d'intervento è infatti compresa nel tronco critico individuato nella scheda d'intervento B3mpTC001 già citata, ricadendo immediatamente a monte della sezione di controllo (n. 3), in corrispondenza di un ponte stradale a tre campate, individuato quale fattore di crisi.

Più in particolare, il tronco critico è costituito dal tratto terminale del rio Mannu, compreso tra la foce e l'inizio della zona industriale di Porto Torres, per un'estensione di circa 3,8 km, ricadente tra il centro Turritano e la sua area di sviluppo industriale.

Stante il fatto che l'opera in esame non comporta alcuna interferenza con gli eventi di piena che possono interessare l'area, anzi elimina un fattore di rischio rappresentato dall'attuale attraversamento pensile, ci si è limitati a riportare le risultanze dello studio contenuto nel PAI per la zona in oggetto, al fine di renderle immediatamente disponibili e consentire una visione complessiva delle problematiche relative.

Si riporta quindi integralmente (in corsivo nel seguito) uno stralcio della *Descrizione sintetica* della metodologia applicata e dei risultati ottenuti per l'area in esame, estratta dalla più volte citata scheda di intervento B3mpTC001, ed uno stralcio della corrispondente tavola delle aree inondabili.

Il tronco critico in esame (sezione di controllo: codice B3mpTC001) si trova in comune di Porto Torres, e riguarda la località denominata: Rio Mannu di P.Torres. La sezione è stata individuata per il fatto che risulta limitrofa ad un elemento sensibile classificato in categoria E3 o E4. Ai fini delle verifiche idrauliche la sezione è stata inoltre scelta in maniera da riconoscervi una sezione di controllo significativa ai fini del deflusso, ovvero in cui per la presenza di un'ostruzione (ponte, soglia, guado, etc.) fosse possibile determinare l'altezza idrica al contorno per la determinazione del profilo idraulico.

In fase di calcolo idrologico, è stata adottata la sezione del ponte al fine del calcolo delle portate di piena con i metodi indicati nelle linee guida. In fase di calcolo idraulico è stato ricavato, mediante il codice di calcolo HEC, il profilo di moto permanente nel tronco costituito dalla sequenza delle 5 sezioni idriche trasversali (di cui la n. 3 costituita dalla sezione di controllo).

All'alveo (channel), nel tratto considerato è stato attribuito un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.023 (canale in terra irregolare e vegetazione bassa); alle sponde (overbank) è stato attribuito un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.023 (canale in terra irregolare e vegetazione bassa).

Le informazioni summenzionate sono state desunte dalla carta degli elementi vulnerabili prodotta per il presente studio, dalla cartografia CTR 1:10.000 ed IGM 1:25.000, dallo specifico sopralluogo eseguito dai relatori, e dalle fotografie (allegate nella scheda sintetica relativa alla sezione) eseguite durante i rilievi topografici nel periodo 06 ottobre 2000 - 20 ottobre 2000.

Stima della portata al colmo ad assegnato periodo di ritorno

I dati morfometrici ed idrologici fondamentali della sezione di controllo sono i seguenti:

Sezione (coordinate Gauss-Boaga E,N): 1449127 4519202

Lunghezza dell'asta: 72.490 (km)

Area del bacino: 660.53 (km²)

Pendenza media dell'asta: 0.114 (%)

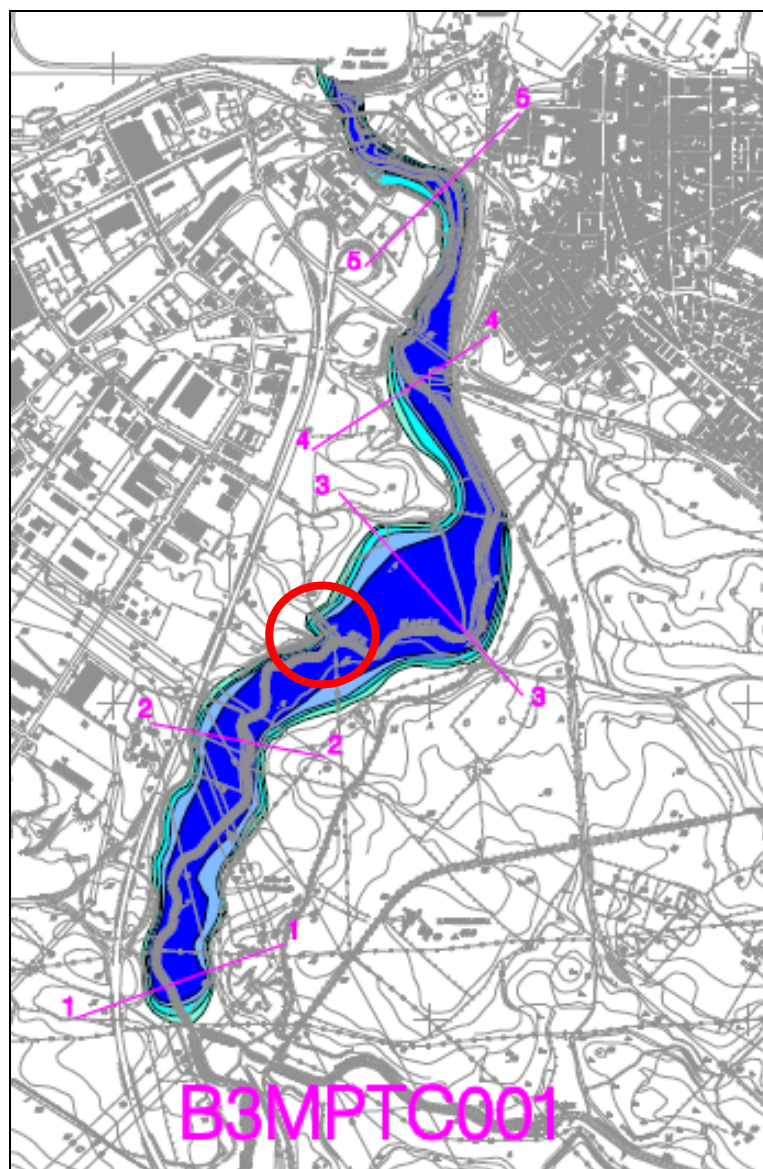
Quota della sezione: 2.87 (m s.l.m.)

Quota media del bacino: 251.13 (m s.l.m.)

Tempo di corrivazione - adottato: 16.78 (h)

<i>Tempo di ritorno:</i>	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>500</i>
<i>Q verifica (m³/s):</i>	<i>1.278,4</i>	<i>1.550,3</i>	<i>1.821,1</i>	<i>2.178,6</i>

La determinazione dei tronchi critici è stata eseguita con riferimento ai criteri illustrati nella relazione generale, cui si rimanda integralmente; le caratteristiche idrauliche della sezione (scabrezze, grado di ostruzione dovuto ad elementi antropici, etc.) sono state specificamente rilevate per la sezione di controllo, ed estrapolate a monte e a valle, per l'estensione di calcolo, modificandole – qualora necessario – sulla base delle informazioni fornite dai topografi, dalle immagini fotografiche e dalla cartografia.



Estratto da PAI Sardegna –Sub bacino 3 – Cartografia piene, tav. Hi 09/31

VERIFICA DELL'AMMISSIBILITÀ DELL'INTERVENTO

L'ammissibilità dell'intervento sull'esistente attraversamento fluviale è disciplinata dall'art. 27 delle Norme di Attuazione del PAI (Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata Hi4).

Infatti, pur ricadendo l'opera in aree a pericolosità idraulica elevata Hi3 limitatamente all'estremità in sponda sinistra, la globalità dell'intervento è governata dall'art. 27 citato, che al punto 3 recita:

3. *In materia di **infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico** nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:*
 - a. *gli interventi di manutenzione ordinaria;*
 - b. **gli interventi di manutenzione straordinaria;**
 - c. *gli interventi di adeguamento per l'integrazione di innovazioni tecnologiche;*
 - d. *gli interventi di adeguamento per la sicurezza di esercizio richiesti da norme nazionali e regionali;*
 - e. *gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali;*
 - f. *la ricostruzione di infrastrutture a rete distrutte o danneggiate da calamità naturali, fatti salvi i divieti di ricostruzione stabiliti dall'articolo 3-ter del decreto legge n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla legge n. 365/2000;*
 - g. *le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;*
 - h. *allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti;*
 - i. *i nuovi interventi di edilizia cimiteriale purché realizzati nelle porzioni libere interne degli impianti cimiteriali esistenti;*
 - j. *nuove infrastrutture, strutture di servizio ed insediamenti mobili, preferibilmente provvisori, destinati ad attrezzature per il tempo libero, la fruizione occasionale dell'ambiente naturale, le attività sportive e gli spettacoli all'aperto.*

A tale intervento si accompagna la ricostituzione della sponda in destra idraulica, dissestata a causa della perdita e della successiva azione erosiva della corrente fluviale.

Si fa sempre riferimento all'art 27 delle NA del PAI, che al comma 1 recita:

1. *Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, **in materia di interventi strutturali e non strutturali di sistemazione idraulica e riqualificazione degli ambienti fluviali** – individuati dal PAI, dal programma triennale di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI – nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:*
 - a. *le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;*

- b. *gli interventi per mantenere e recuperare le condizioni di equilibrio dinamico degli alvei dei corsi d'acqua;*
- c. ***le attività di manutenzione idraulica compatibile, compresi i tagli di piante esclusivamente per garantire il regolare deflusso delle acque e gli interventi eseguiti ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 14.4.1993 e della legislazione di settore della Regione Sardegna;***
- d. *le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale e fluviale dirette alla riduzione dei pericoli e dei danni potenziali da esondazione, rivolti a favorire la ricostituzione degli equilibri naturali, della vegetazione autoctona, delle cenosi di vegetazione riparia;*
- e. *le opere urgenti degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio idraulico eccezionali.*
- k. *nelle more della emanazione delle disposizioni di cui agli articoli 9, 10, 11 e 12 sono altresì ammessi gli interventi agro-silvo-pastorali comportanti modeste modificazioni all'assetto idrogeologico del territorio, conformi all'attuale destinazione e indispensabili per una corretta conduzione dei fondi, previa valutazione positiva da parte dell'autorità idraulica competente per territorio sulla relazione di compatibilità idraulica e/o geologica- geotecnica*

L'intervento di rifacimento dell'attraversamento del rio Mannu di Porto Torres da parte dell'esistente linea di collegamento tra i terminali degli acquedotti industriali del Coghinas I e II, rispettivamente a Porto Torres ed a Truncu Reale, è quindi da ritenersi ammissibile ai sensi dell'art. 27, comma 3 lett. b delle Norme di attuazione del PAI Sardegna.

L'intervento di sistemazione della sponda destra del rio Mannu di Porto Torres, è quindi da ritenersi ammissibile ai sensi dell'art. 27, comma 1 lett. c delle Norme di attuazione del PAI Sardegna.

COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

Le disposizioni e le norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e manutenzione delle opere ricadenti in aree a rischio idrogeologico non peggiorino le condizioni di funzionalità del regime idraulico del corso d'acqua, non aumentando il rischio di inondazione a valle.

Nel caso in esame, considerando la natura e la tipologia degli interventi, e la trascurabile interazione con il reticolo idrografico, si ritiene opportuno pervenire al giudizio di compatibilità attraverso un'analisi qualitativa che evidenzii il non aggravio delle condizioni di pericolosità e di rischio esistenti.

In primo luogo si rileva che la realizzazione degli interventi in oggetto elimina due fattori rilevanti di rischio idraulico per l'area in questione, costituiti dall'esistente opera di attraversamento fluviale, e dalla erosione in atto della sponda destra del rio Mannu di Porto Torres, fattori che entrambe contribuiscono ad aumentare il rischio di allagamento di aree agricole e case sparse.

Con riferimento a quanto prescritto all'art. 23 delle Norme di Attuazione del PAI (Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica), ed in particolare al comma 9, del quale si richiamano nel seguito le relative lettere, si fanno le osservazioni seguenti.

Premesso che il comma 9 afferma che *Allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:*

- a. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;*

tale prescrizione appare rispettata proprio in forza delle considerazioni appena riportate in merito alla eliminazione dei due fattori di rischio.

- b. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;*

proprio per il fatto di eliminare le sovrastrutture necessarie all'esecuzione dell'attraversamento fluviale con la modalità del pensile – e con riferimento alle caratteristiche dimensionali che debbono possedere in rapporto alla luce da superare ed alle portate da convogliare, che hanno determinato il dissesto in atto – sostituendole con opere staticamente meno impegnative per i versanti, appare particolarmente rispettata la precedente prescrizione.

- c. non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;*

semmai entrambe gli interventi rimuovono cause di pericolosità e danno potenziale (attraversamento pensile), e contribuiscono con la sistemazione della sponda al ripristino della situazione idrogeologica a regime.

- d. non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;*

non vengono creati nuovi ostacoli al normale deflusso, venendo semmai eliminati gli esistenti.

- e. limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;*

- f. favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*

- g. salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*

i precedenti punti *e*, *f*, *g* sono significativi per interventi che investono ampie porzioni del bacino idrografico sotteso, mentre l'area oggetto degli interventi è concentrata, per cui non si ha alcuna influenza, se non riflessa, sulle condizioni idrografiche alla base della formazione della piena.

- h. non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;*

non si interferisce con alcun intervento della protezione civile.

- i. adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*

le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale sono state considerate nel ripristino della sponda destra del rio Mannu di Porto Torres.

- l. non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;*

vale quanto detto ai precedenti punti *a* e *b*.

- m. assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;*

non sussistono tali condizioni in quanto non si verificano situazioni di incremento del rischio associate alla realizzazione degli interventi in progetto.

- n. garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;*

la condizione, esplicitamente indicata nello Schema di contratto, relativamente al periodo di esecuzione degli interventi in progetto – esecuzione in periodo estivo, al fine di ridurre i rischi, peraltro limitati alla fase esecutiva, connessi agli interventi in alveo – mira a ridurre i rischi di esecuzione e di gestione del reticolo idrografico naturale.

- o. garantire coerenza con i piani di protezione civile.*

Le opere non presentano potenziali incongruenze con i piani di protezione civile eventualmente realizzati nella zona, essendo volte a ridurre il rischio di allagamento dell'area circostante.

CONCLUSIONI

Gli interventi in progetto sono relativi al rifacimento in subalveo dell'attraversamento del rio Mannu di Porto Torres, realizzato con un pensile attualmente fuori esercizio per collasso di uno dei blocchi di estremità, ed alla sistemazione della sponda destra del suddetto fiume, su cui insisteva detto blocco, fortemente erosa dalla perdita di acqua sviluppatasi nella tubazione e dalla successiva azione della corrente fluviale.

L'area in cui insistono gli interventi ricade in zone classificate dal PAI Sardegna a pericolosità elevata ed elevata (rispettivamente Hi4 ed Hi3).

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24 delle Norme di Attuazione, ai sensi degli articoli 27 e 28 delle Norme, gli interventi in progetto sono consentiti, e dall'analisi effettuata non alterano il naturale deflusso del corso d'acqua e non aumentano il pericolo idraulico.

Gli interventi in oggetto non danno luogo al verificarsi di situazioni geologiche, geomorfologiche e idrauliche tali da impedire la loro realizzazione, ovvero appaiono tali da non provocare nuove condizioni di rischio idrogeologico nel bacino idrografico in studio, in coerenza con le previsioni e le prescrizioni del PAI.

Le analisi fin qui condotte portano pertanto a concludere che risulta verificata la compatibilità idraulica degli interventi in progetto.

Dott. ing. *Sandro Bachis*

Dott. Geologo *Angelo Vigo*