



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

Via Cagliari n. 170 – Oristano

PROGETTO PER LA RICOSTRUZIONE DELLE CORRIVAZIONI IN SINISTRA DEL CANALE ACQUE ALTE – LOTTO 1

C.A.T. P0816

C.U.P.: G21E5000590002

C.I.G.:

PROGETTO ESECUTIVO

Progettista
Ing. Gian Luca Zuddas

Studi specialistici
Idraulica: Ing. Gian Luca Zuddas
Geologia: Geol. Giovanni Mele
Calcoli statici: Ing. Gian Luca Zuddas
Archeologia: Dott. Ivan Giovanni Massimo Lucherini

Collaboratori
Ing. Eleonora Trudu
Geom. Lorenzo Matzuzi
Geom. Antioco Motzo

Responsabile del Procedimento
Ing. Giorgio Bravin

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

Titolo

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Allegato

C.1

Rev.	Data	Nome file	Redattore	Verificatore
01	10/04/2018	1505P0816relcomidrRev1MF	Ing. G. Bravin	
02	20/09/2021	1505P0816relcomidrRev2GZ	Ing. G. Zuddas	Ing. M. Sanna
03	15/03/2023	1505P0816relcomidrRev3ET	Ing. G. Zuddas	Ing. Giovanni Manca

INDICE

1. PREMESSA	1
2. STUDIO DEL CONTESTO	3
2.1 <i>Inserimento territoriale</i>	3
2.2 <i>Geologia, pedologia, zonizzazione sismica</i>	3
2.3 <i>Inquadramento bio-naturalistico</i>	5
2.4 <i>Inquadramento idrologico</i>	5
2.5 <i>Vincoli idrogeologici</i>	7
2.5.1 <i>Piano di Assetto Idrogeologico</i>	8
2.5.2 <i>Piano Stralcio delle Fasce Fluviali</i>	9
2.5.3 <i>Ciclone Cleopatra</i>	10
2.5.4 <i>Piano di Gestione del Rischio Alluvioni</i>	11
2.5.5 <i>Aggiornamento Piano di Gestione del Rischio Alluvioni</i>	13
2.6 <i>Verifica dell'interesse archeologico</i>	14
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI.....	15
4. STUDIO IDROLOGICO	17
4.1 <i>Informazione territoriale</i>	17
4.2 <i>Definizione dei bacini idrografici</i>	18
4.3 <i>Curve Number</i>	19
4.4 <i>Tempo di corrivazione</i>	20
4.5 <i>Analisi pluviometrica</i>	23
4.6 <i>Definizione delle portate</i>	25
4.7 <i>Canale delle Acque Alte</i>	26
5. ANALISI IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE.....	29
5.1 <i>Codice di calcolo di HEC-RAS</i>	29
5.2 <i>Base teorica della verifica idraulica</i>	29
5.3 <i>Modello idraulico</i>	31
5.3.1 <i>River</i>	31
5.3.2 <i>Banklines</i>	32
5.3.3 <i>XScutlines</i>	32

5.3.4	Bridges	34
5.3.5	Levees	35
5.4	Condizioni al contorno	35
5.5	Parametri di scabrezza	36
5.6	Scenari di studio e set di portate	37
5.7	Risultati dell'analisi idraulica	38
6.	INTERVENTI IN PROGETTO	41
7.	ANALISI IDRAULICA DELLO STATO DI PROGETTO	43
7.1	Modello idraulico	43
7.2	Risultati dell'analisi idraulica	43
8.	CONCLUSIONI	45
ALLEGATI		ERRORE. IL
SEGNALIBRO NON È DEFINITO.		
1 – Risultati analisi idraulica ex ante		Errore. Il
segnalibro non è definito.		
1.1 – Tabulati HEC-RAS ex ante – configurazione di piena	Errore. Il	segnalibro non è definito.
1.2 – Sezioni idrauliche ex ante – configurazione di piena	Errore. Il	segnalibro non è definito.
1.3 – Profili idraulici ex ante – configurazione di piena	Errore. Il	segnalibro non è definito.
2 – Risultati analisi idraulica ex post		Errore. Il
segnalibro non è definito.		
2.1 – Tabulati HEC-RAS ex post – configurazione di piena	Errore. Il	segnalibro non è definito.
2.2 – Sezioni idrauliche ex post – configurazione di piena	Errore. Il	segnalibro non è definito.
2.3 – Profili idraulici ex post – configurazione di piena	Errore. Il	segnalibro non è definito.

1. PREMESSA

Nel corso dell'evento alluvionale del 18 novembre 2013, l'eccezionale quantità d'acqua convogliata dalla rete idrografica naturale ed artificiale sfociante nel canale Acque Alte, realizzato negli anni '30-'40 a protezione della rete di bonifica di Marrubiu Uras e Terralba, ha trascinato notevoli quantità di materiale clastico, nel tratto tra lo svincolo sulla SS 131 di Terralba al km 70+000 circa e l'abitato di Uras.

Tale fenomeno ha aggirato, danneggiato o demolito i manufatti di immissione della rete affluente nel canale sopra detto, depositando nell'alveo, ad evento terminato, un notevole quantitativo di materiale sciolto. Per effetto dei danneggiamenti è stata compromessa la stabilità e la transitabilità delle sponde, nonché l'efficienza dello sbocco, rimasto occluso.

Con deliberazione della Giunta Regionale n. 49/46 del 26.11.2013 è stato approvato un programma straordinario con la previsione di un finanziamento per il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese di euro 2'000'000,00.

Con determinazione n.21224/1298 del 15.12.2015 e 464/4 del 18.01.2016 l'Assessorato Regionale dell'Agricoltura e Riforma Agro Pastorale – Direzione Generale – Servizio Programmazione e governance dello sviluppo rurale ha delegato al CBO i lavori denominati “Progetto per la ricostruzione delle corrivazione in sinistra del canale acque alte – I Lotto” dell'importo di euro 1'500'000,00.

In data 28.03.2018 è stata indetta da parte di questo Consorzio la Conferenza di servizi decisoria ex art. 14, c.2 legge n.241/1990 da effettuarsi in forma semplificata ed asincrona che ha portato ad un parere non favorevole da parte del Servizio Territoriale Opere Idrauliche di Oristano (S.T.O.I.OR).

Sulla scorta di quanto sopra, il progetto presentato nel 2018 è stato modificato e rivisto al fine di addivenire ad una conclusione condivisa da tutti gli Enti coinvolti. In origine gli interventi previsti coinvolgevano tre compluvi ma a causa della revisione dei prezzi e delle modifiche richieste dal Genio civile si è scelto di ridurre l'intervento di progetto.

Nel seguito della presente relazione si valuteranno gli aspetti idraulici relativi agli interventi proposti, i quali sostanzialmente prevedono la sistemazione dell'immissione di n.2 compluvi minori, mediante scatolari in cls, e il ripristino dell'argine in sinistra idraulica del Canale delle Acque Alte.

2. STUDIO DEL CONTESTO

2.1 Inserimento territoriale

Nel presente progetto è prevista la riconfigurazione dell'immissione di n° 2 corrivazioni in sinistra del Canale delle Acque Alte. I compluvi in oggetto hanno origine dalle falde del monte Arci e anticamente confluivano nel tratto finale del rio Mogoro in prossimità dello stagno di Sassu, alla periferia di Terralba. A protezione dei lavori di bonifica realizzati negli anni '30 fu realizzato il citato canale con il preciso compito di raccogliere tutte le corrivazioni diffuse provenienti dal monte Arci. Le immissioni che si intende riconfigurare sono individuabili sulla CTR Sez. 539050 e ricadono nel territorio comunale di Uras.

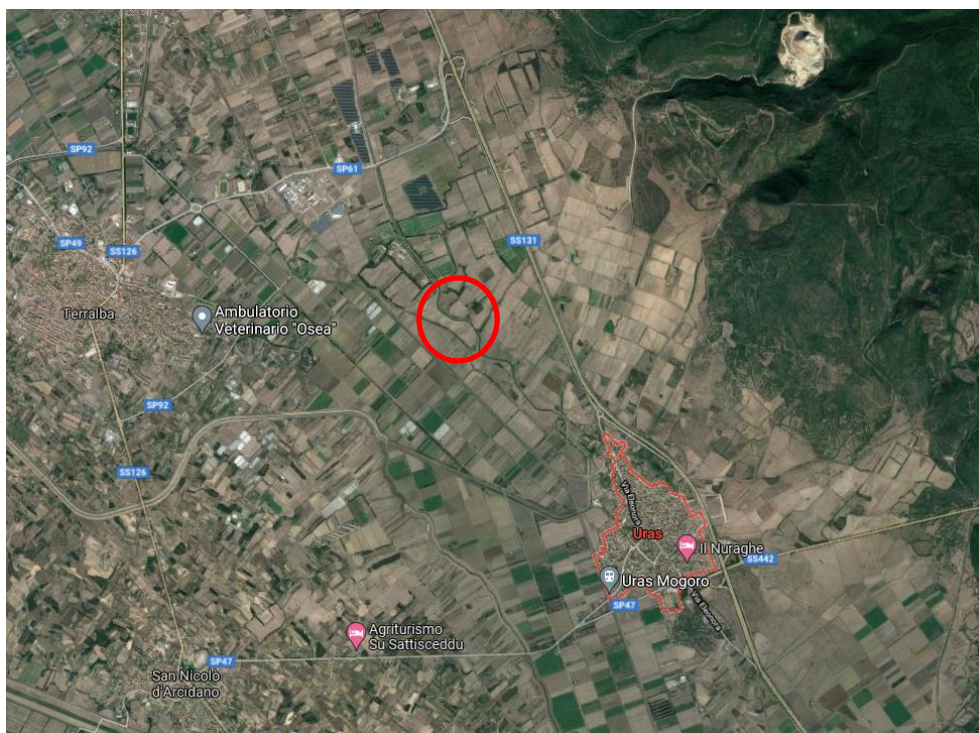


Figura 1 – Inquadramento area intervento in rosso su ortofoto

2.2 Geologia, pedologia, zonizzazione sismica

Dal punto di vista geologico il settore in esame ricade nel Graben campidanese Plio-Quaternario, compreso tra i complessi montuosi del Monte Funesu a Sud-Ovest e del Monte Arci a Nord-Est. Le formazioni metamorfiche del Monte Funesu sono da ricondurre alla fase collisionale

dell'orogenesi ercinica, mentre, le vulcaniti del Monte Arci appartengono al ciclo vulcanico Plio-Quaternario.

Dal punto di vista morfologico la vasta pianura campidanese e i rilievi circostanti rappresentano un complesso sistema ad horst e graben, i cui bordi sono delimitati da evidenti famiglie di faglie orientate prevalentemente in direzione NW-SE o N-S. L'area è pertanto caratterizzata da un settore centrale sub-pianeggiante che si protende in direzione NW-SE in cui scorrono il Rio Mogoro e il Fluminimannu; il raccordo con i rilievi del Monte Arci e del Monte Funesu che si ergono in netto contrasto con la pianura centrale avviene attraverso ampie conoidi di deiezione e depositi di frana. La rete idrografica sviluppatasi in funzione delle caratteristiche strutturali e litologiche dei terreni affioranti appare assai diversificata. Sulle vulcaniti del Monte Arci presenti nel settore nord-occidentale e sulle formazioni metamorfiche del Monte Funesu affioranti nel settore sud-orientale il reticolo idrografico appare ben sviluppato con caratteri variabili dal dendritico al radiale centrifugo. Nel settore centrale il reticolo impostato sui depositi alluvionali appare prevalentemente lineare, poco sviluppato e con grado di gerarchizzazione basso; nell'intera area è presente un complesso sistema di canalizzazioni con numerosi canali adduttori connessi al Rio Mogoro.

Sulla base della caratterizzazione geologica è possibile valutare la permeabilità del suolo. In corrispondenza dei depositi pleistocenici si ha una permeabilità medio alta, mentre in corrispondenza dei sedimenti si ha una permeabilità alta per via della elevata porosità.

Per quanto concerne la vigente classificazione sismica, di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Sardegna con DGR 15/31 del 30 marzo 2004, l'intero territorio regionale ricade all'interno della "Zona 4 - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa".

In Sardegna, infatti, i terremoti sono eventi molto rari e di bassa magnitudo. Le ragioni sono da ricercarsi nell'evoluzione dinamica del Mediterraneo centrale: fino a 7 milioni di anni fa la Sardegna era un'area attiva sismicamente e con attività vulcanica; dopo quel momento l'attività si è spostata verso Est, quando ha cominciato ad aprirsi il Tirreno e a formarsi l'Appennino (che prima di fatto non esistevano), e la Sardegna non è stata più interessata da attività tettonica significative.

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, vedi il catalogo CPTI15 e il database DBMI15, dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

Per tutto quanto riguarda la componente geologica, comprese le indagini condotte in sito, si rimanda alle relazioni specialistiche allegate al progetto.

2.3 Inquadramento bio-naturalistico

I tratti di alveo interessati dagli interventi, inclusi nel territorio oggetto di miglioramento fondiario già dagli anni '50, risultano colonizzati da specie tipicamente idrofile quali la *Phragmites australis* e la *Typha latifolia*.

La totale assenza di specie vegetali endemiche o protette ai sensi della vigente normativa di settore consente di effettuare le attività di manutenzione dell'alveo senza particolari precauzioni.

L'area ricade all'interno della IBA, Important Bird Areas, numero 178 "Campidano centrale", definita all'interno di Natura2000. Dalle ricerche bibliografiche effettuate, inoltre, risulta che la fauna tipica del luogo è composta da organismi quali la lucertola campestre (*Podarcis sp*) e la raganella d'acqua (*Hyla sarda*); le testimonianze raccolte segnalano la presenza del biacco (*Coluber viridiflavus*) e di specie dell'avifauna quali il cardellino (*Carduelis carduelis*), la quaglia (*Coturnix coturnix*), l'allodola (*Alauda arvensis*) e l'upupa (*Upupa epops*).

Sono inoltre diffusi mammiferi quali la volpe, la lepre sarda e il coniglio selvatico. Per alcune delle specie citate, oggetto di provvedimenti di tutela, la vegetazione dell'alveo e riparia riveste ruolo di rifugio e sito di nidificazione. Considerato che gli interventi sono limitati a tratti molto brevi localizzati in corrispondenza di due immissioni, si ritiene che questi non siano in grado di compromettere la sopravvivenza delle specie presenti, le quali potranno trovare rifugio nella zona vegetata intonsa e in quella che si ricreerà nell'alveo sistemato.

2.4 Inquadramento idrologico

Il bacino idrografico del Rio Mogoro, nell'inquadramento di riferimento regionale, appartiene alla Zona idrografica n.2 (Tirso) e, in base alla classificazione fornita dal PSFF, risulta compreso all'interno del Sub bacino n°22 "Minori fra il Fiume Tirso e il Fluminimannu di Pabillonis".

L'area valliva del bacino è stata oggetto di numerosi interventi di riassetto e bonifica idraulica già dai primi anni '20 del secolo scorso, eseguiti sia sul corso principale del Rio Mogoro che sul sistema idrografico secondario.

Gli interventi sul Rio Mogoro hanno riguardato la realizzazione della diga di laminazione “Flumina Vinco” a difesa dei territori a valle, fino ad allora soggetti ad alluvione in occasione delle piene del Mogoro. Il Rio Mogoro è stato oggetto di importanti interventi di sistemazione, fra i quali il più rilevante è costituito dalla realizzazione del “diversivo Rio Mogoro”: il corso d’acqua, che originariamente attraversava la piana compresa fra Uras e Terralba per poi sfociare nello stagno di Sassu, allo stato attuale scorre a sud di Terralba sfociando nello stagno di San Giovanni.

Nel corso dei decenni successivi vennero realizzati importanti interventi di bonifica anche nei territori circostanti mediante un sistema di idrovore della palude di Sassu, antica foce del Rio Mogoro, ed il riassetto idraulico del sistema idrografico secondario. In particolare, nel versante occidentale del Monte Arci furono realizzati due canali di guardia a difesa degli abitati di Marrubiu e Terralba: il “Canale delle acque alte” e il “Canale delle piene millenarie”.

Per il presente studio risulta particolarmente importante il Canale delle Acque Alte, una delle principali opere di protezione della valle di Terralba e Arborea a difesa delle aree oggetto della bonifica degli anni 30, che intercetta le acque provenienti dalla rete idrografica di una parte cospicua del versante sudoccidentale del Monte Arci, ricevendo le immissioni dalla parte sinistra, mentre è dotato di arginatura nella sponda destra che guarda ai territori vallivi. I corsi d’acqua che provengono dal versante intercettato dal Canale delle Acque Alte sono principalmente:

- rio Perdosu - canale Landerucci
- rio S’Acquabella
- rio Fenusu
- rii minori compresi tra i precedenti compluvi.

Il rio S’Acquabella (Corrivazione n.3) e due compluvi minori identificati come 095069_CANALE_18285 (Corrivazione n.1) e 095069_FIUME_32626 (Corrivazione n.2) sono i corsi d’acqua di maggiore interesse, assieme al Canale delle Acque Alte in cui si immettono.

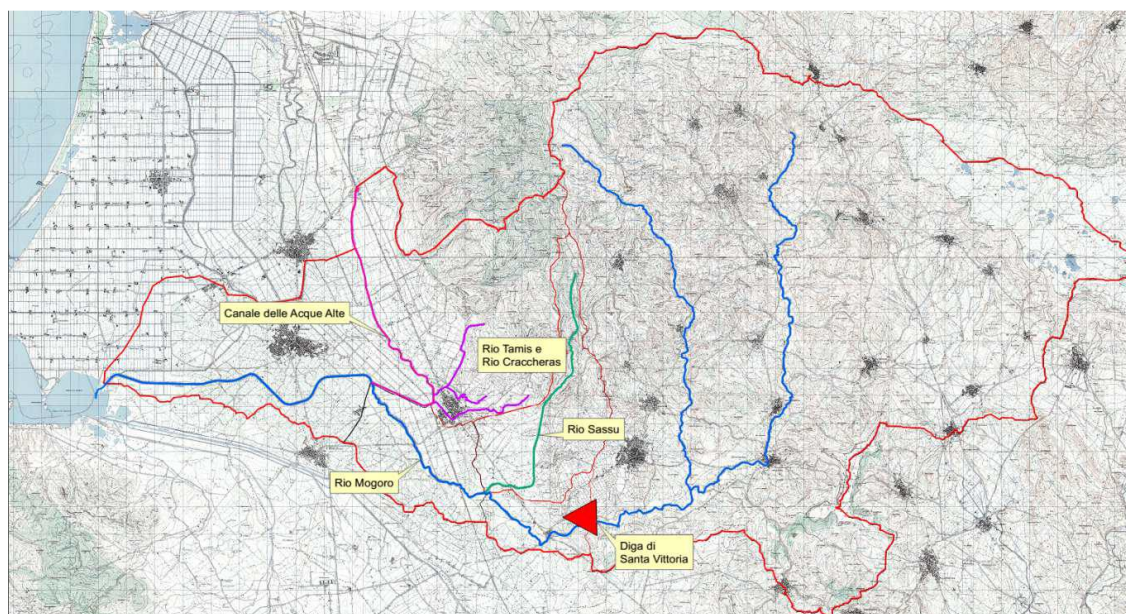


Figura 2 – Reticolo idrografico nell'area di interesse

2.5 Vincoli idrogeologici

I tre compluvi minori, di cui due oggetto di intervento si immettono all'interno del Canale delle Acque Alte, uno dei canali realizzati per raccogliere e collettare le acque provenienti dai pendii del Monte Arci. Tale corso d'acqua confluisce a sua volta nel rio Mogoro, che scorre a sud ovest degli abitati di Uras e Terralba per sfociare nello stagno di San Giovanni.

La rete idrografica dell'area è molto vasta e complessa e prevede tra i corsi d'acqua più importanti il rio Mogoro e il Canale delle Acque Alte, mentre tra i rii minori il rio s'Acquabella, il rio Fenugu e il rio Perdosu.

Gli strumenti di pianificazione di natura idraulica sono riconducibili fondamentalmente ai seguenti:

- Piano di Assetto Idrogeologico, PAI;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, PSFF;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, PGRA;
- Ex art.8 delle Norme di Attuazione del PAI (assente nel caso di specie);
- Altri (Ciclone Cleopatra, Scenari di intervento, etc).

2.5.1 Piano di Assetto Idrogeologico

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna è redatto ai sensi della legge n. 183 del 18.5.1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Per quanto riguarda l'area di studio, i primi studi del PAI hanno interessato esclusivamente una parte dei compluvi presenti sul versante occidentale e nord-occidentale del Monte Arci (Riu Cannas, Riu Craccheras e Riu Tamis) che confluiscono nel Canale delle Acque Alte, limitatamente alle sezioni sottese all'altezza della S.S. 131. Per tutti i compluvi studiati è stata delimitata una fascia di pericolosità idraulica Hi4.

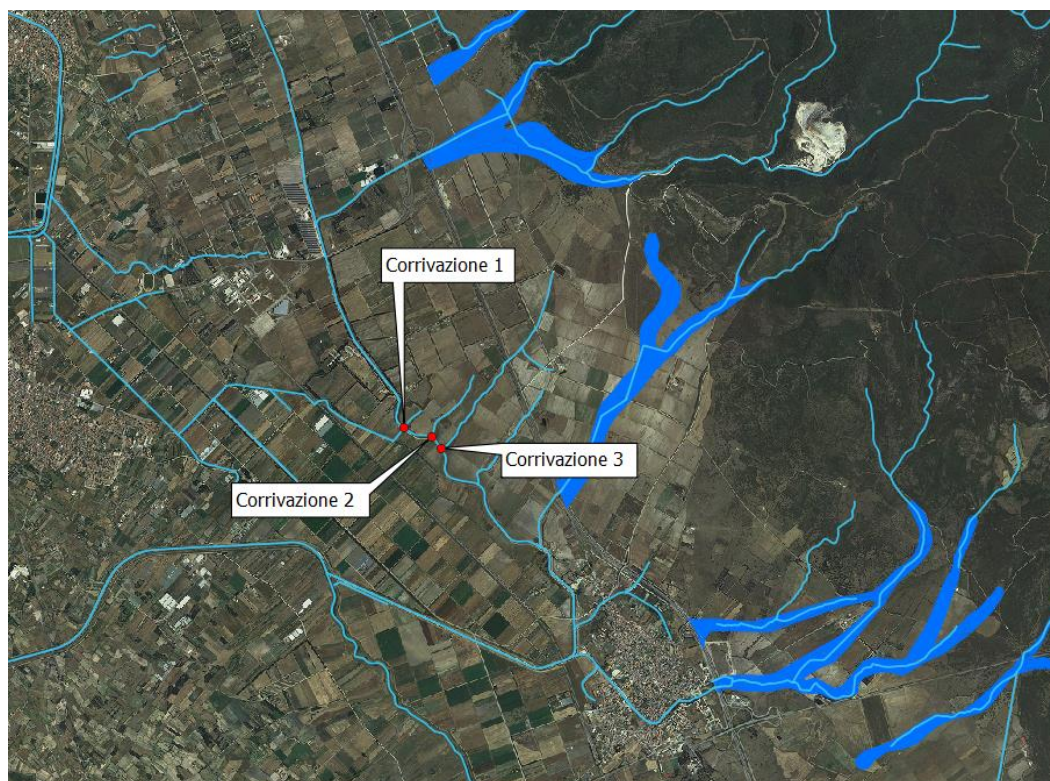


Figura 3 - Perimetrazione P.A.I. su base ortofoto con indicazioni dei punti a maggiore criticità

2.5.2 Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge n. 183 del 19 maggio 1989. Il PSFF ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Esso costituisce un approfondimento e un'integrazione al Piano di Assetto Idrogeologico poiché è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali che permette, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il raggiungimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Il Piano nella sua versione finale è stato adottato con Delibera n.1 del 20.06.2013. L'approccio metodologico impiegato per la delimitazione delle Fasce Fluviali segue le Linee Guida per la Redazione del PSFF e individua cinque fasce:

- Fascia A_2 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 2 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, individua l'alveo a sponde piene del corpo idrico, definito solitamente da nette scarpate che limitano l'ambito fluviale;
- Fascia A_50 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 50 anni, individuata in base all'analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell'evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- Fascia B_100 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 100 anni, individuata in base all'analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell'evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- Fascia B_200 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 200 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata;
- Fascia C o area di inondazione per piena catastrofica, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, rappresenta l'involuppo esterno della fascia C geomorfologica (involuppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale integrate con la rappresentazione altimetrica del territorio e gli effetti delle opere idrauliche e delle infrastrutture interferenti) e dell'area inondabile per l'evento con tempo di ritorno 500 anni (limite delle aree

in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici di piena). Per i tratti arginati, i limiti delle fasce fluviali per gli eventi che comportano la tracimazione sono stati tracciati con riferimento ai livelli idrici derivanti dallo schema di calcolo idraulico che considera l'assenza della funzione di ritenuta dell'argine e la sezione di deflusso estesa all'intera area inondabile. Sui corsi d'acqua secondari è stata definita la fascia C o area d'inondazione per piena catastrofica che, tracciata con criteri geomorfologici, rappresenta la regione fluviale potenzialmente oggetto d'inondazione nel corso delle piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità.

Lo studio del PSFF ha interessato il Rio Mogoro nel tratto compreso fra la confluenza con il Mannu e la foce, ma non il Canale delle Acque Alte per cui l'esondazione che si osserva in prossimità delle corrivazioni (fascia C ovvero Hi1) è legata al primo.

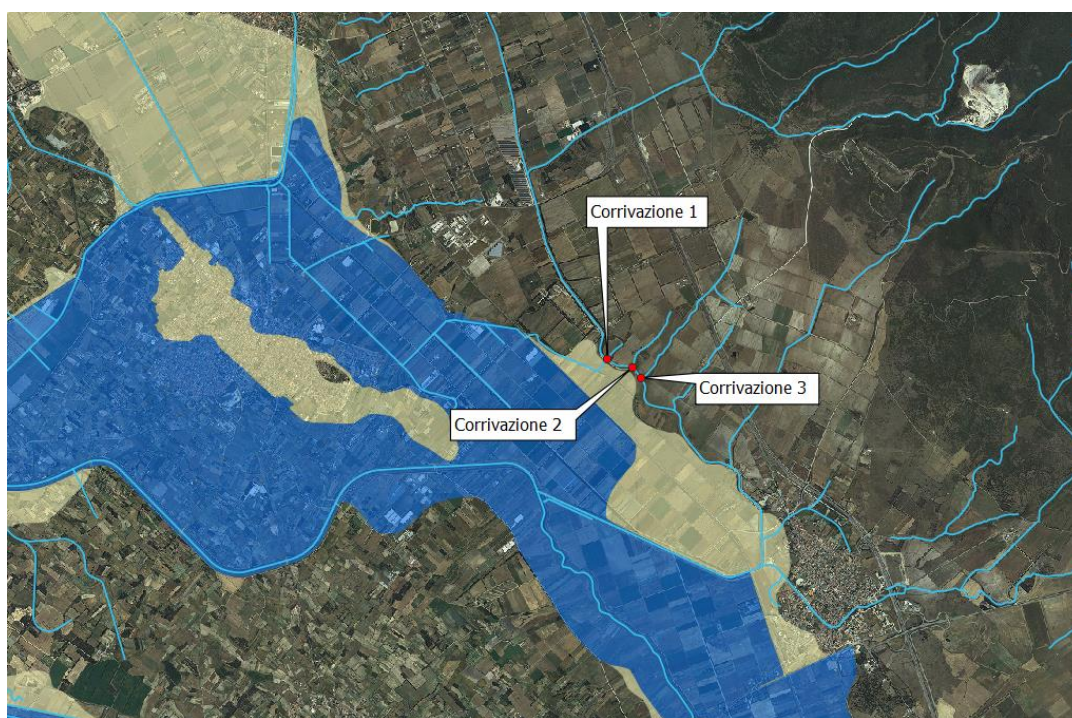


Figura 4 - Perimetrazione P.S.F.F. su base ortofoto

2.5.3 Ciclone Cleopatra

L'evento alluvionale del novembre 2013 noto come Ciclone Cleopatra ha colpito, anche con gravi conseguenze di vite umane, l'intero territorio regionale, tra cui il comune di Uras.

Con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n.2 del 29.07.2014 sono state approvate le aree di perimetrazione del comune di Uras su cui vengono contestualmente applicate le misure di salvaguardia di cui agli artt. 4, 8, 23, 24 e 27 delle Norme di Attuazione del PAI

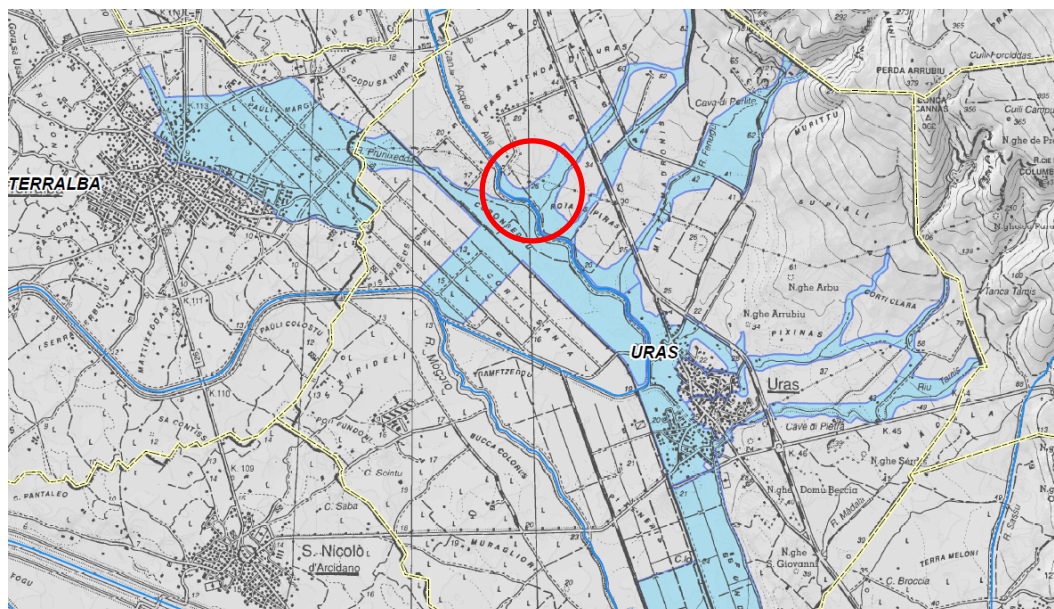


Figura 5 – Aree allagate dal Ciclone Cleopatra (estratto da tavola allegata alla Delibera del C.I. dell'Autorità di Bacino n.2 del 29.07.2014)

Come si può osservare in figura 5, l'area di intervento ricade all'interno delle aree colpite dall'evento alluvionale, il quale del resto è il motivo per cui si redige il presente progetto.

2.5.4 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni è redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo decreto di recepimento nazionale, D.Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 "Attuazione della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni".

Il Piano coinvolge tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni con riferimento alla realizzazione di opere infrastrutturali di mitigazione del rischio, ma anche con riferimento alle misure non strutturali finalizzate alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi degli eventi alluvionali; tali misure sono predisposte in considerazione delle specifiche caratteristiche del sottobacino di riferimento. Il PGRA individua, quindi, strumenti operativi e di governance (quali linee guida, buone pratiche, accordi istituzionali, modalità di coinvolgimento

attivo della popolazione) finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, al fine di ridurre quanto più possibile le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali.

Ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010, le mappe di pericolosità e rischio di alluvioni contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo diversi tempi di ritorno.

Nella figura 6 sono riportate le aree a pericolosità idraulica individuate nel P.G.R.A., risultato dell'involuppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti, di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, delle elaborazioni realizzate nel PSFF, nonché della mappatura delle aree alluvionate nell'evento del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", aggiornate alla data del 31.12.2016.

Le maggiori differenze rispetto alla pianificazione precedente sono invece presenti nei pressi degli abitati di Uras e Terralba. In particolare, nell'abitato di Uras vengono recepite le pericolosità relative all'evento "Cleopatra", mentre nel territorio comunale di Terralba le pericolosità sono state integrate con i risultati delle simulazioni effettuate nell'ambito del PGRA con la modellazione idraulica monodimensionale che ha utilizzato il modello digitale del terreno con maglia di 1 metro.

Come da figura 6, si può notare come le zone di intervento ricadano nella fascia di pericolosità idraulica elevata P3, corrispondente ad un tempo di ritorno inferiore a 50 anni.

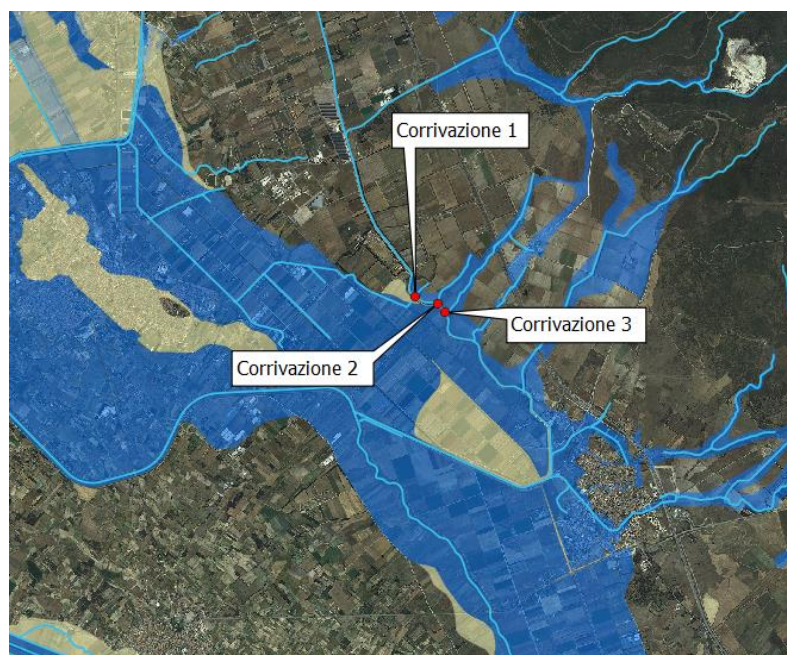


Figura 6 - Perimetrazione P.G.R.A. su base ortofoto

2.5.5 Aggiornamento Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Con delibera del Comitato Istituzionale n.7 del 07.04.2021 sono state approvate in attuazione delle previsioni dell'art. 8 comma 5 septies le "Linee Guida per la redazione degli studi comunali dei bacini urbani e periurbani interessati da elementi del reticolo idrografico regionale" redatte dall'Università degli studi di Cagliari e relativi annessi, costituenti parte integrante e sostanziale alle suddette Linee Guida.

L'annesso 2 è relativo alla parte valliva dell'asta fluviale del rio Mogoro e studia anche il Canale delle Acque Alte nel tratto terminale, a partire proprio dal punto di immissione del primo compluvio minore oggetto di intervento.

Con questo aggiornamento è stata condotta una modellazione bidimensionale con la quale si sono definiti i battenti idrici massimi e la velocità massima della corrente. A partire da queste informazioni è stata definita la mappatura relativa all'indice di vulnerabilità V_p che lega l'altezza, la velocità dell'acqua e la quantità di sedimento trasportato al grado di pericolo per le persone.

I due compluvi minori oggetto di intervento ricadono nelle aree con $V_p > 0,75$.

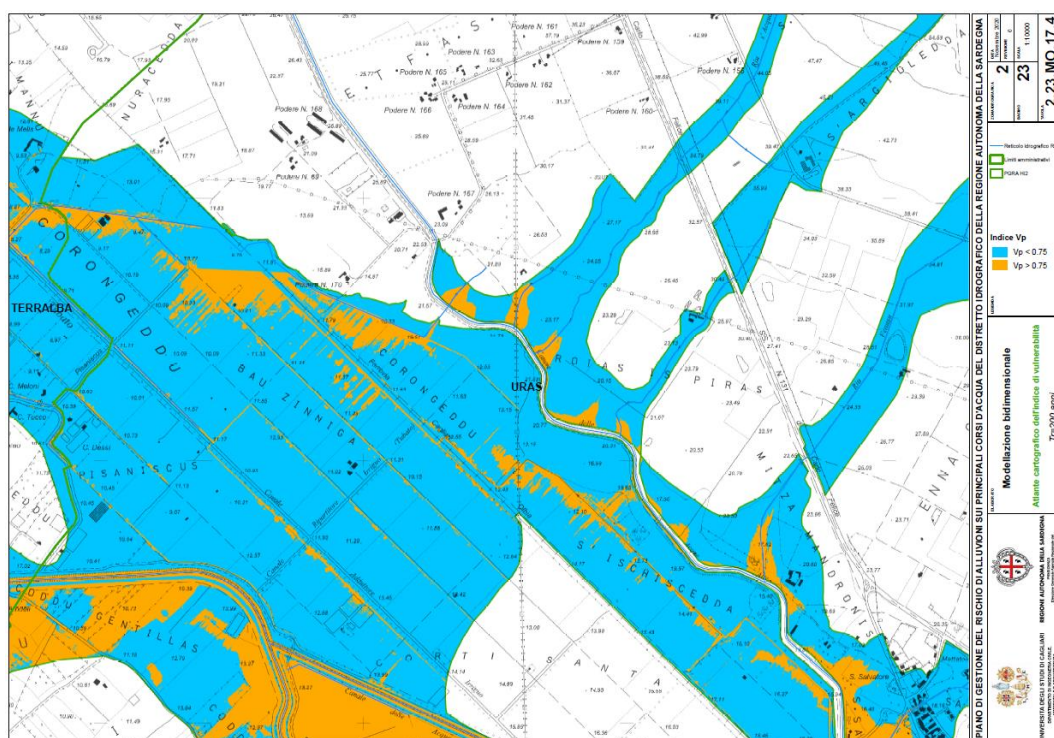


Figura 7 – Mappa dell'indice di vulnerabilità nell'area di interesse per $Tr=200$ anni

2.6 Verifica dell'interesse archeologico

Nel corso degli anni, le grandi trasformazioni del territorio hanno inciso pesantemente nel paesaggio circostante l'area di intervento e lo hanno certamente sconvolto. Diventa quindi difficile ipotizzare nei punti che saranno interessati dal riordino delle tre corrivazioni la possibilità di intercettare una presenza antropica antica costituita da strutture abitative e/o necropoli e/o insediamenti produttivi o militari. Piuttosto potrebbe essere possibile rilevare una presenza di materiali provenienti da precedenti dispersioni o abbandoni.

Tali possibili presenze di materiali potrebbero essere giustificate dalla probabile presenza di una qualche presenza insediativa funzionale allo sfruttamento e al controllo delle pianure circostanti. Per questi motivi si può definire un rischio di impatto archeologico basso e si ritiene che una semplice sorveglianza archeologica, posta in essere durante i modesti interventi di scasso degli argini e parziale scavo per la costruzione delle nuove corrivazioni, possa essere sufficiente per scongiurare eventuali dispersioni di materiali, e quindi di dati archeologici utili alla ricostruzione storica della frequentazione in chiave diacronica di quel territorio.

Si rimanda alla relazione archeologica per maggiori informazioni in merito.

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

Durante l'evento del 18 novembre, si è constatato come l'apporto idrico da tali compluvi sia stato particolarmente elevato e causa di situazioni di pericolosità anche per il Canale delle Acque Alte le cui sezioni idrauliche si sono dimostrate insufficienti per accogliere questi apporti.

Dopo il verificarsi del sormonto delle arginature del canale in alcuni punti del tracciato, gli effetti dell'esondazione sono stati riscontrati in particolare nell'abitato di Terralba, mancando ulteriori opere di difesa a guardia di quell'abitato. Da quanto è a disposizione come materiale fotografico utile alla ricostruzione dell'evento, riguardo alla funzionalità del Canale delle Acque Alte possono essere individuati 3 punti critici ove si è avuto il sormonto dell'argine di sponda destra ovvero in corrispondenza delle immissioni di notevoli portata ovvero:

- confluenza del rio Perdosu;
- confluenza del torrente "Sa Gora" di Uras;
- immissione del canale acque alte nel diversivo del rio Mogoro.

L'area di intervento ricade appena a valle della suddetta confluenza del rio Perdosu, uno dei punti più critici manifestatisi in occasione del Ciclone Cleopatra.



Figura 8 – Confluenze presenti a valle del Rio Perdosu

Nel corso dell'evento alluvionale, l'eccezionale quantità di acqua convogliata nella rete idrografica naturale e artificiale ha trascinato con sé ingenti volumi di materiale clastico nel tratto compreso tra lo svincolo della SS 131 di Terralba al km 70+000 circa e l'abitato di Uras. Tale fenomeno ha fatto sì che i manufatti di immissione della rete affluente nel Canale delle Acque Alte venissero occlusi, aggirati, danneggiati e in taluni casi demoliti.

Per effetto di quanto sopra, l'efficienza delle immissioni è fortemente inficiata, soprattutto a causa del materiale solido accumulatosi.

Inoltre, l'assenza di piste di accesso all'interno del Canale rende difficili le operazioni di manutenzione e pulizia, essenziali per il corretto deflusso delle acque. A tal uopo, infatti, in occasione degli interventi in alveo si rende sempre necessario realizzare una rampa provvisoria.

4. STUDIO IDROLOGICO

4.1 Informazione territoriale

Per poter eseguire gli studi di natura idrologica e idraulica è necessario definire l'assetto e la conformazione del territorio.

A tal fine è stata utilizzata un'informazione territoriale che costituisce la sintesi delle informazioni provenienti dai rilievi eseguiti a diversa scala di dettaglio. In particolare, sono stati utilizzati:

- il DTM con passo a 1 m generato con volo LIDAR fornito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM);
- la cartografia tecnica regionale in scala 1:10.000;
- i rilievi di dettaglio dell'alveo dei corsi d'acqua con strumentazione GPS.

L'elaborazione di tali informazioni, attraverso l'impiego di comuni procedimenti di interpolazione dei dati puntuali, ha permesso di ottenere un modello digitale di elevazione del terreno (DEM), con il quale è stato ricostruito l'andamento del terreno e la morfologia dei compluvi.

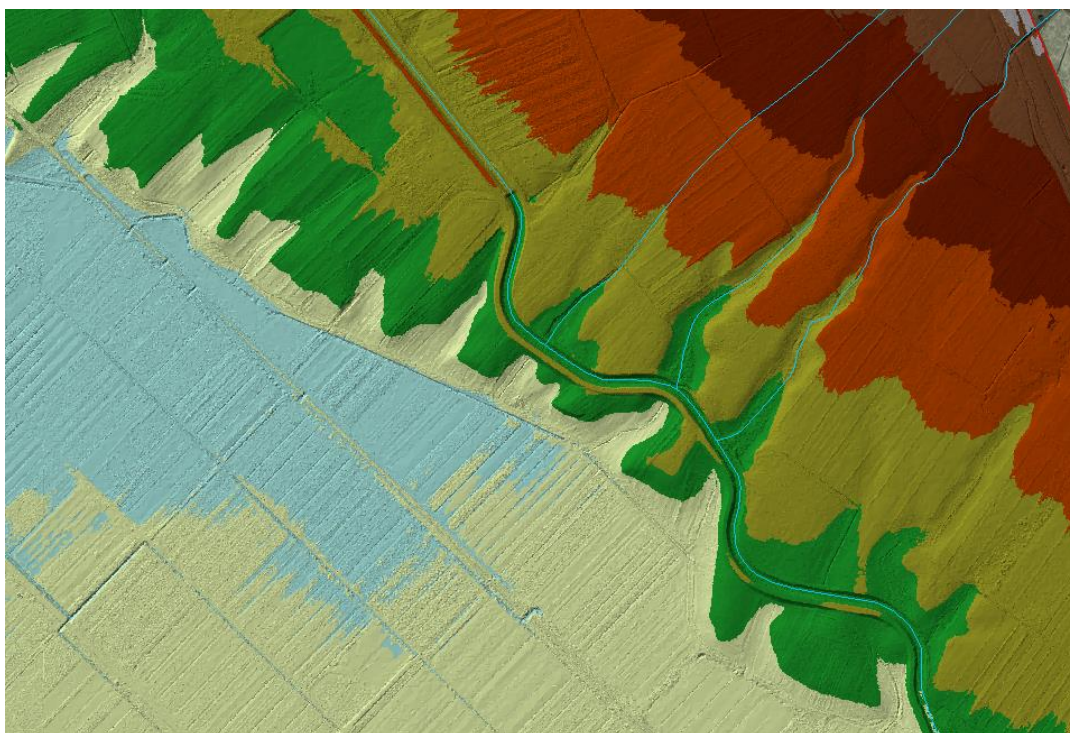


Figura 9 - TIN di informazione territoriale (elaborazione attraverso GIS). Con i diversi colori sono rappresentati intervalli discreti del valore dell'elevazione del terreno.

4.2 Definizione dei bacini idrografici

Sulla base del reticolo idrografico ottenuto dall'elaborazione dei dati cartografici descritti al punto precedente, sono stati definiti i contorni dei bacini idrografici dei compluvi oggetto di studio.

In figura 10 vengono riportati i bacini ottenuti.



Figura 10 – Definizione dei bacini sulla base del DTM

In tabella 1 sono riportate le caratteristiche geomorfologiche principali, ovvero l'area e la pendenza media dei bacini, la lunghezza delle aste fluviali, le quote massima e minima dei bacini, la quota media calcolata come media ponderata rispetto alle aree e la pendenza media dell'asta principale mediante la seguente relazione:

$$\sqrt{i_m} = \frac{L}{\sum l_k / \sqrt{i_k}}$$

Corrivazione [n°]	Area S [m²]	Pendenza media bacino i _b [%]	Asta principale L [m]	Quota max. [m.s.m.] Q _{max}	Quota min. [m.s.m.] Q _{min}	Quota media [m.s.m.] Q _m	Pendenza media asta i _m [%]
1	161216.40	3.768	1099.69	40.10	17.95	28.02	2.014
2	165132.46	5.593	975.06	39.38	17.57	28.89	2.237
3	1321923.59	3.913	2421.28	69.13	17.84	48.05	2.118

Tabella 1 – Caratteristiche morfologiche del bacino idrografico

4.3 Curve Number

Per valutare la permeabilità del suolo è stato usato il metodo del Curve Number (CN) proposto dal Soil Conservation Service. Questo consiste nell'attribuire ad ogni categoria di uso del suolo un certo valore del CN (come previsto dalle Metodologie di Analisi previste per gli "studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF)") così da determinare la capacità di accumulo del terreno, e di conseguenza di deflusso del suolo.

In primo luogo, è stata caricata su GIS la carta del Curve Number (CN), sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS, e costruita a partire dalle carte al 25'000 relative all'uso del suolo - 2008 e alla permeabilità dei substrati. Questa rappresenta l'adeguamento della carta regionale adottata nell'ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali (DGR n. 2 del 17/12/2015).

Quindi, si è proceduto all'analisi delle informazioni presenti nella Carta Geologica resa disponibile dalla RAS, al fine di ottenere fattori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN a scala regionale. Come per l'uso del suolo, è stato associato ad ogni unità geologica un fattore correttivo ΔCN da sommare al valore del CN(II) precedentemente definito, pari a 0 nel caso specifico.

Sulla base delle informazioni di cui sopra, è stata fatta una media ponderata dei CN rispetto alle aree, così da ottenere un valore caratteristico per tutti e tre i bacini. Il valore ottenuto rappresenta quello di CN relativo ad una condizione media di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione dei 5 giorni precedenti l'evento in studio, detto CN (II). Si rappresenta che utilizzando i valori definiti nella carta del Curve Number portano ad un CN(II) pari a CN(II) pari a 63. Ritenendo tale valore troppo basso, a favore di sicurezza ci si è posti in una classe del suolo C e, infine, una condizione sfavorevole di umidità, per cui si è utilizzato il CN (III):

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13 CN (II)}$$

UDS COD	UDS DESC	Area [m ²]	CN (II) C	CN(II) x Ai/A
242	Sistemi colturali e particellari complessi	11225.21	79	886791.59
1122	Fabbricati rurali	37665.04	82	3088533.28
1221	Reti stradali e spazi accessori	42580.52	98	4172890.96
2112	Prati artificiali	48768.1	86	4194056.6
2121	Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	1393449.47	80	111475957.6
3112	Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	96607.98	73	7052382.54
3222	Formazioni di ripa non arboree	48.77	70	3413.9
5122	Bacini artificiali	18061.81	98	1770057.38
			CN(II)	80.79
			CN(III)	90.63

Tabella 2 – Calcolo del CN(III)

Noto il valore del Curve Number si può calcolare lo Storage S, ossia il volume di acqua che il terreno è in grado di immagazzinare al proprio interno, e l'Initial Abstraction I_a , ovvero la quota parte di acqua persa per intercezione:

$$S = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}} = 26,26 \quad I_a = 0.2 S = 5,25$$

4.4 Tempo di corrivazione

Per poter determinare le altezze di precipitazione è necessario fissare una durata di precipitazione critica. Tale valore può essere posto pari al tempo di corrivazione sotto le seguenti ipotesi semplificative:

- una generica goccia d'acqua che cade in un generico punto del bacino, segue sempre e comunque una traiettoria del tutto autonoma, fino a quando non confluisce nella sezione

terminale; contribuisce alla portata di deflusso insieme alle altre generiche gocce d'acqua mediante il principio di sovrapposizione degli effetti;

- ogni particella viaggia con velocità propria del tutto indipendente dal moto delle altre particelle liquide, come se fosse l'unica particella presente nel bacino;
- le precipitazioni di carattere piovoso sono costanti nelle due dimensioni tempo e spazio.

Note le grandezze geomorfologiche del bacino e le caratteristiche dell'asta fluviale, si devono calcolare i tempi di corrivazione. Per il calcolo del tempo di corrivazione esistono numerose formule in letteratura:

- Ventura: $t_c = 0.1272 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{0.5}$
- Pezzoli: $t_c = 0.055 \frac{L}{i_m^{0.5}}$
- Viparelli: $t_c = \frac{L}{v}$
- VAPI: $t_c = 0.212 A^{0.231} \left(\frac{h_m}{i_m} \right)^{0.289}$
- Puglisi: $t_c = 6 \frac{L^{2/3}}{(h_{\max} - h_{\min})^{1/3}}$
- Tournon: $t_c = 0.396 * \frac{L}{i_m^{0.5}} \left(\frac{A}{L^2} * \sqrt{\frac{i_m}{i_b}} \right)^{0.72}$
- Giandotti: $t_c = \frac{4A^{0.5} + 1.5L}{0.8(h_m - h_{\min})^{0.5}}$
- Pasini: $t_c = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{i_m^{0.5}}$
- SCS: $t_c = 0.00227 L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} i_b^{-0.5}$
- Kirpich $t_c = 0.000325 \frac{L_a^{0.77}}{i_b^{0.385}}$

Dove:

- A è l'area del bacino in km²;
- L è la lunghezza dell'asta principale in km;
- i_m è la pendenza del corso d'acqua m/m;
- v è la velocità con cui scorre la goccia d'acqua (1 m/s);
- i_b è la pendenza del bacino in %;
- h_m , $h_{\max}$ e $h_{\min}$ rappresentano rispettivamente la quota media, massima e minima;
- CN è il Curve Number associato al bacino.

Di seguito si consegna una rapida descrizione delle caratteristiche dei campioni di bacini osservati per la determinazione delle formule di calcolo.

- Ventura: il campo di impiego riguarda principalmente bacini pianeggianti di modeste dimensioni;
- Pezzoli: l'analisi ha riguardato un campione di piccoli bacini ricadenti nel territorio del Piemonte;
- Viparelli: il principio alla base è quello di considerare le isocorrive coincidenti con le isoipse e conseguentemente ammettere che la distanza percorsa dalla goccia sia sostanzialmente legata alla differenza di quota tra i punti del bacino e la quota della sezione di chiusura. L'ipotesi di base è tanto più vera quanto maggiore è la circolarità del bacino esaminato;
- VAPI: come specificato nelle Linee Guida del PSFF il metodo non va bene per bacini con area minore di 50 km²;
- Puglisi: è stato determinato dall'esame di bacini appenninici con superfici tra i 43 e i 94 Km²;
- Tournon: il campione osservato, e conseguentemente il campo di applicazione riguarda bacini con estensioni comprese tra 30 e 170 e Km²;
- Metodo di Giandotti: è indicato per bacini collinari con estensione maggiore ai 170 Km²;
- Metodo di Pasini: il metodo è applicato su bacini di pianura delle dimensioni di qualche km²;
- Metodo SCS: si basa sulla determinazione del curve number;
- Metodo di Kirpich: la formula è stata sviluppata per piccoli bacini pianeggianti di estensione inferiore ai 10 km² in Tennessee e Pennsylvania.

Da quanto appena detto si sono scartate le formule VAPI, Puglisi, Tournon, Kirpich e Giandotti, e si è scelta tra le rimanenti quella di Viparelli.

Bacino	Metodo	Ventura	Pezzoli	Viparelli*	VAPI	Puglisi	Tournon	Giandotti	Pasini	SCS	Kirpich	Adottato
C_01	t _c [h]	0.36	0.43	0.31	1.13	2.28	0.57	1.28	0.43	0.52	0.25	0.31
C_02	t _c [h]	0.35	0.36	0.27	1.11	2.11	0.53	1.15	0.39	0.39	0.20	0.27
C_03	t _c [h]	1.00	0.91	0.67	2.11	2.91	1.81	1.87	1.09	0.96	0.46	0.67

Tabella 3 - Calcolo del tempo di corrivazione

4.5 Analisi pluviometrica

Il calcolo delle altezze di precipitazione è stato eseguito mediante le Curve di Possibilità Pluviometrica estratte dalla distribuzione TCEV regionalizzata di Deidda e Piga. Tale metodo prevede la suddivisione della Sardegna in 3 sottozone omogenee (SZO) e nell'individuazione nella figura 11 della cosiddetta pioggia indice giornaliera H_g , ovvero la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera, in funzione della posizione del sito in esame.

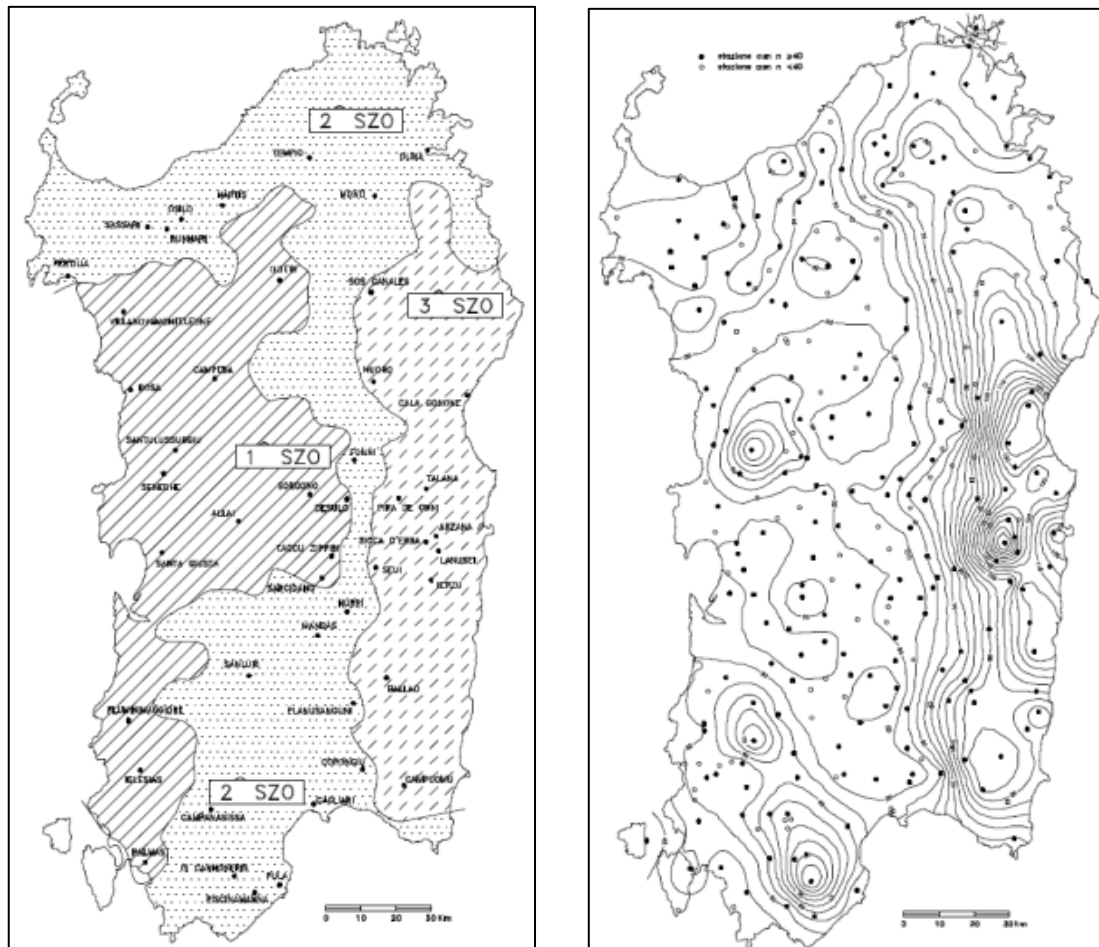


Figura 11 – Suddivisione della Sardegna in SottoZone Omogenee (a sinistra) e Carta della pioggia indice giornaliera (a destra)

A partire da questi parametri, dalla durata della precipitazione e dai tempi di ritorno di interesse (50, 100, 200, 500 anni), si possono calcolare le altezze di precipitazione lorde di progetto mediante le seguenti relazioni:

$$h_{Tr}(t) = H_m(t_p) * at_p^n$$

nella quale:

$$H_m(t_p) = 1.1287 H_g(t_p/24)^{-0.493+0.476*\log(H_g)}$$

con H_g dipendente dalla posizione geografica del bacino, mentre i parametri a ed n dipendono dalla sottozona SZO di appartenenza.

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376 * \text{Log}(\text{Tr})$$

$$n = -0.18488 + 0.22960 * \text{Log}(\text{Tr}) - 0.033216 * (\text{Log}(\text{Tr}))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.01469 - 0.0078505 * \text{Log}(\text{Tr}) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089 * \text{Log}(\text{Tr})$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 * \text{Log}(\text{Tr}) - 0.0336305 * (\text{Log}(\text{Tr}))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 * \text{Log}(\text{Tr}) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441 * \text{Log}(\text{Tr})$$

$$n = -0.1906 + 0.264438 * \text{Log}(\text{Tr}) - 0.038969 * (\text{Log}(\text{Tr}))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = 0.014929 + 0.0071973 * \text{Log}(\text{Tr}) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

Tabella 4 - Calcolo dei parametri a e n

I bacini di interesse appartengono alla SZO 2, con una pioggia indice H_g di 45 mm.

Il valore del curve number calcolato in precedenza permette di fare delle valutazioni relativamente alle perdite delle precipitazioni dovute ad infiltrazione e intercezione, Infatti il parametro CN è un numero adimensionale che varia tra 0, alta permeabilità, e 100, corpi idrici e suoli completamente impermeabili.

Per calcolare la precipitazione netta che effettivamente contribuisce al deflusso superficiale si utilizza la seguente relazione

$$P_N = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove P è la precipitazione cumulata e P_N rappresenta la pioggia netta cumulata.

t_c	0.31	ore		
$H_m(t_c)$	14.08			
T_r	50	100	200	500
a	2.288	2.616	2.944	3.377
n	0.138	0.175	0.207	0.239
$h_{Tr}(t_c)$ [mm]	27.83	30.58	33.28	36.90
P_N [mm]	10.43	12.43	14.47	17.30

Tabella 5 - Calcolo degli afflussi meteorici per la corrivazione n.1

t_c	0.27	ore		
$H_m(t_c)$	13.59			
T_r	50	100	200	500
a	2.288	2.616	2.944	3.377
n	0.138	0.175	0.207	0.239
$h_{Tr}(t_c)$ [mm]	26.86	29.51	32.13	35.62
P_N [mm]	9.75	11.65	13.59	16.29

Tabella 6 - Calcolo degli afflussi meteorici per la corrivazione n.2

t_c	0.67	ore		
$H_m(t_c)$	17.76			
T_r	50	100	200	500
a	2.288	2.616	2.944	3.377
n	0.138	0.175	0.207	0.239
$h_{Tr}(t_c)$ [mm]	35.09	38.56	41.97	46.54
P_N [mm]	15.87	18.62	21.41	25.23

Tabella 7 - Calcolo degli afflussi meteorici per la corrivazione n.3

4.6 Definizione delle portate

La stima degli idrogrammi di piena e delle relative portate al colmo è ottenuta, come indicato nelle Linee Guida del PAI, attraverso l'applicazione della metodologia indiretta, ossia della trasformazione tra afflussi meteorici e deflussi idrologici.

La portata al colmo può essere calcolata con la formula razionale secondo cui:

$$Q_{Tr} = r \frac{\varphi h_{Tr} S}{t_c} = r \frac{P_N S}{t_c}$$

dove si è indicato con:

- φ il coefficiente di afflusso pari al rapporto tra la precipitazione netta e quella lorda;
- r il coefficiente di ragguaglio areale posto pari a 1 viste le piccole dimensioni dei bacini;
- h_{Tr} l'altezza di precipitazione lorda;
- P_N è l'altezza di precipitazione netta;
- S la superficie del bacino contribuente;
- t_c il tempo di corrivazione.

I parametri calcolati nei paragrafi precedenti consentono la valutazione della portata di piena:

Corrivazione	Tr [anni]	50	100	200	500
n.1	Q_{Tr} [m ³ /s]	1.53	1.82	2.12	2.54
n.2	Q_{Tr} [m ³ /s]	1.65	1.97	2.30	2.76
n.3	Q_{Tr} [m ³ /s]	8.67	10.17	11.69	13.78

Tabella 8 - Valori delle portate di progetto per i diversi tempi di ritorno

4.7 Canale delle Acque Alte

Con delibera del Comitato Istituzionale n.7 del 07.04.2021 (pubblicata sul B.U.R.A.S. n.25 del 22.04.2021) sono stati approvati le “Linee guida, ai sensi del comma 5 septies dell’art. 8 delle Norme di Attuazione del PAI, per l’analisi modellistica idraulica dei fenomeni di allagamento nei bacini riguardanti ambiti urbani e periurbani interessati da elementi del reticolo idrografico regionale” e i relativi allegati.

In particolare, l’allegato 2 contiene lo studio del rio Mogoro e di alcune aste secondarie affluenti, tra cui il Canale delle Acque Alte. Quest’ultimo è stato studiato nel tratto terminale, proprio a partire dalla corrivazione n.01.

Sulla scorta di ciò, in merito alla definizione delle portate del Canale delle Acque Alte, non son stati condotti particolari studi ed indagini, limitandosi a far proprie le considerazioni idrologiche del suddetto studio. Le portate utilizzate nel seguente studio sono quelle relative alle portate al colmo dell’idrogramma di piena determinate nell’ambito della “Modellazione 2D degli ambiti fluviali vallivi

del Rio Mogoro” sviluppata nell'ambito dell' Accordo di collaborazione tra l'Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna e il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari finalizzato alla predisposizione del Piano di Gestione del Rischio alluvioni sui principali corsi d'acqua del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna , ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE in data 23.10.2007 e dell'art. 7 del Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49”.

Tr [anni]	50	100	200	500
Q _{Tr} [m³/s]	93.2	115.9	139.4	165.26

Tabella 9 – Portate estratte da “Modellazione 2D degli ambiti fluviali vallivi del Rio Mogoro”

5. ANALISI IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE

5.1 Codice di calcolo di HEC-RAS

HEC-RAS è un codice sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua sia in regime di moto permanente che in regime di moto vario mediante l'equazione del flusso monodimensionale.

Per l'analisi del moto HEC-RAS impone di fissare la portata su ogni ramo della rete e di definire per ognuno di essi le condizioni al contorno di monte (indispensabile per il profilo coniugato di corrente veloce) e di valle (indispensabile per il profilo coniugato di corrente lenta). Il programma permette di dedurre il solo profilo coniugato di corrente lenta, il solo regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto utilizzando e raccordando entrambi i profili coniugati (metodo utilizzato nella modellazione). Le condizioni al contorno sono sinteticamente riconducibili a due tipi: altezza nota del pelo libero (critica, di moto uniforme, nota o imposta in corrispondenza di particolari condizioni) oppure conoscenza della velocità media in sezione.

Il software prevede un tool di risoluzione ed un editor per la geometria delle sezioni molto raffinati. È infatti possibile introdurre con un notevole grado di precisione gli elementi geometrici di dettaglio quali ponti, tombinature, luci a battente, guadi, confluenze, argini, casse di espansione, salti di fondo, briglie e qualunque manufatto in genere.

HEC-RAS dispone di una funzione di interpolazione geometrica delle sezioni rilevate che risulta certamente di grande utilità, soprattutto nei tratti in cui la definizione della geometria non sia sufficientemente dettagliata, al fine di evitare che vengano valutate forti perdite di energia per bruschi cambiamenti di sezione che nella realtà potrebbero essere gradualmente e non immediati come può accadere tra due sezioni non interpolate.

5.2 Base teorica della verifica idraulica

Il moto permanente o stazionario nei corsi d'acqua è definito quando in ogni punto della massa fluida in movimento le grandezze idrauliche non variano nel tempo.

Il profilo idraulico viene determinato tra una sezione e la successiva applicando l'equazione dell'energia tra le due sezioni.

$$H_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \times V_2^2}{2 \times g} = H_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2 \times g} + h_e$$

H	tirante idrico nella sezione;
V	velocità media nella sezione;
g	accelerazione gravitazionale;
α_1	coefficiente di ponderazione delle velocità
Δh	perdita di energia tra le due sezioni esprimibile come

$$\Delta h = L \times J + C \times \left| \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2 \times g} - \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2 \times g} \right|$$

In cui L è la distanza tra le sezioni, J è la cadente idraulica ricavabile dalla formula di Chezy, C è il coefficiente di perdita per espansione o contrazione di sezione.

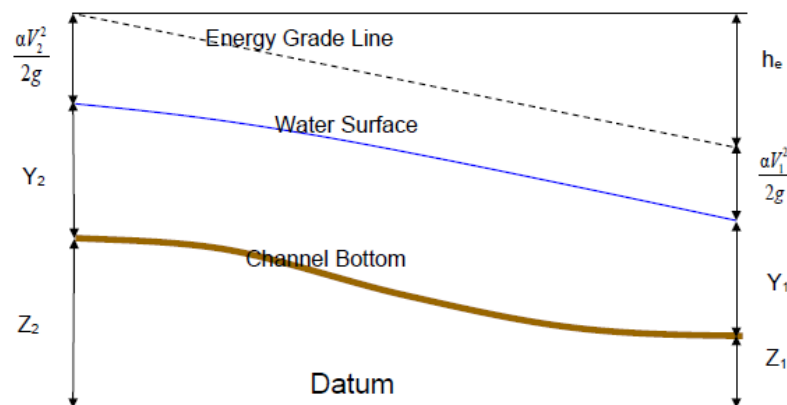


Figura 12 - Schematizzazione grafica della variazione dell'energia di una corrente idraulica

L'equazione dell'energia sopra descritta è applicabile solo per condizioni di moto gradualmente vario e non quando avvenga il passaggio da corrente lenta a veloce o viceversa allorché per esempio si abbia una significativa variazione di pendenza del fondo alveo oppure un cambio di sezione dovuto alla presenza di ponti o manufatti, salti di fondo, confluenze. Senza entrare nel dettaglio teorico ci si limita a dire che in tali situazioni occorre applicare l'equazione di conservazione della quantità di moto.

Il profilo della corrente sarà valutato considerando il moto permanente per tronchi omogenei chiusi alle sezioni di interesse. Rispetto alle reali condizioni del moto, che in generale presenta variazioni

di portata nel tempo, si avranno delle differenze; tuttavia, l'inviluppo dei massimi livelli idrici riscontrabili in un transitorio di portata variabile non sono, in generale, superiori ai livelli idrici riscontrabili in moto permanente.

5.3 Modello idraulico

Per ottenere un buon modello idraulico è necessario in prima istanza realizzare un'accurata e fedele modellazione planimetrica ed altimetrica del tratto in studio.

A tal fine è possibile utilizzare i software GIS che permettono di estrarre le geometrie dei principali elementi del modello, quali il tracciato dell'asta (River) e delle sponde (Banklines), le sezioni idrauliche (XSCutlines), i ponti (Bridges) e gli argini (Levees). Questi vengono editati dall'utente e, attraverso un comando del software, vengono collegate al DTM appositamente creato cosicché ogni punto dell'elemento abbia associata una quota. Particolare attenzione va posta nella metodologia con la quale si tracciano le sezioni, in quanto devono permettere la valutazione di tutte le apprezzabili modifiche del corso d'acqua (sia la forma dell'alveo che la direzione del corso d'acqua) e la modellazione delle opere di attraversamento che si trovano lungo il suo sviluppo longitudinale. Per questo motivo le sezioni non devono essere troppo lontane tra loro e devono essere tracciate laddove sono presenti punti singolari, quali i ponti e attraversamenti.

5.3.1 River

In accordo a quanto prescritto dalla Deliberazione dell'Autorità di Bacino della Sardegna n. 3 del 30/07/2015, l'asse principale delle aste fluviali da assumere come main channel nel modello di HEC-RAS è stato estratto a partire dalle informazioni contenute nello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp del Database Multiprecisione (DBMP - DBGT_10k_Versione 0.1 Data Base Geo Topografico 1:10.000) della RAS.

Tuttavia, ai sensi dell'articolo 2 della richiamata deliberazione, dal reticolo ufficiale sono state operate, in ambiente GIS, puntuali e lievi correzioni per tenere conto della naturale evoluzione del corso d'acqua e/o per interventi di deviazione o derivazione dello stesso.

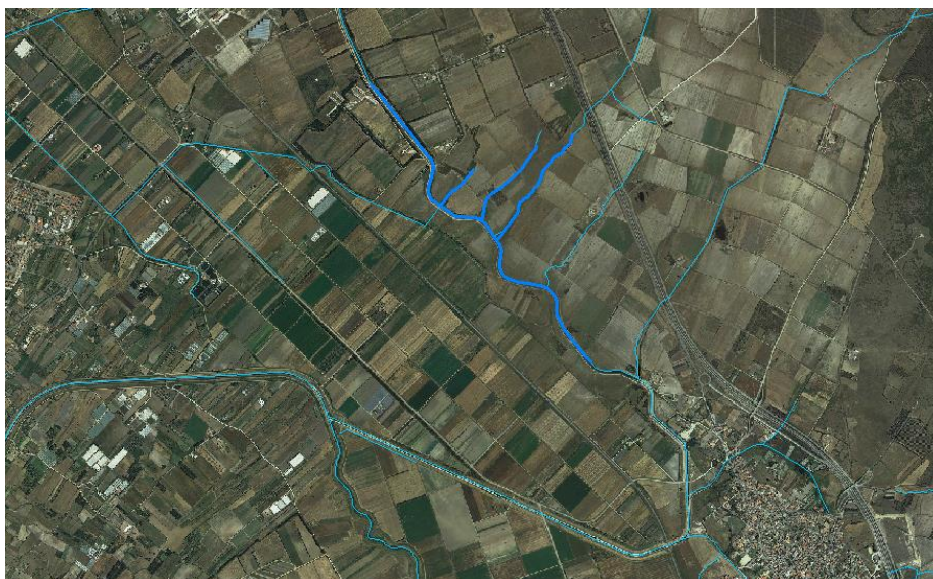


Figura 13 – Asse del river in blu scuro e reticolo idrografico come da strato informativo in ciano

5.3.2 Banklines

L'elemento che il software HEC-RAS utilizza per schematizzare il confine tra alveo di magra (alveo visibilmente inciso) e zone di espansione della corrente in caso di piena (golene), è la bankline.

Queste sono state tracciate in ambiente GIS con metodo grafico, avendo sovrapposto al DTM di precisione in formato TIN la più recente ortofoto satellitare disponibile per la Sardegna.

Nel presente modello, le banklines costituiscono inoltre il confine tra zone a differente scabrezza assegnata; pertanto, l'accuratezza del loro tracciamento è risultata quanto mai rilevante al fine di assicurare la buona riuscita dell'analisi idraulica.

5.3.3 XScutlines

Il software HEC-RAS ricostruisce la geometria del canale a partire dal tracciamento di una serie di sezioni ortogonali all'asse principale del moto, chiamate XScutlines, dalle quali estrarre l'informazione altimetrica delle superfici potenzialmente interessate dal campo di moto.

Nel dettaglio, le sezioni del presente studio sono state tracciate in ambiente GIS da sinistra verso destra idraulica ortogonalmente all'asse del river (il cui asse viene intersecato una sola volta). Successivamente sono state lievemente spostate, estese ed eventualmente curvate, in modo da evitare l'intersezione reciproca, fino al raggiungimento dei rilevati arginali o, comunque, fino al raggiungimento di quote del terreno che ragionevolmente non sarebbero state più interessate dal

campo di moto simulato (per eventuali approfondimenti sulla metodologia di tracciamento si rinvia allo User's Manual di HEC-GeoRAS – Chapter 8-12).

Nelle figure 14 e 15 si propone lo schema idraulico modellato in ambiente GIS e in HEC-RAS.

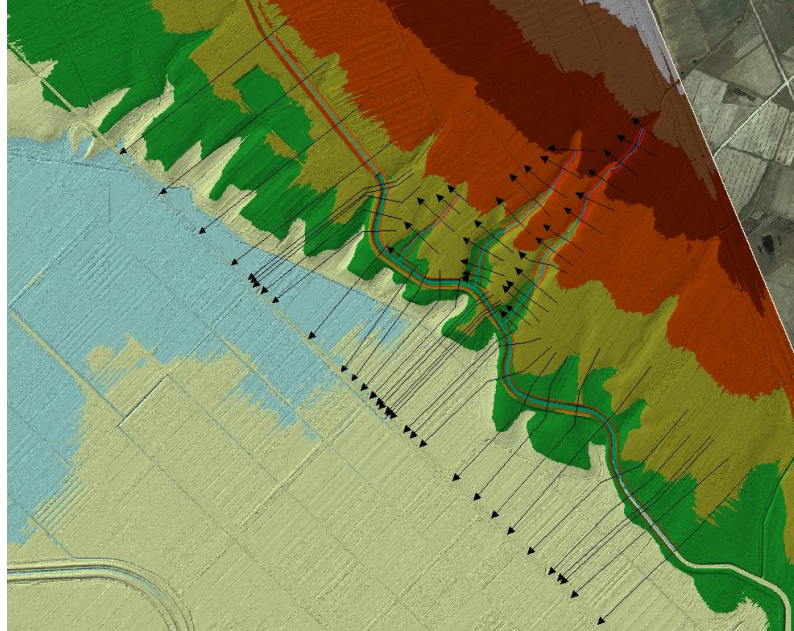


Figura 14 - Schema idraulico estratto da Gis



Figura 15 - Schema idraulico estratto da HEC-RAS

5.3.4 Bridges

La presenza dei manufatti di attraversamento idraulico lungo linea è stata modellata dal software HEC-RAS attraverso l'elemento Bridge. La schematizzazione di tali opere necessita della presenza, oltre della sezione dedicata al manufatto stesso (Bridge cutline) disposta lungo il filo del paramento di valle, di 4 sezioni trasversali opportunamente tracciate, come di seguito sinteticamente riassunto.

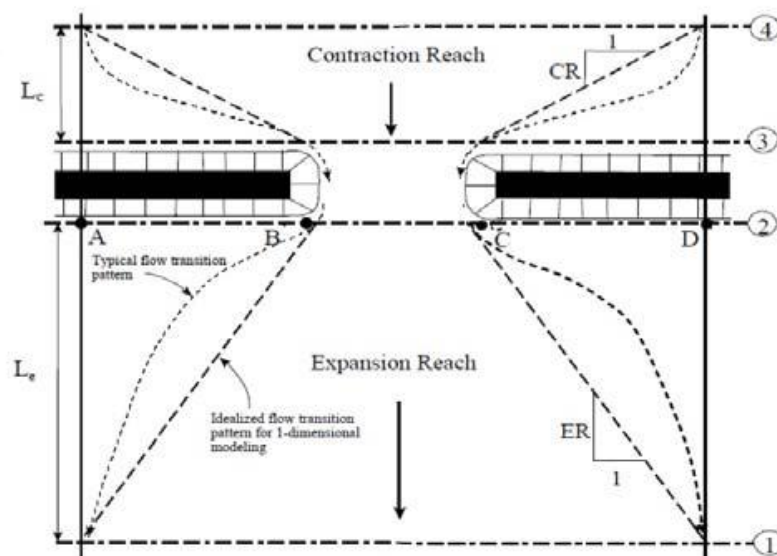


Figura 16 - Schematizzazione della modellazione di un attraversamento su HEC-RAS

- La sezione 1 è stata tracciata sufficientemente a valle della struttura in maniera tale da non risentire più dell'influenza del manufatto sulla corrente. La sua distanza dalla sezione 2, ubicata immediatamente a valle della struttura, indicata con L_e , dipende dall'angolo che l'asse dell'alveo forma con la struttura, dalla forma della contrazione, dall'energia e dalla velocità della corrente.
- La sezione 2 è stata posizionata immediatamente a valle dell'opera; quando erano presenti spalle, essa è stata ubicata in corrispondenza del piede della spalla, altrimenti è stata collocata sufficientemente a valle così da consentire espansioni della corrente dovute, per esempio, alla presenza di pile.
- La sezione 3 è stata posizionata poco più a monte della struttura; è stata ubicata esattamente prima del brusco restringimento che si realizza a monte dell'opera.

- La sezione 4 è caratteristica di una sezione a monte del ponte in cui le linee di flusso possono considerarsi parallele. Generalmente la contrazione ha luogo su distanze più ridotte dell'espansione; la sua distanza dalla sezione 3 (Lc), dipende dall'angolo e dalla forma della contrazione, dall'energia e dalla velocità della corrente.

Per il calcolo del profilo di corrente in corrispondenza delle strutture, tra le diverse opzioni offerte dal codice di calcolo, sono state selezionate le equazioni di bilancio dell'energia ed il metodo dei momenti. Per il deflusso al di sotto dell'impalcato (low flow) il programma seleziona in automatico, tra l'equazione di bilancio dell'energia ed il metodo dei momenti, la formulazione che determina la maggiore dissipazione energetica. Quando il livello della corrente raggiunge e supera l'intradosso del ponte (high flow), il programma assume la schematizzazione con deflusso in pressione e stramazzo al di sopra dell'impalcato (pressure and weir).

5.3.5 Levees

I rilevati arginali sono modellati dal software HEC-RAS con l'elemento Levee. Lungo il Canale delle Acque Alte sono presenti arginature sia in destra che in sinistra idraulica. Dette arginature, tuttavia, non hanno uguale rilevanza dal punto di vista di protezione civile: in destra idraulica sono presenti gli abitati di Terralba e San Nicolo d'Arcidano oltre a varie abitazioni ed attività economiche sparse nell'agro; in sinistra invece la pressione antropica è praticamente nulla e si registrano attività zootecniche più sporadiche.

Tale circostanza ha portato ad una quota arginale in destra idraulica più importante rispetto a quella in sinistra idraulica, sebbene a causa dell'usura, del passaggio dei veicoli, del dilavamento e dell'azione degli agenti atmosferici non è più possibile definire univocamente una differenza di quota.

5.4 Condizioni al contorno

L'avvio delle simulazioni in HEC-RAS è condizionato alla specificazione delle condizioni al contorno del moto.

Per la ricostruzione di un profilo di corrente in moto permanente è necessario imporre condizioni al contorno differenti a seconda che si tratti un regime in corrente lenta ovvero subcritica o un regime in corrente veloce ovvero supercritica. Rispettivamente, infatti, dovranno essere definite:

- una condizione a valle in caso di corrente lenta;
- una condizione a monte in caso di corrente veloce.

Tuttavia, non essendo noto a priori il regime di moto per ciascuna sezione, il software può operare le simulazioni per la determinazione dei profili di corrente partendo, indipendentemente, da monte o da valle. Ciò comporta, inevitabilmente, la necessità di specificare, nell'ambito della modellazione in HEC-RAS e per ciascun profilo di corrente da determinarsi, una condizione al contorno di monte ed una di valle.

Le “reach boundary conditions” disponibili sono diverse e vanno scelte adeguatamente al caso di studio. Nel caso specifico del Canale delle Acque Alte, il tratto modellato ha inizio in prossimità di un salto di fondo per cui è stato ipotizzato che il moto tragga inizio, per ciascun profilo di corrente da determinarsi, dal passaggio per lo stato critico (critical depth). Come condizione di valle si è imposta l'altezza di moto uniforme (normal depth) ovvero la pendenza del fondo del canale.

Relativamente alle tre corrivazioni si è scelta come condizione al contorno di monte l'altezza critica mentre come condizione di valle la relativa junction con il Canale delle Acque Alte.

5.5 Parametri di scabrezza

Il profilo della corrente è stato valutato considerando il moto permanente per tronchi omogenei chiusi alle sezioni di interesse. Rispetto alle reali condizioni del moto, che in generale presenta variazioni di portata nel tempo, esistono delle differenze di comportamento. Tuttavia, è riscontrato che l'inviluppo dei massimi livelli idrici che si verificano in un transitorio non presenta in generale valori significativamente differenti da quelli riscontrabili in moto permanente.

Detto che le perdite di carico distribuite sono valutate mediante la formula di Manning, assegnato per ciascuna porzione di sezione omogenea, la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning n (reciproco del coefficiente di Strickler k_s) risulta un aspetto fondamentale nella valutazione dell'intervento per cui si redige il presente progetto di manutenzione.

La scabrezza influenza notevolmente la corrente idrica poiché riduce la velocità del flusso e conseguentemente incrementa il tirante. A tal proposito è utile ricordare la legge di Chezy secondo cui la velocità è inversamente proporzionale al parametro di scabrezza n .

La definizione del suddetto parametro di scabrezza n , in realtà, è un aspetto molto complesso perché ha una forte variabilità spaziale e temporale. Si pensi a come la vegetazione, i sedimenti o

gli elementi antropici possano distribuirsi nel territorio in maniera casuale e come la loro disposizione possa essere drasticamente stravolta da una piena straordinaria o da eventi particolari come gli incendi. Inoltre, è altresì vero che la vegetazione è differente a seconda dell'età e del periodo dell'anno, per cui offrirà resistenze differenti al passaggio delle piene in funzione della propria condizione.

Nel caso di specie si sono scelti i seguenti valori:

- $n=0,020$ per i tratti di alveo centrale rivestiti in cls;
- $n=0,025$ per i tratti di alveo centrale non rivestiti;
- $n=0,030$ per i tratti esterni all'alveo centrale.

5.6 Scenari di studio e set di portate

In seguito alla prima modellazione idraulica condotta ci si è resi conto di come la rete idrica non sia assolutamente dimensionata per alti tempi di ritorno, né tantomeno di come le immissioni all'interno del Canale delle Acque Alte siano adeguate.

La modellazione è stata condotta riferendosi a sei tempi di ritorno, ovvero ai tempi di ritorno di 50,100,200,500,41 e 17.

I due ultimi tempi di ritorno sopracitati si riferiscono a due scenari particolari: il tempo di ritorno di 17 anni è il tempo di ritorno che annulla il franco sull'argine sinistro, nel secondo scenario invece quello che annulla il franco dell'argine destro del Canale delle Acque. Il secondo caso rappresenta una condizione certamente più gravosa in termini di pericolosità e rischio essendo l'argine in destra al Canale A.A. l'ultima barriera a protezione dei centri abitati di Uras e Terralba.

Tali tempi di ritorno sono stati calcolati andando a ricostruire la relazione che approssima meglio l'andamento delle portate di piena di riferimento fornite dagli studi già citati.

Si sono così ottenuti per i due casi descritti:

$Tr = 41$ anni (associato al sormonto dell'argine destro del Canale A.A.)

$Tr = 17$ anni (associato al sormonto dell'argine sinistro del Canale A.A.)

Si riportano di seguito i set di portate utilizzate nelle rispettive modellazioni idrauliche:

Bacino	Tr	50	100	200	500	41	17
C.A.A_01	Q _{Tr}	93.20	115.90	139.40	165.26	76.76	51.46
Corr_01	Q _{Tr}	1.53	1.82	2.12	2.54	1.45	1.08
C.A.A_02	Q _{Tr}	94.73	117.72	141.52	167.80	78.20	52.53
Corr_02	Q _{Tr}	1.65	1.97	2.30	2.76	1.56	1.16
C.A.A_03	Q _{Tr}	96.38	119.70	143.82	170.56	79.76	53.69
Corr_03	Q _{Tr}	8.67	10.17	11.69	13.78	8.24	6.31
C.A.A_04	Q _{Tr}	105.05	129.86	155.51	184.34	88.00	60.00

Tabella 10 – Set di portate – configurazione di piena

5.7 Risultati dell'analisi idraulica

Una volta terminata la definizione della geometria e delle condizioni della corrente, si può procedere con la fase di elaborazione vera e propria che permette di individuare le insufficienze delle varie sezioni, e quindi le esondazioni per ogni tempo di ritorno.

L'importazione in ambiente GIS della modellazione svolta su HEC-RAS permette di ottenere i punti "Water Surface Extents", ossia i punti della sezione coincidenti con gli estremi del pelo libero.

Risulta ancor più importante la definizione delle aree di esondazione sulla base delle quote del DTM. Infatti, è possibile generare dei poligoni luogo dei punti la cui quota geodetica sta al di sotto della quota del pelo libero calcolata su HEC-RAS.

Tr	Hi	Ante - Piena
anni	-	m ²
50	Hi4	131076.42
100	Hi3	297799.96
200	Hi2	260577.75
500	Hi1	69170.58
41	-	20055.14
17	-	90883.35

Tabella 11 – Aree cumulative delle fasce di pericolosità idraulica

Di seguito si riportano le fasce di pericolosità nella situazione ex ante.

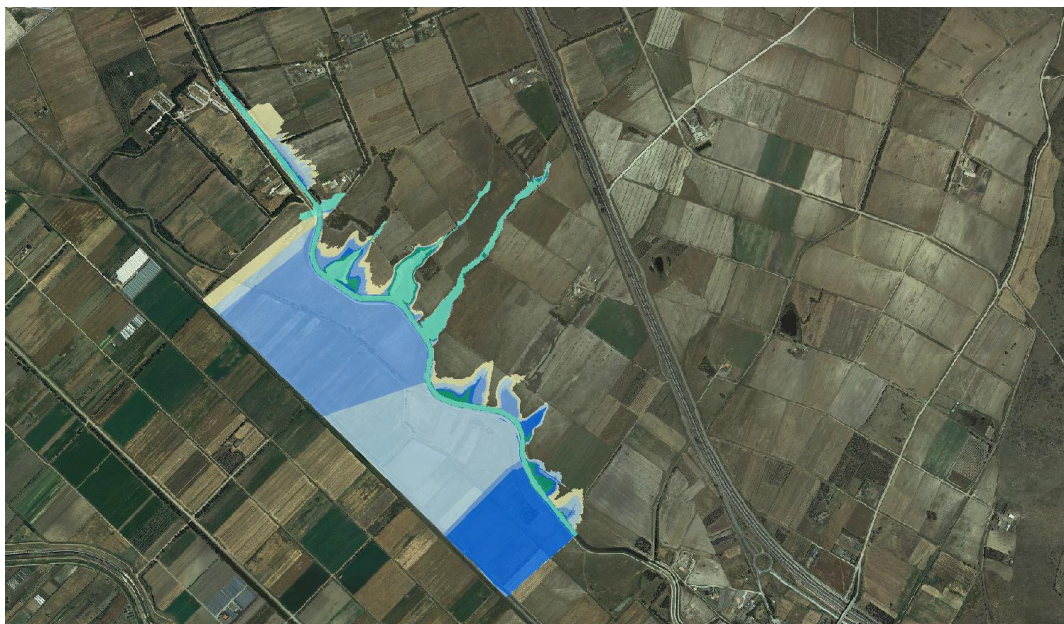


Figura 17 - Aree di esondazione nella configurazione di piena ex ante

La modellazione condotta su HEC-RAS permette di estrapolare informazioni importanti sottoforma di risultati numerici, sezioni bagnate e profili idraulici che verranno allegati alla presente relazione. Osservando i risultati appare chiaro come il Canale delle Acque Alte non sia in grado di smaltire portate con tempi di ritorno superiori ai 50 anni (per le quali già si osservano alcune criticità in prossimità dell'ultimo attraversamento studiato).

I collegamenti delle corrivazioni mediante tubolari DN700 risultano assolutamente insufficienti per una corretta gestione delle confluenze nel Canale. Se da una parte esercitano un effetto di laminazione sulle piene dei bacini contribuenti, dall'altro sono talmente piccoli da portare alla tracimazione dell'argine che essi attraversano.

Questo aspetto, messo in risalto dall'evento alluvionale del 2013, risulta molto pericoloso in quanto può portare al collasso dell'argine sinistro con tutto ciò che ne consegue.

6. INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi in progetto prevedono la ricostruzione dei manufatti di immissione nel Canale delle Acque Alte di due dei tre compluvi minori di cui alla figura 8.

La prima soluzione progettuale prevedeva una giunzione a cielo aperto mediante l'interruzione dell'argine in sinistra idraulica del Canale e realizzazione di arginature sulle sponde dei compluvi minori così da raccordarsi allo stesso argine.

Tale soluzione, in seguito alla conclusione della Conferenza di Servizi, è risultata non adatta per cui si è scelto di realizzare l'immissione mediante degli scatolari in cls attraversanti l'argine, a sua volta da ricostruire.

L'argine verrà realizzato con una struttura portante in gabbioni modulari di sezione quadrata 1m x 1m e lunghezza di 2 m, disposti come nella figura seguente ad orditura inversa così da garantire una maggiore stabilità e durabilità.

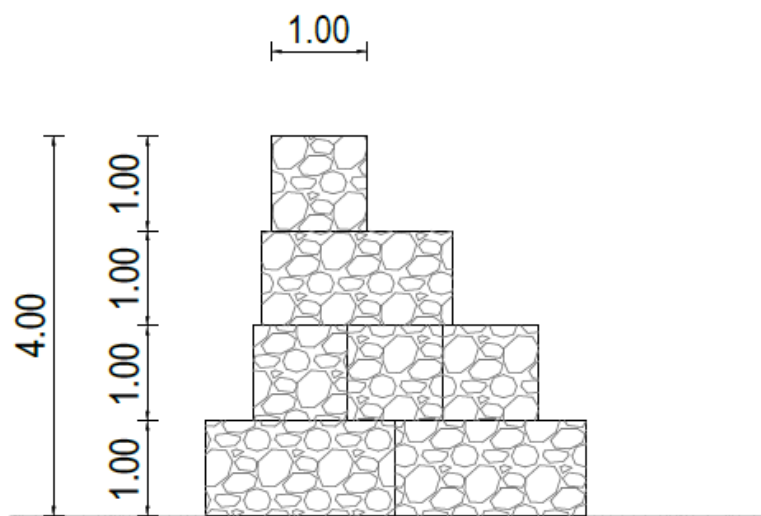


Figura 18 – Schema tipo per la posa dei gabbioni

A tergo del nuovo argine, sul lato interno del Canale delle Acque Alte, sono previste le rampe di discesa e risalita per i mezzi meccanici da realizzare in cls con un'inclinazione di 5°. Nel punto di intervento n.1 la larghezza della pista è variabile da 5,00 m in sommità a 9,48 m alla base, mentre nel punto di intervento n.3 varia da 5,00 m a 9,29 m.

Sul lato campagna dell'argine è prevista la realizzazione di un rilevato con materiale sciolto di scavo rivestito superiormente con pannelli di cls tipo blockflex così da garantire una continuità ai mezzi

che transitano sullo stradello laterale al canale. Il rilevato avrà una sponda inclinata di 29° (compluvio n.1) e 26° (compluvio n.3) e larghezza in sommità di 4,80 m.

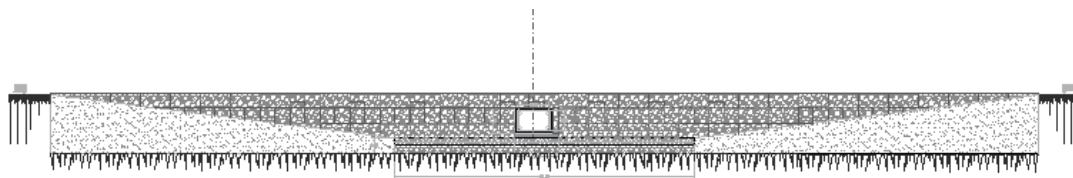


Figura 19 – Vista da valle della confluenza della corrivazione 1

Le rampe di accesso e il rilevato, oltre alla loro funzione propria, garantiscono anche una maggiore protezione alle gabbionate nei confronti dell'azione delle intemperie, degli animali e della corrente. In particolar modo proteggono l'argine nei punti critici dati dalle discontinuità tra le sponde esistenti e quanto da realizzare.

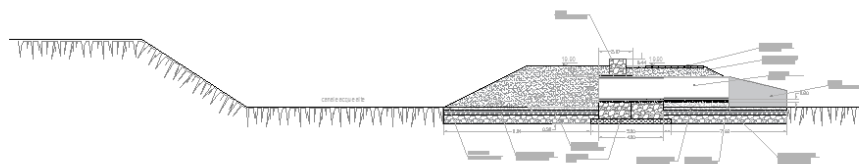


Figura 20 – Sezione lungo l'asse dello scatolare

Contestualmente, si procederà a sagomare circa gli ultimi 70 metri della corrivazione n.3 e gli ultimi 130 metri della corrivazione n.1 così da favorire l'arrivo delle acque sul rilevato arginale e l'immissione nello scatolare ma soprattutto col fine di creare una zona di laminazione naturale.

7. ANALISI IDRAULICA DELLO STATO DI PROGETTO

7.1 Modello idraulico

Il modello idraulico utilizzato per l'analisi della configurazione di progetto è il medesimo descritto al capitolo 5 della presente relazione.

Le differenze sostanziali sono legate al manufatto di immissione delle corrivazioni nel Canale delle Acque Alte che, come visto, è rappresentato da uno scatolare a sezione rettangolare in cls in luogo dei tubolari DN700 ormai ammalorati e interriti.

L'altra modifica apportata è relativa alle sezioni terminali dei corsi d'acqua minori in cui è previsto lo sbancamento e la formazione di aree di laminazione dinamica, il cui beneficio si potrebbe apprezzare maggiormente nell'ipotesi di moto vario, non utilizzata nel presente studio.

7.2 Risultati dell'analisi idraulica

Le modifiche in progetto non generano una riduzione delle fasce di pericolosità idraulica né una risoluzione definitiva delle problematiche di natura idraulica del territorio, ma certamente determinano una mitigazione del rischio idraulico.

Quanto sopra è fondamentalmente determinato dall'insufficienza della sezione idraulica del Canale delle Acque Alte, i cui volumi di piena inevitabilmente interferiscono con i corsi d'acqua minori afferenti.

I maggiori benefici si osservano nella configurazione con tempo di ritorno di 17 anni in cui il franco dell'argine in sinistra al Canale A.A. non viene più sormontato, fatto che invece si verificava nella configurazione Ante intervento. Quanto sopra risulta particolarmente evidente per entrambi i corsi d'acqua, la cui immissione allo stato attuale genera il sormonto dell'argine in sinistra del Canale, a differenza di quanto avviene nella configurazione ex post.

Si riportano di seguito le aree di perimetrazione della pericolosità idraulica nelle configurazioni di studio nello scenario di progetto.

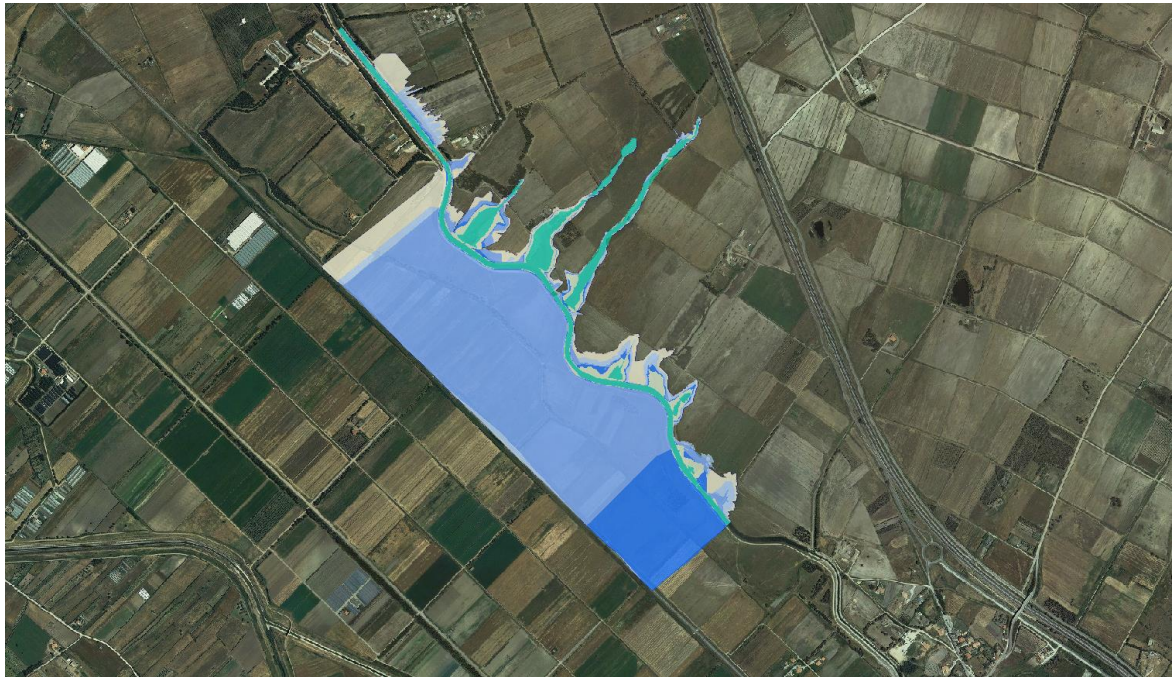


Figura 21 - Aree di esondazione nella configurazione di piena ex post

Tr	Hi	Ante - Piena
anni	-	m ²
50	Hi4	129110.48
100	Hi3	496154.67
200	Hi2	46590.70
500	Hi1	84346.95
41	-	32012.83
17	-	89570.81

Tabella 12 – Aree cumulative delle fasce di pericolosità idraulica

Come detto in precedenza, anche per lo scenario di progetto si procederà all'estrapolazione.

La modellazione condotta su HEC-RAS permette di estrapolare informazioni importanti sottoforma di risultati numerici, sezioni bagnate e profili idraulici che verranno allegati alla presente relazione.

8. CONCLUSIONI

La presente relazione aveva come obbiettivo quello di valutare gli effetti degli interventi in progetto sul territorio circostante, al fine di determinarne sia l'impatto da un punto di vista numerico sia la compatibilità alla normativa di settore.

Come si è potuto osservare dai risultati dell'analisi idraulica è evidente come quanto previsto abbia un effetto migliorativo nei confronti della gestione delle piene, in particolare per il tempo di ritorno di 17 anni. Infatti, in occasione delle sue piene è inevitabile che i compluvi minori ne risentano gli effetti determinando vaste aree di esondazione, sia in sinistra che in destra idraulica a causa dell'insufficienza idraulica dei suoi argini, ma dalla modellazione per tale tempo di ritorno risulta che l'area di esondazione sia inferiore.

Tr	Hi	Ante - Piena	Post - Piena
anni	-	m ²	m ²
50	Hi4	131076.42	129110.48
100	Hi3	297799.96	496154.67
200	Hi2	260577.75	46590.70
500	Hi1	69170.58	84346.95
41	-	20055.14	32012.83
17	-	90883.35	89570.81

Tabella 13 – Confronto delle aree di esondazione

Le Norme di Attuazione del PAI, già dalla versione del 2019, considerano ammissibili ai sensi dell'art. 21 comma 2 quater interventi che, pur dimensionati per tempi di ritorno inferiori ai 200 anni, dimostrino un significativo miglioramento della funzionalità idraulica rispetto alla situazione ante intervento.

Quanto sopra è stato ampiamente dimostrato, per cui il progetto di ritiene compatibile con il P.A.I.

Ad ulteriore conferma di ciò, si ricorda come, oltre alla sostituzione dei culvert di immissione delle corrivazioni nel Canale delle Acque Alte e alla risagomatura del tratto terminale delle corrivazioni medesime, sia prevista la formazione di un nuovo rilevato arginale protetto da un lato con i gabbioni, superiormente (dove solitamente si innesca la breccia) con elementi autobloccanti di contrasto all'erosione e nella sponda sul lato campagna dal posizionamento di materassi tipo Reno per conferire una maggiore resistenza.

Ulteriormente, verranno realizzate rampe di accesso al fondo del Canale cosicché possa essere eseguita una manutenzione dell'alveo più facile, più frequente e meno onerosa (allo stato attuale è necessario realizzare e smantellare una rampa provvisoria per i mezzi).