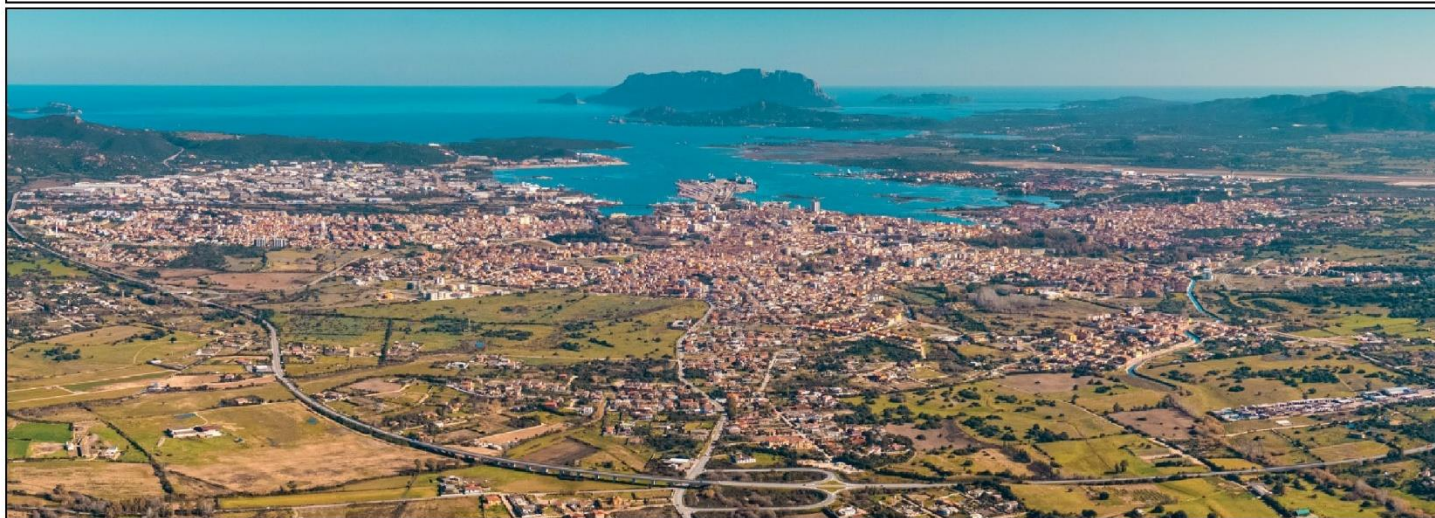




Commissario straordinario delegato per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico per la Regione Sardegna - Accordo di programma 23 dicembre 2010



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA

OLBIA E LE SUE ACQUE

Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi

MACROAREA 3 - AMBITO URBANO

PROGETTAZIONE RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

(Capogruppo mandataria)

(Mandanti)



IL SINDACO:
Settimo Nizzi

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

TITOLO Elaborati generali e specialistici

Idrologia e idraulica

Studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 del NTA PAI Sardegna

IL DIRIGENTE:
Ing. Diego Ciceri

CODICE ELABORATO

A.2.4

SCALA

-

DATA OTTOBRE 2023

NOME FILE

A.2.4_Compatibilità idraulica_00.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONI

BETA Studio s.r.l.
Ing. PAOLO MARTINI
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Padova
N.3724

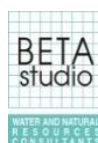
0	10.2023	Emissione	Ingg. Signore/Gennaro/Papale	Ing. P. Martini	Ing. S. Venturini
REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

I

INDICE DELLE FIGURE	II
1 INTRODUZIONE	1
2 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEI CANALI URBANI	3
2.1 Il riu Tannaule	3
2.2 Il diversivo San Nicola-Zozò	4
2.3 Tratti con aumento di portata	7
3 I RECETTORI DEGLI SCOLMATORI 1 E 2	11
3.1 Il Cabu Abbas	11
3.2 Il Padrongianus	11
4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA TRATTI TOMBATI	16
4.1 Via Giove sul riu Pasana	16
4.2 Deviatore Paule Longa – Tannaule – Seligheddu	19
5 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI	22
5.1 Attraversamenti mantenuti nello stato attuale	22
5.2 Nuovi attraversamenti	23
6 ANALISI DEI PROCESSI EROSIVI	26
7 PIANO DI MANUTENZIONE DEGLI INTERVENTI E MONITORAGGIO DELLA LORO EFFICACIA	30

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

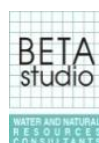


INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 - Tratto del riu Tannaule in prossimità dell'immissione sul riu Seligheddu.	4
Figura 2.2 - Ripartizione delle portate nel nodo del Diversivo San Nicola – Zozò nello stato di fatto (SDF) (portate del modello idrologico).	6
Figura 2.3 - Ripartizione delle portate nel nodo del Diversivo San Nicola – Zozò nello stato di progetto. (SDP) (portate del modello idrologico).	7
Figura 2.4 - Sezione tipologica utilizzata nel tratto di monte del riu Zozò.	8
Figura 2.5 - Sezione tipologica utilizzata nel tratto del riu Gadduresu tra i deviatori Zozò-Gadduresu e deviatore Gadduresu – Seligheddu.	8
Figura 2.6 - Sezione tipologica utilizzata nel tratto di intervento sul riu Cabu Abbas.	9
Figura 2.7 - Schema concettuale della ripartizione delle portate nei rii nella condizione di progetto con indicazione dei rii in cui si ha un aumento della portata massima e dove una diminuzione in confronto allo stato di fatto (portate da modello 1D).	10
Figura 3.1 Stralcio del profilo longitudinale del riu Cabu Abbas (elaborato 5.02.41).	11
Figura 3.2 Confronto degli idrogrammi di progetto nei vari scenari e l'idrogramma risultante da PAI 2022-2023 (rosso).	12
Figura 3.3 – Scenario di progetto. Portate della galleria scolmatrice e del Padrongianus a monte e a valle dello scarico.	13
Figura 3.4 – Confronto delle mappe di inviluppo dei massimi tiranti e dei livelli nella sezione subito a valle dello sbocco in Padrongianus.	15
Figura 4.1 - In verdi tratti tombati lungo il riu Pasana.	16
Figura 4.2 - Andamento del tirante nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.	18
Figura 4.3 - Andamento delle velocità nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.	18
Figura 4.4 - Sezione di Progetto del tratto tombato.	19
Figura 4.5 - Stralcio del tracciato planimetrico su ortofoto del deviatore Paule Longa-	

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

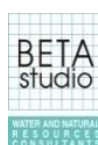
//



Tannaule – Seligheddu. In verde sono evidenziati tratti tombati. 20

Figura 4.6 - Sezione di progetto del tratto tombato sul deviatore Paule Longa- Tannaule-Seligheddu. 21

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



1 INTRODUZIONE

Il Comune di Olbia ha incaricato il Raggruppamento Temporaneo di Progettisti, di seguito RTP, costituito dalle società Technital S.p.A., Beta Studio S.r.l., Politecnica - Ingegneria ed Architettura, Società cooperativa, e Metassociati S.r.l. per lo sviluppo del progetto di fattibilità tecnica ed economica “Olbia e le sue acque – Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi”.

La presente relazione costituisce la **relazione sullo Studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 del NTA PAI Sardegna** del Progetto.

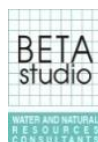
Preliminare degli interventi di mitigazione.

Il progetto preliminare è coerente con i criteri/obiettivi/finalità di cui all'**art. 27 c.1 lett.a** e all'**art. 23 comma 9**, in particolare ai punti a) b) c) d) e) f) g):

“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;*
- 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;*
- c) non compromettere la riduzione o l’eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione 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;*
- 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*

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



permeabili;

- g) salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*
- h) non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;*
- i) adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*
- 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;*
- 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;*
- 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;*
- o) garantire coerenza con i piani di protezione civile."*

Nella presente relazione, viene analizzata la compatibilità idraulica dei canali urbani mentre successivamente si analizza la compatibilità idraulica dei ponti.

Fanno da supporto alla presente relazione gli elaborati:

- A.2.1 Relazione idrologica;
- A.2.2 Relazione idraulica;
- A.2.3 Modellazione idraulica 1D;
- Il pacchetto di elaborati indicati con il codice 4.2 "Sistemazioni in ambito extra-urbano"- "Sistemazioni fluviali" che contiene planimetria, profilo e sezioni di ogni corso d'acqua in ambito extra-urbano;
- Il pacchetto di elaborati indicati con il codice 5.2 "Sistemazioni in ambito urbano"- "Sistemazioni fluviali e deviatori" che contiene planimetria, profilo e sezioni di ogni corso d'acqua in ambito urbano.

2 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEI CANALI URBANI

In Tabella 2.1 sono riportati i valori di portata di picco nelle sezioni più significative dell'area urbana. Si può notare come vi sia una diminuzione generalizzata importante delle portate entranti in città e che in generale in tutti i tratti fluviali vi sia una diminuzione della portata di picco da SDF a SDP.

Tabella 2.1 – Confronto allo stato di fatto e di progetto della portata di picco in sezioni significative dell'Area Urbana di intervento (portate del modello 1D).

TR200 Tp100 min	SDF	SDP	Variazione
	Q [m³/s]	Q [m³/s]	%
Foce del rio Paule Longa	30,5	12	circa –62%
Sbocco del rio Tannaule nel Seligheddu	~22	~2*	circa – 90%
Sbocco del rio Pasana nel Seligheddu	~24	~6	circa – 73%
Foce del rio Seligheddu a mare	395	163,1	circa – 60%
Sbocco del rio Gadduresu nel Seligheddu	~53	~14	circa – 73%
Foce del canale Zozò	81,9	39,9	circa –50%
Foce del rio San Nicola	116,9	117	-
Sbocco del rio Abba Fritta nel San Nicola	~69	~48	circa – 30%

* Il tratto finale del rio Tannaule si immette nel Deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu, tranne un ultimo tratto che funge da ramo di scolo per il quartiere vallivo oltre la ferrovia (cfr. § 2.1).

In rosso in tabella sono riportati i dati dei valori di portata al picco, alle foci. Gli altri valori, in altre sezioni significative, si vanno a sommare, nelle confluenza dei nodi considerati, agli idrogrammi dei ricettori, talora non sommando in modo algebrico i picchi di portata ma secondo una somma idrologica, che tiene conto degli sfasamenti dei picchi.

2.1 Il rio Tannaule

Per quanto riguarda il rio Tannaule, il canale viene immesso nel nuovo deviatore 3 (Paule Longa-Tannaule-Seligheddu) che convoglia le portate del rio Tannaule e del Paule Longa al rio Seligheddu. Mentre il tratto in prossimità dell'immissione sul rio Seligheddu fino a valle del ponte della ferrovia (adiacente a via Belgio, vedi Figura 2.1) viene mantenuto come nello stato attuale e le portate si riducono da circa 22 a 2 m³/s.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 2.1 - Tratto del riu Tannaule in prossimità dell'immissione sul riu Seligheddu.

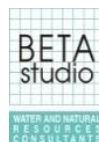
2.2 Il diversivo San Nicola-Zozò

Nello studio del riu Zozò si è assunto un differente approccio nell'analisi dello stato di fatto rispetto a quanto fatto in passato; infatti nei precedenti studi (PAI 2015 e Piano delle Opere 2018, poi bocciato) era stato assunto, in carenza di informazioni sul suo funzionamento, che il diversivo esistente tra il riu San Nicola – Zozò portasse 0 m³/s e che dunque alla foce del riu Zozò arrivassero solo circa 20 m³/s (esito delle portate provenienti dal bacino di monte e da quelle raccolte nell'interbacino del tratto di foce)

Nell'analisi dello stato di fatto condotta nel presente progetto è stato verificato che nel nodo San Nicola – Zozò le portate, per una aliquota di circa il 35 %, vanno verso il riu Zozò imboccando l'incile del diversivo, mentre il restante 65 % prosegue nel riu San Nicola. Questo significa che la portata alla foce dello Zozò, nello stato di fatto, ha un picco di circa $62+20 = 82$ m³/s (e non 20 m³/s) (Figura 2.2), essendo circa 20 m³/s la portata che arriva da monte e che viene raccolta nell'interbacino del tratto di foce dal rio Zozò.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

4



Nello stato di progetto invece, la portata che dal diversivo arriva al riu Zozò attraverso il diversivo (per effetto degli interventi di regolazione previsti in progetto presso l'incile del diversivo) è pari a $20 \text{ m}^3/\text{s}$ e dunque alla foce del riu Zozò si ha un picco di portata di circa $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 2.3).

Nelle figure che seguono vengono riportati i valori idrologici delle portate (che sono talora leggermente inferiori – a causa di differenti approcci sugli sfasamenti dei singoli idrogrammi - a quelle idrauliche, assunte a riferimento per i dimensionamenti basati su modello 1D, in assenza di allagamenti ed esondazioni) ma la sostanza dello schema idraulico non cambia: il riu san Nicola ed il canale Zozò nello stato attuale si ripartiscono in modo quasi equipartito le portate che giungono a monte del Parco Fausto Noce (pari a $186,8 = 172,9 + 13,9 \text{ m}^3/\text{s}$ = portata del riu san Nicola + portata del rio Zozò) ma il tratto di foce del riu Zozò non è assolutamente in grado di portare una portata di $81,9 \text{ m}^3/\text{s}$ che, per larga parte, il canale diversivo san Nicola – Zozò vi immette.

L'assunzione delle portate idrologiche è dovuta al fatto che un confronto delle portate con modello 1D nello stato di fatto non è possibile poiché, nello stato di fatto, le portate che giungono dal riu San Nicola e dal riu Zozò producono estesi allagamenti che un modello 1D non è in grado di simulare.



Figura 2.2 - Ripartizione delle portate nel nodo del Diversivo San Nicola – Zozò nello stato di fatto (SDF) (portate del modello idrologico).

Pertanto, nello stato di progetto, la portata che viene da monte, ridotta dagli scolmi prodotti alle opere di presa del riu san Nicola, riu Abba Fritta e deviatore Zozò – Gadduresu, pari a $115,2 + 13,5 = 128,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (portata san Nicola + portata riu Zozò) viene per la gran parte scaricata, dopo essersi sommata ai contributi di foce dei relativi interbacini, in mare lungo l'asta del riu san Nicola ($103,5 \text{ m}^3/\text{s}$) e solo in misura minore (compatibile con l'asta di foce del canale) lungo l'asta del canale Zozò ($39,9 \text{ m}^3/\text{s}$).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 2.3 - Ripartizione delle portate nel nodo del Diversivo San Nicola – Zozò nello stato di progetto. (SDP) (portate del modello idrologico).

I contributi di foce dei relativi interbacini si sommano in modo non algebrico alle portate delle aste principali e ciò spiega apparente differenza di contributi che si ha nel caso SDF e caso SDP per i tratti di foce di riu san Nicola e canale Zozò.

2.3 Tratti con aumento di portata

In sintesi, risulta che vengono aumentati i picchi di piena in alcuni tratti delimitati dei rii (vedere tratti marcati in rosso in Figura 2.7).

In particolare ci si riferisce a:

- Tratto di monte del riu Zozò, a cui vengono aggiunti circa 40 m³/s provenienti dal riu San Nicola mediante il nuovo scolmatore San Nicola- Zozò. Il tratto è dunque

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

oggetto di sistemazione e viene garantito il franco idraulico come stabilito dalle NTA del PAI;

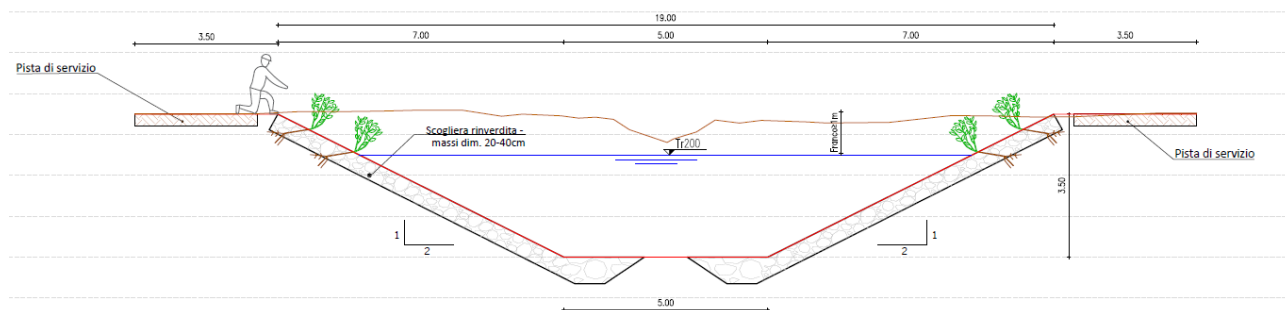


Figura 2.4 - Sezione tipologica utilizzata nel tratto di monte del riu Zozò.

- Tratto di circa 500 m sul riu Gadduresu tra i deviatori Zozò- Gadduresu e deviatore Gadduresu – Seligheddu a cui vengono aggiunti circa 43 m³/s. Il tratto è dunque oggetto di sistemazione e viene garantito il franco idraulico come stabilito dalle NTA del PAI;

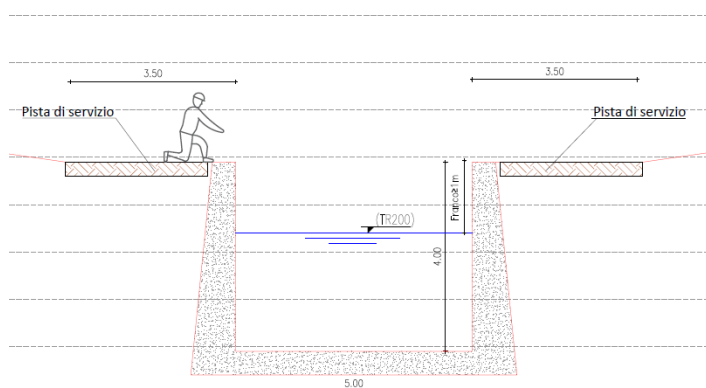


Figura 2.5 - Sezione tipologica utilizzata nel tratto del riu Gadduresu tra i deviatori Zozò- Gadduresu e deviatore Gadduresu – Seligheddu.

- Riu Cabu Abbas per circa 2,5 km a monte della foce a cui vengono aggiunti circa 50 m³/s provenienti dallo scolmatore Abba Fritta-Cabu Abbas. Gran parte del tratto in esame è in grado di contenere la piena duecentennale di progetto con un franco definito dalle NTA PAI garantito. Solamente per un tratto di circa 800 si prevede di intervenire sulla sezione del riu riprofilando la sezione esistente e rivestendola

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

parzialmente. In questo modo viene garantito il franco idraulico come stabilito dalle NTA del PAI.

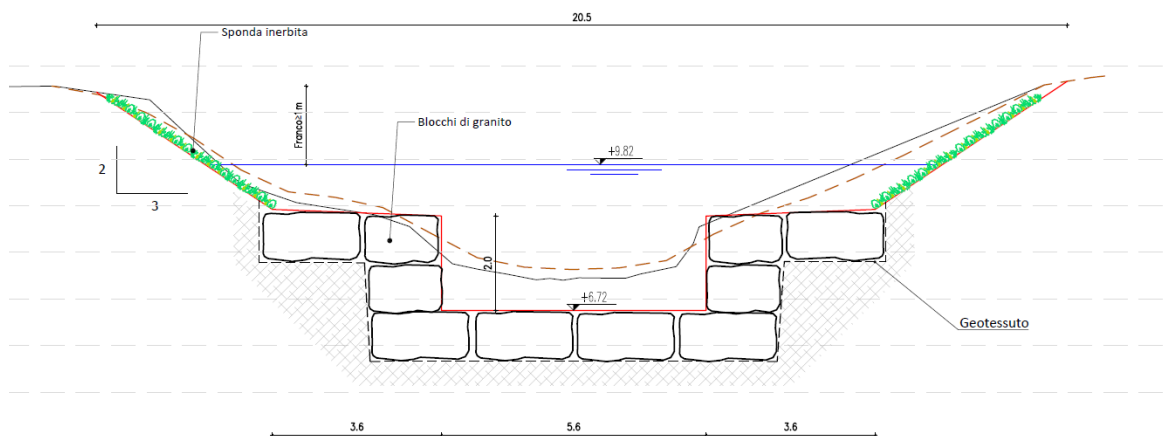


Figura 2.6 - Sezione tipologica utilizzata nel tratto di intervento sul riu Cabu Abbas.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

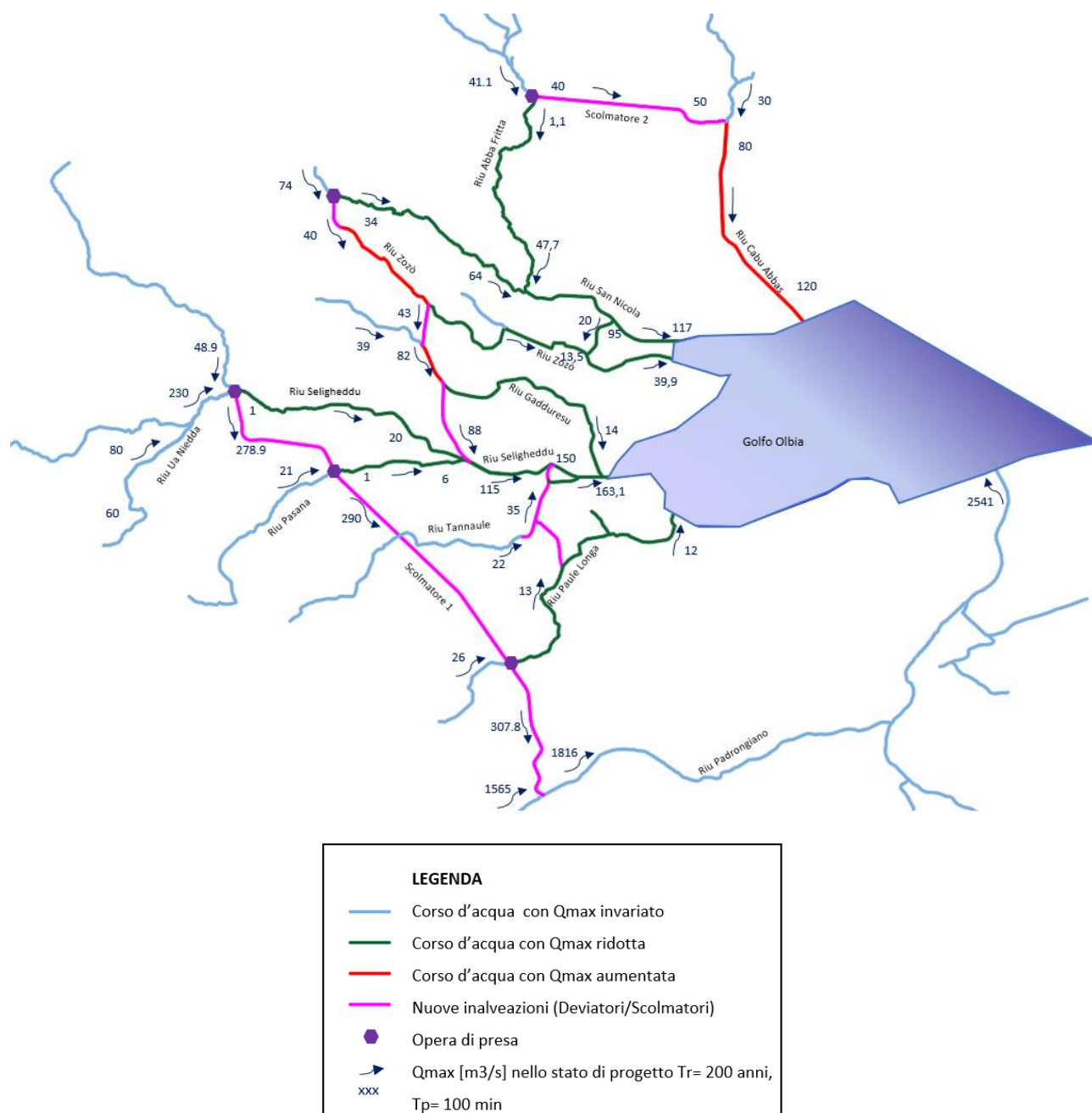
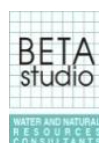


Figura 2.7 - Schema concettuale della ripartizione delle portate nei rii nella condizione di progetto con indicazione dei rii in cui si ha un aumento della portata massima e dove una diminuzione in confronto allo stato di fatto (portate da modello 1D).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

10



3 I RECETTORI DEGLI SCOLMATORI 1 E 2

3.1 Il Cabu Abbas

Il riu Cabu Abbas risulta avere una sezione già sufficientemente ampia da permettere alla portata in arrivo dallo scolmatore 2 sommata a quella in arrivo dai suoi bacini a monte dell'opera di scarico di transitare verso valle senza causare allagamenti alle aree circostanti. Gli interventi di progetto previsti lungo il tratto sono necessari al fine di rispettare il franco idraulico di sicurezza. Di conseguenza le aree di pericolosità non subiscono variazioni.

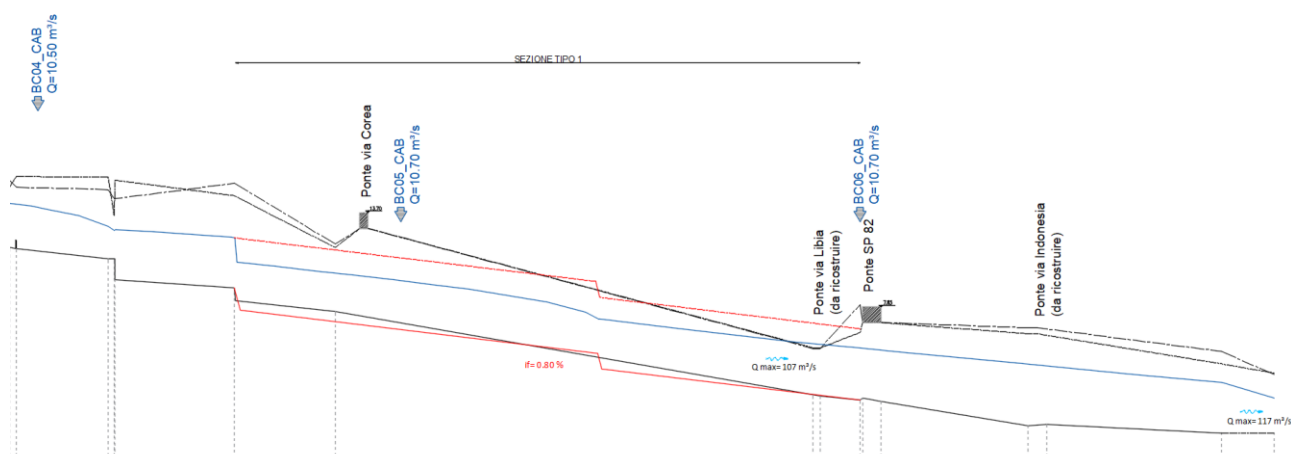


Figura 3.1 Stralcio del profilo longitudinale del riu Cabu Abbas (elaborato 5.02.41).

3.2 Il Padrongianus

Il Padrongianus è il ricettore dello scolmatore 1, con sbocco poco a monte del depuratore. L'idrogramma Tr200 di riferimento della piena nel tratto dove scarica la galleria scolmatrice è quello del PAI 2022-2023. Come già esplicitato nella relazione idrologica (cfr. Par.4.4.1 – A.2.1. Relazione idrologica), l'idrogramma Tr200 di riferimento è stato ottenuto con piogge ragguagliate alla chiusura di ciascun macrobacino (nel caso in esame soprattutto PAD03 e PAD04) e con tempo di pioggia pari a quello critico (90 minuti o 130 minuti per PAD03 e PAD04) e tempo di ritorno di 200 anni. Nella sezione di sbocco della galleria scolmatrice,

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

subito a valle della confluenza idrologica di PAD03 e PAD04, si ottiene una portata di picco di 1.930 m³/s (circa 1,620 m³/s per PSFF del 2008 e circa 1,470 per PAI del 2020). Si tratta quindi di una portata davvero estrema, anche per via del coefficiente di ragguaglio di PAD03 e di quello di PAD04, calcolati sulle estensioni dei due singoli macrobacini, ciascuno di circa 115 km².

Come si può notare sia da Figura 3.2 e da Tabella 3.1, in tutti gli scenari di progetto il picco di piena risulta inferiore rispetto a quello di riferimento (PAI 2022-2023).

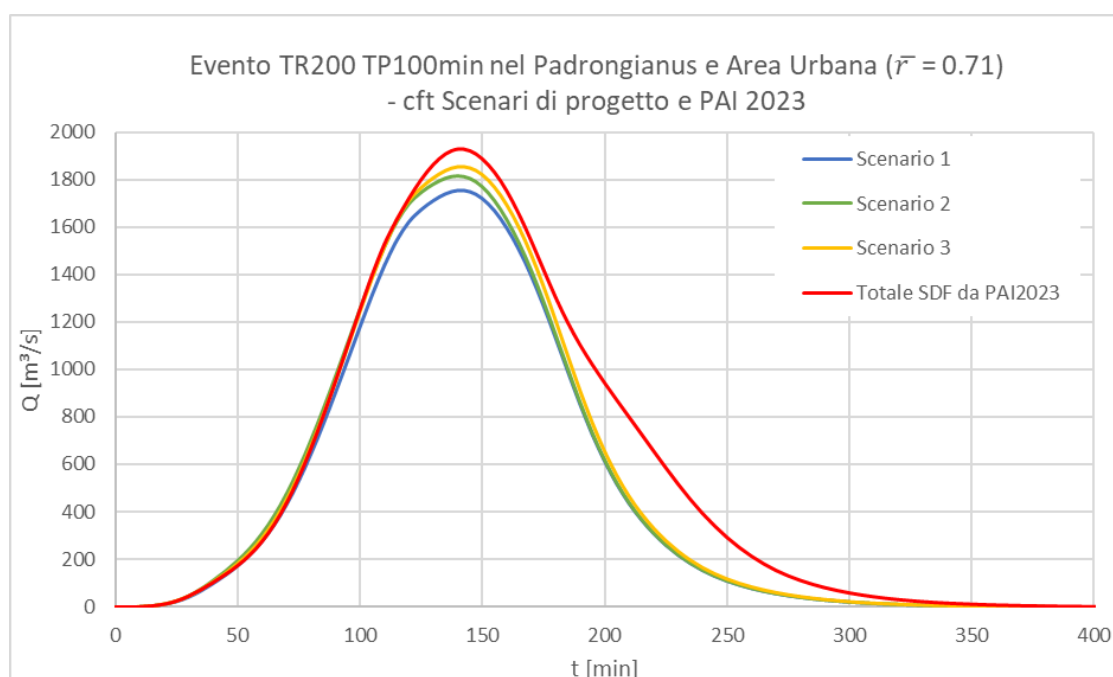


Figura 3.2 Confronto degli idrogrammi di progetto nei vari scenari e l'idrogramma risultante da PAI 2022-2023 (rosso).

Tabella 3.1 – Confronto delle portate di picco a valle dello sbocco della galleria allo SDP nei vari scenari e allo SDF nel PAI 2022-2023.

	Q picco [m ³ /s] nei vari scenari di progetto, dopo l'immissione della portata del canale scolmatore 1
SCENARIO 1	1.753
SCENARIO 2	1.816
SCENARIO 3	1.856
PAI 2022-2023	1.930

Il fatto che tutti gli scenari evidenzino, per il Padrongianus davanti al depuratore, portate al colmo inferiori a quelle di verifica PAI 2022-2023 significa anche che in tutti gli scenari:

- i livelli idrometrici massimi sono inferiori a quelli del PAI 2022-2023;
- **non si modificano né le pericolosità idrauliche né il rischio idraulico delle aree a valle e a monte dello scarico della galleria.**

Con riferimento allo scenario di progetto (cfr. capitolo 4.4 della Relazione Idrologica, scenario 2):

- il colmo della portata TR200 del Padrongianus a monte dello scarico è pari a 1.565 m³/s;
- Il picco dell'idrogramma della galleria scolmatrice allo sbocco in Padrongianus, pari a 307,8 m³/s, si genera dopo 115 minuti dall'inizio dell'evento di pioggia ed è sfasato rispetto al picco di portata del riu Padrongianus;
- Il picco dell'idrogramma, somma idrologica dei 2 idrogrammi, per effetto dell'ingresso della portata dello scolmatore 1 arriva a 1.816 m³/s e con picco che viene leggermente anticipato rispetto a quello dell'idrogramma in arrivo.

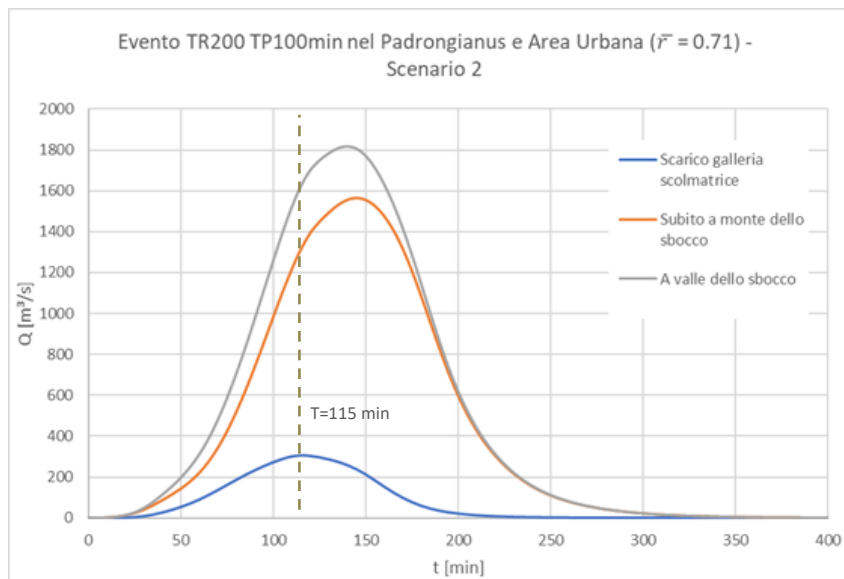


Figura 3.3 – Scenario di progetto. Portate della galleria scolmatrice e del Padrongianus a monte e a valle dello scarico.

Il livello idrometrico nel Padrongianus allo sbocco dello scolmatore 1 rappresenta la

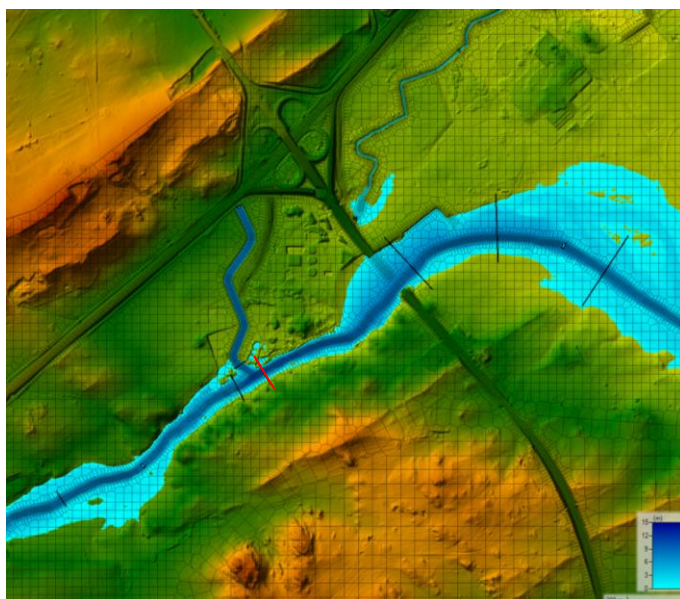
Raggruppamento temporaneo di progettisti:

condizione al contorno di valle per il modello idraulico di verifica dello scolmatore 1 stesso.

Per quanto riguarda la compatibilità idraulica, è importante sottolineare come **l'intervento di progetto non comporti un incremento o un aggravamento delle aree di pericolosità idraulica così come individuate nelle carte del PAI 2022-2023.**

Per inciso, il calcolo nello scenario 3, in cui la portata in Padrongianus a valle dello scarico della galleria è circa 40 m³/s più elevata rispetto a quella relativa allo scenario 2, conduce ad un livello di 8 cm superiore a quello dello scenario 2 (vedi Figura 3.4; cfr Relazione Idraulica). Differenza che si riduce a meno di 5 cm a valle del ponte della SS131dcn. I campi di moto e le aree allagate sono le stesse nei due scenari.

Scenario 2



Scenario 3

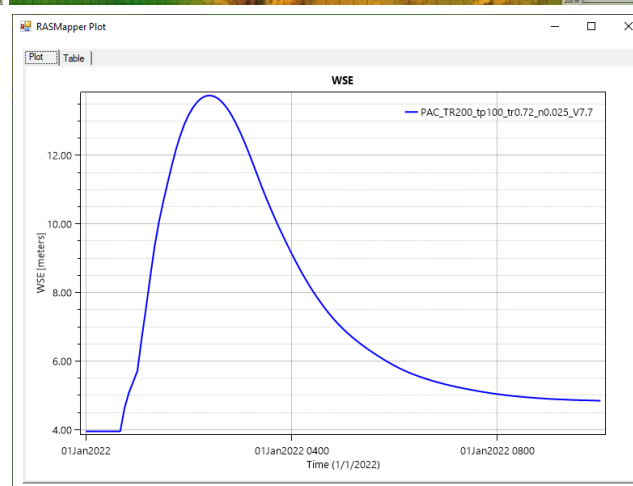
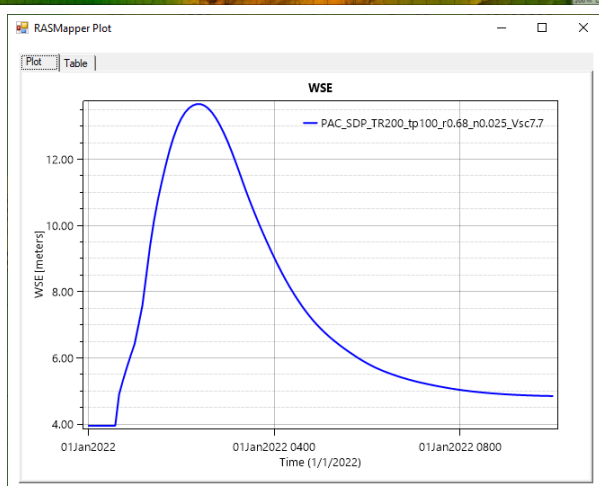
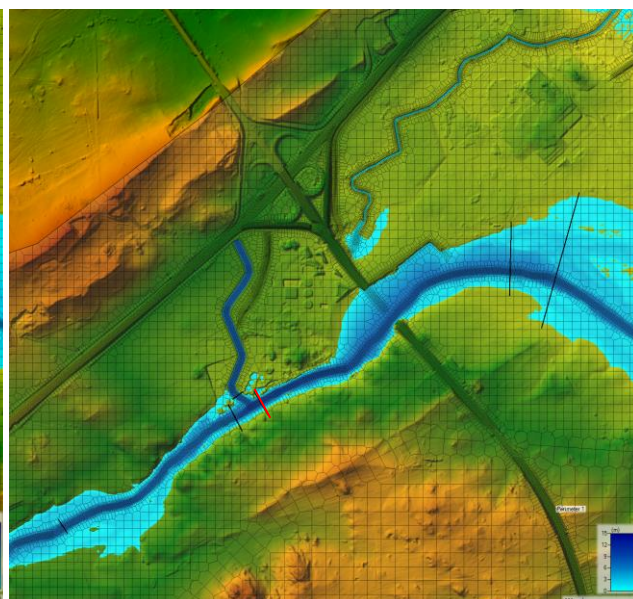


Figura 3.4 – Confronto delle mappe di inviluppo dei massimi tiranti e dei livelli nella sezione subito a valle dello sbocco in Padrongianus.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA TRATTI TOMBATI

Di seguito si riportano le analisi di compatibilità idraulica dei tratti tombati di progetto.

Si segnala come il presente progetto non prevede nessuna nuova tombatura ma solo l'adeguamento, talora con completo rifacimento, di tratti tombati esistenti per renderli compatibili alla norma.

4.1 Via Giove sul riu Pasana

Il riu Pasana è tombato con tubo di diametro del tutto inadeguato nel tratto indicato in blu nella figura che segue. Se ne è previsto l'adeguamento.



Figura 4.1 - In verdi tratti tombati lungo il riu Pasana.

Seguendo le NTA PAI “nel caso di canali tombati, si preveda la demolizione totale della copertura del canale, per quanto possibile e compatibilmente con le condizioni del contesto, anche mediante sostituzione della stessa con griglie carrabili” si è cercato di

mantenere una sezione aperta per quanto possibile, mentre dove il contesto lo richiede, sono stati inseriti dei brevi tratti tombati (lunghezza massima 150 m) con l’inserimento di griglie carrabili.

Inoltre nell’Articolo 21 delle NTA PAI si indica il franco sul livello della portata di progetto per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s pari al massimo tra:

- 1) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 2) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all’art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$.

Secondo le indicazioni delle NTC2018 (C5.1.2.3) per i tratti tombati, essendo nella condizione con una portata di progetto inferiore a 50 m³/s si ha che *“nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell’altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m”*.

Essendo la velocità massima raggiunta inferiore a 2 m/s (vedi Figura 4.3) e la profondità media pari a circa 0.4 m (massima 0.47 m) (vedi Figura 4.2), il franco massimo risulta essere quello definito dal punto 2) pari a 0.5 m.

Nella soluzione di progetto è stata mantenuta una distanza minima di 70 cm tra il piano campagna e l’intradosso dello scatolare (vedi Figura 4.4).

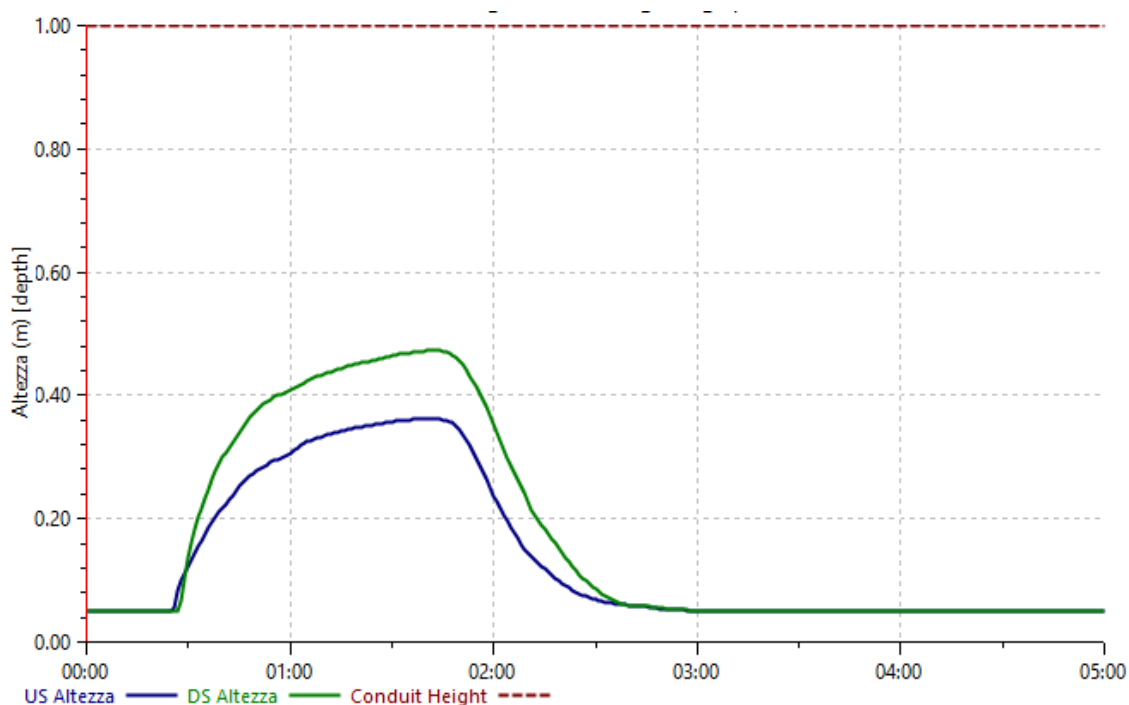


Figura 4.2 - Andamento del tirante nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.

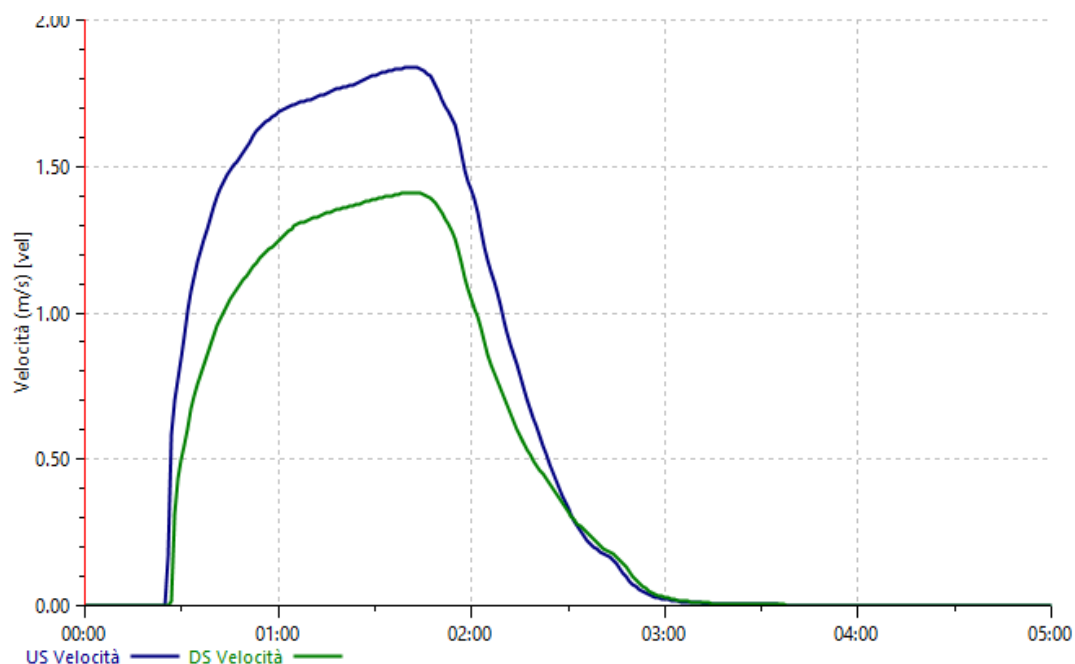


Figura 4.3 - Andamento delle velocità nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

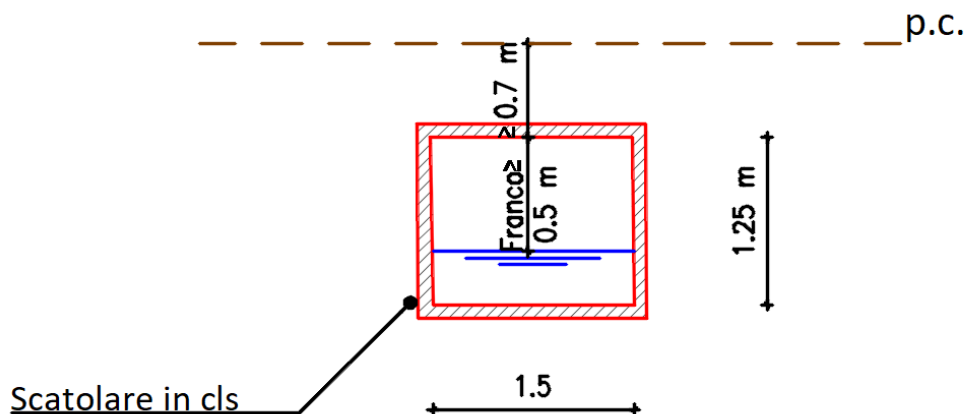


Figura 4.4 - Sezione di Progetto del tratto tombato.

4.2 Deviatore Paule Longa – Tannaule – Seligheddu

Si segnala come il deviatore Paule Longa – Tannaule – Seligheddu non sia un elemento del reticolo idrografico. Esso richiede un breve tratto tombato; anche per questo tratto si è scelto di seguire le norme PAI, pur non essendo il tratto parte del reticolo idrografico regionale.

Perciò, la progettazione è stata condotta cercando di mantenere, quando le condizioni fisiche e tecniche lo permettevano, una sezione aperta evitando tratti tombati.

Ferma restante la premessa nel tratto a monte di via Siena, di lunghezza pari a 240 m, è stata ravvisata la necessità di scegliere come soluzione di progetto quella di un canale rettangolare di dimensioni interne 3,00 x 3,00 m. Questa soluzione è stata adottata in quanto fissata la livelletta di progetto, a monte dalla quota di fondo del riu Paule Longa e a valle dalla ferrovia, e data l'orografia della zona era inattuabile la soluzione del canale a cielo aperto.

In Figura 4.5 si evidenzia in verde il tratto tombato sopracitato.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

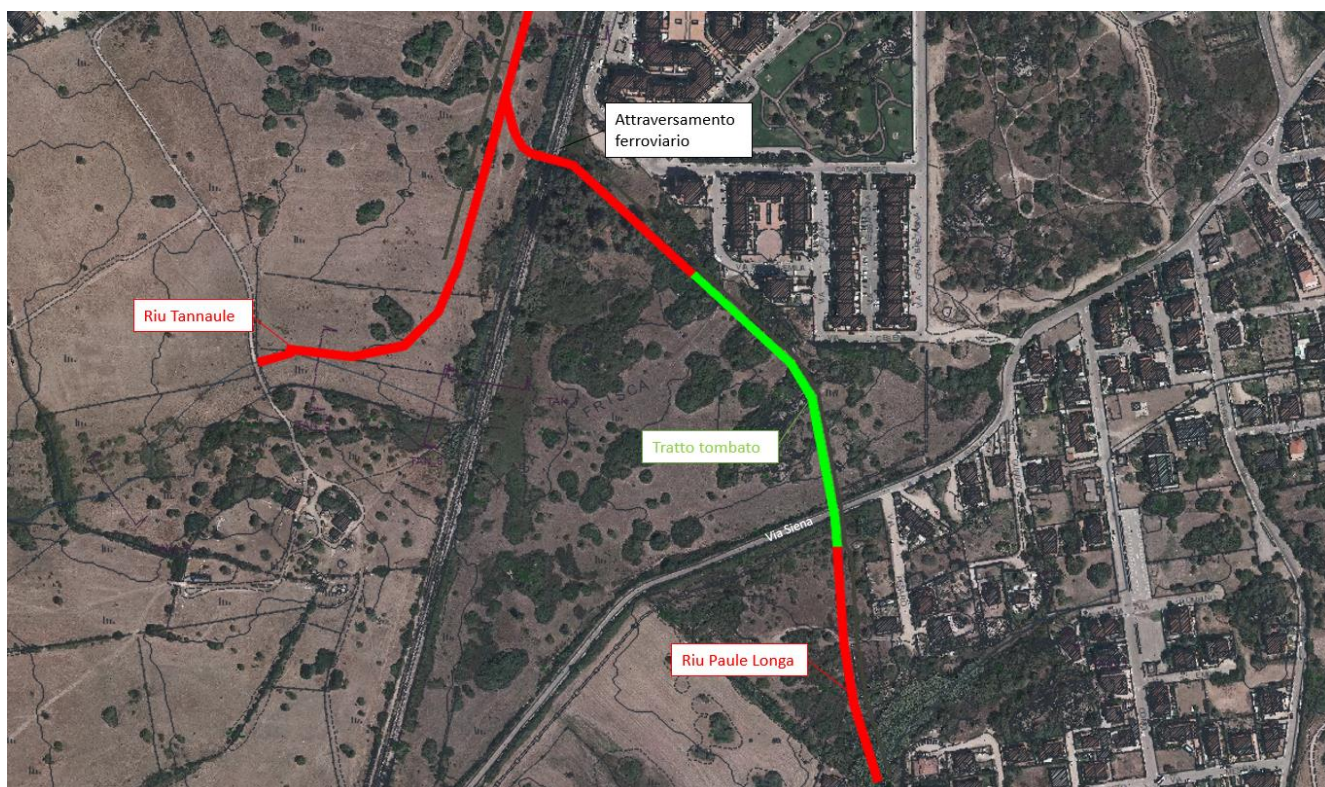


Figura 4.5 - Stralcio del tracciato planimetrico su ortofoto del deviatore Paule Longa- Tannaule – Seligheddu. In verde sono evidenziati tratti tombati.

Come già anticipato, nell'Articolo 21 delle NTA PAI si indica il franco di sicurezza sul livello della portata di progetto da garantire nei tratti tombati.

Per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s il franco deve essere pari al massimo tra:

- 1) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 2) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$.

Secondo le indicazioni delle NTC2018 (C5.1.2.3) per i tratti tombati, essendo nella condizione con una portata di progetto inferiore a $50 \text{ m}^3/\text{s}$ si ha che “nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della

sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m".

Nel caso in esame il franco massimo è quello risultante dal punto 3) pari a 1,15 m essendo la velocità massima raggiunta pari a 3.50 m/s e il tirante idrico medio pari a 1,75 m (vedi Figura 4.5).

Da quanto detto le dimensioni interne dello scatolare di progetto sono sufficienti a garantire il franco idrico richiesto.

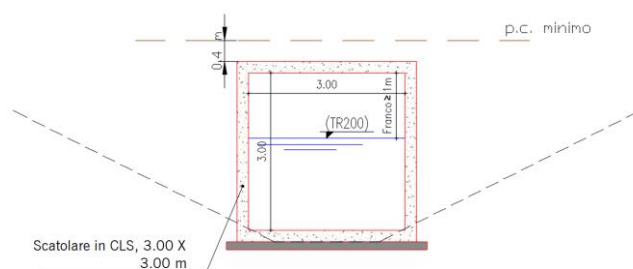


Figura 4.6 - Sezione di progetto del tratto tombato sul deviatore Paule Longa- Tannaule- Seligheddu.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

5 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI

Per i ponti e le opere di attraversamento che determinano, nello stato di progetto, ovvero nello scenario che prevede la realizzazione delle opere di scolmo e di diversione a monte e l'adeguamento delle sezioni dei canali, un effetto di rigurgito e/o di ostruzione e più in generale un aggravamento delle condizioni di pericolosità, si è assunto l'indirizzo di intervenire sull'opera stessa, secondo i criteri nelle NTA del PAI e delle NTC2018.

Qualora invece, nel contesto delle opere di adeguamento delle sezioni dei canali e di riduzione delle portate per effetto delle opere di scolmo e diversione a monte, le opere ed i ponti presenti lungo l'asta di detti canali si sono rivelati trasparenti alla piena di progetto (TR200), si è ritenuto di conservare l'opera nel suo stato attuale.

5.1 Attraversamenti mantenuti nello stato attuale

Si riporta di seguito una tabella dei ponti per i quali l'intradosso esistente è compatibile con il massimo livello di piena duecentennale.

RIO	NOME PONTE	INTRADOSSO ESISTENTE [m smm]	MAX LIVELLO IDRICO [m smm]	FONDO SDP [m smm]	SEZIONE TIPO SDP
SEL	3 VENEZIE	4,39	3,01	SDF	rettangolare b=16 m
SEL	VITTORIO VENETO	12,37	9,23	SDF	SDF
SEL	SATURNO	15,26	14,16	SDF	SDF
SEL	STRADA PANORAMICA OLBIA	>>15,67	15,67	SDF	SDF
SEL	VIA STICADDU	20,2	18,03	SDF	SDF
SEL	VIA SELIGHEDDU	20,92	19,33	SDF	SDF
SNI	VIA MONTE SAN MICHELI/FERRINI	4,48	4,46	SDF	SDF
SNI	VIA PETTA	9,1	7,34	SDF	SDF
ZOZ	VIA D'ANNUNZIO	1,2	1,01	-2 (-0,94 m rispetto SDF)	mista scarpa in dx b=17 m

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

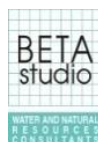
RIO	NOME PONTE	INTRADOSSO ESISTENTE [m smm]	MAX LIVELLO IDRICO [m smm]	FONDO SDP [m smm]	SEZIONE TIPO SDP
ZOZ	VIA SAVONA	1,4	1,15	-2 (-0,83 m rispetto SDF)	sezione trapezia scarpe 3:2 b= 5,5m
ZOZ	PASSERELLA PASSEGGIATA SOS	1,66	1,34	-2 (-1,12 m rispetto SDF)	sezione trapezia scarpe 3:2 b= 5,5m
ZOZ	PASSERELLA PASSEGGIATA SOS	2	1,54	SDF	SDF
ZOZ	VIA F. NOCE CROCE BIANCA	1,8	1,68	SDF	SDF
ZOZ DIV	VIA PETTA-GALVANI	1,9	1,75	SDF	SDF
GAD	VIA BARCELLONA	11,67	9,36	7,37 (-1,29 m rispetto SDF)	SDF
CAB	CIRCONVALLAZIONE OVEST	31	23,91	SDF	SDF
CAB	VIA ANGOLA/GABON	21,79	20,21	SDF	SDF
CAB	VIA ISRAELE	19,26	17,39	SDF	SDF
CAB	VIA COREA	12,7	9,64	6,52 (- 0,55 m rispetto SDF)	sezione composta
CAB	VIALE ITALIA SP82	6,64	5,02	SDF	SDF

5.2 Nuovi attraversamenti

Per i ponti di nuova realizzazione dunque, sono state seguite le indicazioni dell'art. 21 delle NTA PAI per le opere di attraversamento trasversale. Tra queste quelle relative al franco calcolato, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, come massimo tra:

- 4) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 5) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 6) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$ dove y è la profondità media della sezione contribuente al deflusso, y' è

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Il valore minimo del franco definito dalle NTC 2018 è pari a 1.5 m; di fatto, considerando le velocità e le profondità medie nei nostri tratti di studio, il criterio 2) risulta essere il massimo tra i tre criteri. In particolare, il criterio 1) sarebbe più vincolante per velocità medie $v > 6,5$ m/s; il criterio 3) sarebbe più vincolante per velocità medie $v > 5$ m/s e profondità medie $y > 3$ m. Tali condizioni non si verificano in prossimità dei ponti di nuova realizzazione, pertanto, il valore del franco è stato assunto maggiore o uguale a 1,5 m secondo il criterio 2).

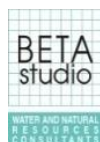
Per i tratti di intervento si riporta la lista dei ponti specificando se sono adeguati, da demolire e ricostruire, da demolire e non ricostruire o di nuova realizzazione.

Rio/opera	Via	Portata [m³/s]	Tipologia di attività			Compatibilità idraulica			
			Demolizione	Ricostruzione	Nuova costruzione	Quota fondo	Quota max tirante	Quota intradosso	Franco
						[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m]
Ua Niedda	via Raica	61,87	X	X		49,41	51,31	52,91	1,60
	via Monte a Telti	61,53		X		46,40	48,51	50,11	1,60
	SS 127	70,96	X	X		36,03	37,65	39,25	1,60
	via Padrumannu	76,97	X	X		32,16	34,65	36,25	1,60
	via Li Caprioni	76,97	X	X		31,77	33,61	35,21	1,60
	Strada laterale SS127	85,19	X	X		29,78	31,02	32,62	1,60
	via del Nuraghe (2)	149,04	X	X		27,53	29,60	31,20	1,60
	via del Nuraghe (1)	85,19	X	X		27,53	29,60	31,20	1,60
Seligheddu	via Roma	176,99	X	X		-2,00	1,00	3,73	2,73
Gadduresu	via S. Elena	37,23		X		12,31	13,91	15,68	1,77

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Rio/opera	Via	Portata [m³/s]	Tipologia di attività			Compatibilità idraulica			
			Demolizione	Ricostruzione	Nuova costruzione	Quota fondo	Quota max tirante	Quota intradosso	Franco
						[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m]
	via S. Chiara	37,92		X		11,10	13,25	15,60	2,35
	via S. Michele	37,92	X	X		10,93	12,89	15,04	2,15
	via S. Monica	37,92	X	X		10,70	12,32	15,20	2,88
	via S. Siro	82,9		X		6,93	9,30	10,93	1,63
	via Archimede	84,4	X	X		6,00	8,50	10,10	1,60
Deviatore SNI-ZOZ	via San Michele	41,57	X	X		21,35	22,74	24,85	2,11
	Attraversamento tangenziale	41,57	X	X		16,81	18,54	20,31	1,77
	via San Guido	43,93	X	X		12,01	13,70	15,51	1,81
Zozò valle	via Galvani	33,01	X			-	-	-	-
Abba Fritta	via Nervi	46,38	X	X		10,19	11,76	13,34	1,58
San Nicola	via Spensatello	-	X			-	-	-	-
	Passerella Fausto Noce	114,27	X	X		-2,00	1,37	2,97	1,60
	via D'Annunzio	114,96	X	X		-2,00	1,06	2,60	1,54
Deviatore ZOZ-GAD	via Barcellona	44,26			x	8,17	9,66	11,67	2,01
Deviatore GAD-SEL	via Newton	89,89			X	5,61	8,16	9,66	1,50
	SS127	89,62			X	4,65	7,04	8,65	1,61
Deviatore PLT-SEL	FFSS	13,38	X	X		3,22	4,35	6,22	1,87
Cabu Abbas	via Libia	106,73	X	X		2,01	5,29	6,89	1,60
	via Indonesia	117,02	X	X		0,11	3,86	5,46	1,60

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



6 ANALISI DEI PROCESSI EROSIIVI

In accordo alle NA PAI, art. 27 c. 1 lett. a e art. 23 c. 9 (già citate in introduzione alla presente relazione), si fornisce un'analisi preliminare dei processi erosivi all'interno degli alvei nei tratti oggetto di intervento, delle aree di allagamento e nei manufatti.

Richiamando Figura 2.7, si può vedere come nella maggior parte dei tratti esistenti (ad eccezione di un tratto di monte dello Zozò, un piccolo tratto del Gadduresu e il Cabu Abbas) la portata di picco venga diminuita per effetto di scolmatori e deviatori. Inoltre tutti gli interventi in alveo che prevedono una modifica del profilo altimetrico sono tutti finalizzati a mantenere o ridurre le pendenze e a contenere le velocità in alveo entro 3.5÷4 m/s. Si può quindi concludere per questi rami il trasporto solito venga ridotto sia in quantità che in capacità rispetto allo stato di fatto.

Nei tratti invece dove la portata di picco viene aumentata:

- Nel rio Zozò di monte la sezione idraulica è completamente rivista in quanto nella soluzione di progetto raccoglie le acque provenienti dal deviatore San Nicola-Zozò. Tuttavia la nuova sistemazione risulta a debole pendenza (0.2%), di molto inferiore rispetto alla pendenza allo stato di fatto pari all'1%. Inoltre le sponde di progetto sono rivestite con scogliera rinverdita con massi di minimo 20-40 cm, dimensione che impedisce l'erosione per un evento duecentennale (Figura 6.1).

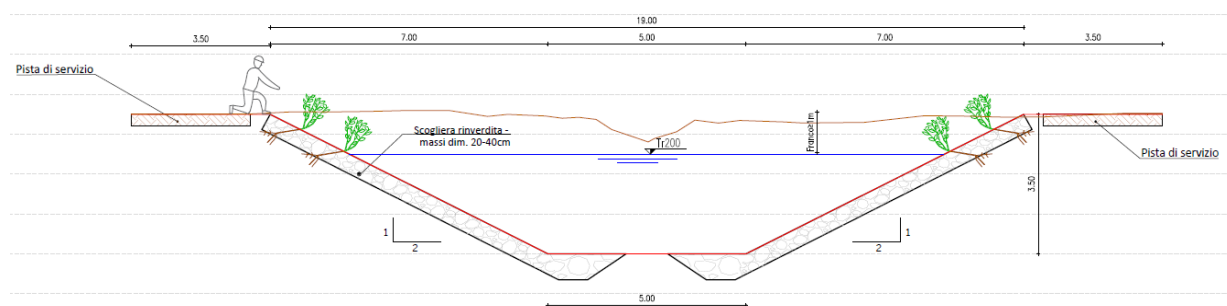


Figura 6.1 - Sezione tipologica nel deviatore San Nicola-Zozò/Zozò monte.

- Il tratto del rio Gadduresu tra lo sbocco del deviatore Zozò-Gadduresu e l'imbocco del deviatore Gadduresu-Seligheddu è caratterizzato da una sezione aperta rettangolare con fondo erodibile. Come si può vedere da Figura 6.2, l'attuale sezione in quel tratto è

totalmente erodibile, al contrario la nuova sezione di progetto eviterà l'erosione delle sponde. In questo caso la pendenza del tratto rimane molto simile a quella allo stato di fatto, circa 0.3%. Come rappresentato in figura 6.2 l'attuale sezione del rio nel tratto in esame risulta inerbita e non rivestita e quindi totalmente soggetta ai fenomeni erosivi. Mediante il rivestimento delle sponde, adottato nella soluzione progettuale (vedi figura 6.2 a dx), si è ridotto in maniera significativa processo erosivo, annullandolo alle sponde.



SEZIONE TIPO 3 - Gadduresu nel quartiere urbanizzato

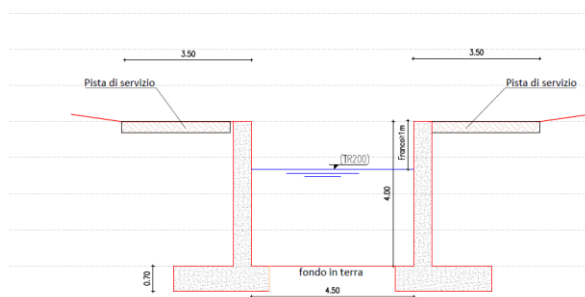


Figura 6.2 - A sx vista allo sdf del rio Gadduresu da via Barcellona verso valle. A dx sezione tipologica allo sdf del medesimo tratto.

- Il Cabu Abbas presentava già dei lunghi tratti con sponde rivestite. In aggiunta a quelli, che si prevede di rifare sostituendo le attuali lastre in calcestruzzo con massi in granito di riutilizzo dagli scavi della galleria, è previsto con la medesima tecnica il rivestimento anche del tratto intermedio al momento in naturale (Figura 6.3). Ciò per consentire un migliore deflusso della portata, una minore manutenzione dell'alveo e delle sponde e una minore erodibilità delle sponde.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

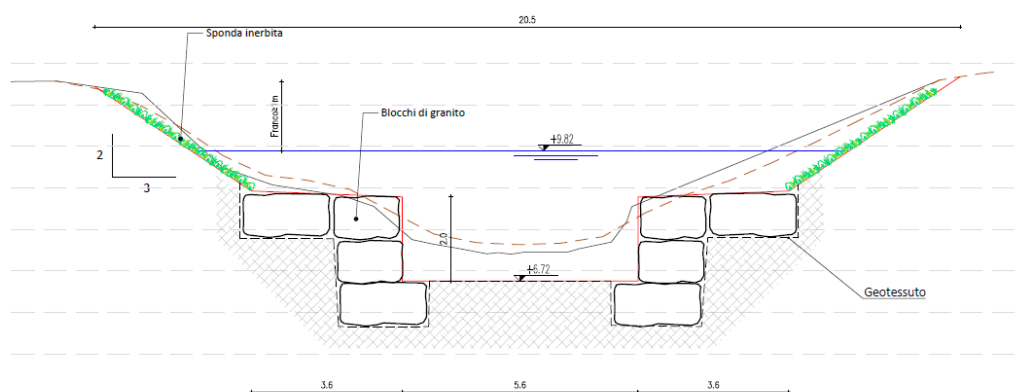


Figura 6.3 - Sezione tipologica di progetto nel rio Cabu Abbas.

Anche i deviatori sono stati progettati con pendenze basse ($0.2\div0.3\%$) in modo da contenere le velocità massime. In corrispondenza dei salti è previsto un tratto interamente rivestito a monte e a valle del salto stesso in modo da prevenire fenomeni di erosione da risalito.

Le sezioni inoltre prevedono tutte un rivestimento in pietrame o scogliera dimensionata in base alla velocità critica di trascinamento.

Al fiume Padrongianus, ove scarica la galleria scolmatrice, arriverà una quantità estremamente modesta di sedimenti in quanto le opere di presa sono progettate con una vasca di calma che antecede lo sfioro per il maggior controllo dei livelli idrici allo sfioro ed il deposito dei sedimenti in arrivo dai rami di monte. Inoltre a valle dello scarico, è previsto un canale di raccordo con il fiume Padrongianus di tipo meandriforme e con golene su entrambe le sponde. Lo scopo è quello di rallentare la corrente. Ciò permette un deposito degli eventuali sedimenti che sfiorano in galleria ed evita che questi raggiungano il Padrongianus.

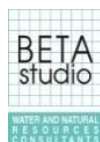
Tutte queste misure, aggiunte alla ritenuta dei sedimenti da monte per azione delle opere di presa delle gallerie scolmatrici, permettono di concludere che vi sarà una generale diminuzione di erosione degli alvei in città e conseguentemente del trasporto di sedimenti verso le foci. Ciò permetterà anche una minore manutenzione delle foci, pianificandone i dragaggi a più lunga distanza temporale.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Per quanto riguarda l’erosione delle aree allagabili, annullandosi nella zona di intervento le aree allagabili per TR200 anni, si annulla per definizione anche l’erosione delle aree stesse.

I nuovi ponti sono progettati per essere tutti a unica campata senza pile in alveo. Questo fatto e l’assenza di esondazioni permettono di escludere la presenza di fenomeni di scalzamento e/o di erosione delle pile/spalle.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



7 PIANO DI MANUTENZIONE DEGLI INTERVENTI E MONITORAGGIO DELLA LORO EFFICACIA

Al fine di conservare la piena funzionalità degli interventi di risagomatura e rivestimento dei tratti fluviali in città sarà necessario prevedere in fase di progettazione esecutiva un piano di manutenzione ordinaria e straordinaria per l'asportazione periodica degli eventuali depositi e la pulizia dalla vegetazione. In ogni caso nei tratti naturali o rivestiti in scogliera/pietrame, gli interventi di progetto sono stati dimensionati tutti con coefficiente di scabrezza $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, proprio per tenere in conto di una manutenzione ordinaria non sempre ottimale.

Per quanto riguarda le opere di presa sarà necessario installare dei dispositivi di monitoraggio per assicurarne la funzionalità e prevedere, ai fini della manutenzione straordinaria, degli interventi periodici di svuotamento della vasca di calma dove andranno a depositarsi la maggior parte dei sedimenti provenienti da monte.

È inoltre necessario prevedere delle ispezioni periodiche per verificare lo stato dei rivestimenti di sponda.

Nelle fasi successive del presente progetto il piano di manutenzione sarà ampiamente articolato nei suoi vari aspetti.