



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 descrittivi - D) Studio di Impatto Ambientale
Relazioni generali
Analisi Costi Benefici

IL DIRIGENTE:
Ing. Diego Ciceri

CODICE ELABORATO

D.1.3

SCALA

-

DATA

DICEMBRE 2023

NOME FILE

D.1.3_00.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONI

Metassociati s.r.l.

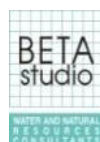
Ing. G.A.Mura
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Nuoro
N.107

0	Dicembre 2023	Emissione	Ing. E.Rubanu	Ing. G.A.Mura	Ing. S.Venturini
REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

SOMMARIO	I
INDICE DELLE FIGURE	III
1 PREMESSA	5
2 LA SOLUZIONE ZERO	8
2.1 L'evento alluvionale del 18/11/2013 e del 01/10/2015	8
3 LA SOLUZIONE PROGETTUALE DEL PFTE	11
3.1 I tre scolmatori	11
3.2 Sistemazione idraulica dei rii	2
3.3 Ponti da demolire e ricostruire	3
3.3.1 Opere di sistemazione degli attraversamenti fluviali esterne al centro urbano	3
3.3.2 Opere di adeguamento degli attraversamenti fluviali interni al centro urbano	5
3.3.3 Ponte su via Roma	7
3.3.4 Ponte su via D'Annunzio	9
3.4 Le piste ciclabili e i percorsi ciclopedonali	11
3.5 La nuova darsena sul rio Seligheddu	12
4 ANALISI COSTI BENEFICI	13
4.1 La stima dei danni	13
4.1.1 Premessa	13
4.1.2 Stima del danno diretto - Aspetti metodologici	14
4.1.3 Stima dei danni diretti al sistema insediativo e infrastrutturale della città di Olbia	20
4.1.4 Valutazione del danno tangibile ai veicoli	28
4.1.5 Valutazione del danno alla produzione	29
4.1.6 I costi di gestione delle emergenze	30
4.1.7 La valutazione delle perdite di vite umane	31
4.1.8 Valutazione del danno psichico	32
4.2 Riepilogo dei benefici attesi	36
4.3 I Costi di costruzione	37
4.4 Costi di gestione	37
4.4.1 Costi energetici	37
4.4.2 Costi del personale di servizio	40
4.4.3 Costi di manutenzione straordinaria delle pareti dei canali scolmatori	42
4.4.4 Considerazioni sulle economie di manutenzione dei canali urbani	44
4.4.5 Stima dei costi di manutenzione per rimozione degli accumuli di sedimenti alle opere di presa e scarico	46
4.4.6 Tipologia del fondo e quantificazione dei volumi di sedimento in alveo	48

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



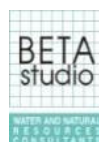
4.4.7	Conclusioni sul trasporto solido e la sedimentazione in alveo	58
4.4.8	CONCLUSIONI	60
5	COMPARAZIONE E ATTUALIZZAZIONE COSTI E BENEFICI	64
6	RICADUTE OCCUPAZIONALI	65
7	CONCLUSIONI	66

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

//



(Capogruppo mandataria)



INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 – Ciclone Cleopatra 2018 - Aree allagate e abitazioni in cui si è registrato il livello idrico massimo al loro interno.	9
Figura 2.2 - Ciclone Cleopatra 2018 – Tiranti idraulici rilevati.	9
Figura 3.1 - Planimetria dello scolmatore 1 Seligheddu – Padrongianus (Tratto iniziale)	13
Figura 3.2 - Planimetria dello scolmatore 1 Seligheddu – Padrongianus (Tratto finale)	13
Figura 3.3 - <i>Sezioni scolmatore 1 Seligheddu - Padrongianus – tratto cut&cover e cielo aperto</i>	14
Figura 3.4 - Sezione corrente dello scolmatore 1 Seligheddu - Padrongianus – tratto in galleria naturale	15
Figura 3.5 - Collocazione dell'area di scarico	16
Figura 3.6 Immissione nel rio Padrongianus Area di espansione / Cassa di deposito	16
Figura 3.7 - <i>Planimetria dello scolmatore 2</i>	18
Figura 3.8 - <i>Sezione corrente dello scolmatore 2 – tratto cut&cover a cielo aperto.</i>	19
Figura 3.9 - <i>Sezione corrente dello scolmatore 2 – tratto in galleria naturale</i>	1
Figura 4.1 - Funzioni “profondità-tirante idrico” per le principali classi di uso del suolo in Italia	18
Figura 4.2 - Funzioni di danno relative armonizzate valide per l'UE (da Frongia et al., 2016)	19
Figura 4.3 - Tavola dei tiranti idrici relativi all'evento del 18/11/2013, Tr35	22
Figura 4.4 - Lotti catastali aree allagate 18/11/2013 ed individuazione richieste danni.	23
Figura 4.5 - Danni alle sponde del Riu Seligheddu rilevati dopo il passaggio della piena	45
Figura 4.6 - <i>Lotto 1 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia</i>	49
Figura 4.7 - Lotto 2 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia	50
Figura 4.8 - Lotto 3 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia	50
Figura 4.9 - Lotto 4 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia	51
Figura 4.10 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 1	52
Figura 4.11 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 2	53
Figura 4.12 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 3	54
Figura 4.13 - UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO ACQUE E SEDIMENTO PER IL Lotto 4, zona industriale e Pittulongu	55
Figura 4.14 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 4, Conciareda	58
Figura 4.15 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 4, Olbia Sud	58

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

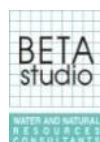


Figura 4.16 – Incidenza percentuale dei costi degli interventi di gestione delle opere di progetto 62

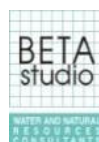
Figura 4.17 – Incidenza percentuale dei costi degli interventi di gestione e manutenzione delle opere di progetto. 63

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

IV



(Capogruppo mandataria)



1 PREMESSA

Il presente documento illustra l'analisi costi benefici relativa alla soluzione progettuale sviluppata nel progetto di fattibilità tecnica economica posto a base della VIA, scelta a seguito di una comparazione tra alternative progettuali nel Documento di fattibilità delle alternative progettuali redatto nel marzo 2023. Nel DOCFAP è stata sviluppata l'analisi comparativa delle cinque alternative progettuali rispetto agli aspetti economici, paesaggistici, ambientali, idraulici, di impatto dei cantieri ecc., per ciascun criterio di scelta si sono attribuiti dei punteggi e dei pesi che hanno permesso di pervenire alla soluzione ottimale che meglio risponde agli obiettivi del progetto: Mitigazione del rischio idraulico di Olbia attraverso interventi finalizzati al recupero delle relazioni tra la città e i suoi fiumi.

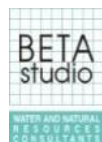
Le cinque soluzioni progettuali considerate sono state le seguenti:

1. “Piano delle Opere 2015” (e successive versioni ed aggiornamenti 2018/2019) bocciato in fase di VIA (DGR 31 Dicembre 2020);
2. Soluzione “SdP2” dello studio di fattibilità (2018) redatto al fine di individuare delle soluzioni progettuali alternative al Piano delle Opere. Questa soluzione fu approvata all'unanimità dei votanti del Consiglio Comunale di Olbia del 12 Febbraio 2018;
3. Soluzione “SdP3” dello studio di fattibilità (2018) redatto al fine di individuare delle soluzioni progettuali alternative al Piano delle Opere;
4. Soluzione “SdP2 ottimizzata a” introdotta nel Piano delle Opere allegato alla Variante Generale al PAI adottata nel Febbraio 2022 dal Comune di Olbia;
5. Soluzione “SdP2 ottimizzata b” introdotta in seguito ai risultati preliminari della campagna di indagine geognostica propedeutica alla progettazione dalla quale è emersa la presenza di strati di granito arenizzato in luogo del granito compatto in ambiti ove era previsto lo scavo in galleria.

I criteri di confronto delle cinque alternative progettuali sono stati i seguenti:

- Efficacia idraulica della soluzione e sua affidabilità;
- Gestione dei terreni di scavo;
- Impatto dei cantieri;

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



- Impatti sulla città e integrabilità con la valorizzazione dei corridoi d'acqua;
- Salinità della falda alle foci;
- Interferenze con la rete di viabilità e con le infrastrutture esistenti;
- Interferenze con vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici;
- Impatto sulle proprietà private ed espropriazioni;
- Possibilità di suddivisione in lotti;
- Costi di investimento e gestionali.

Di seguito si riporta la sintesi dei punteggi attribuiti alle cinque alternative messe a confronto in funzione dei criteri analizzati.

Tabella 1: Sintesi del confronto tra le alternative progettuali nel DOCFAP – Marzo 2023

Criterio	PESO	Punteggio per ogni alternativa				
		Piano delle Opere 2015	SdP2	SdP3	SdP2 ottimizzata a	SdP2 ottimizzata, b
1. Efficacia della soluzione idraulica	0,2	3,72	10,00	9,88	8,80	9,22
2. Gestione dei terreni da scavo	0,1	-9,00	-6,70	-7,90	-6,00	-6,40
3. Impatto dei cantieri	0,1	-8,55	-5,50	-5,77	-5,15	-5,41
4. Impatti sulla città e integrabilità con la valorizzazione dei corridoi d'acqua	0,05	-10,00	-5,90	-6,00	-6,70	-6,40
5. Salinità della falda alle foci	0,05	-1,1	-1,1	-1,1	-1,3	-1,3
6. Interferenze con la rete viabilità e con le infrastrutture di trasporto	0,05	-9,50	-7,10	-8,00	-6,90	-6,80
7. Interferenze con i vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici	0,05	-7,50	-1,30	1,70	0,50	0,70
8. Impatto sulle proprietà private ed espropriazioni	0,1	-10,00	-4,56	-1,21	-1,35	-1,29
9. Suddivisione in lotti	0,05	4,50	4,50	10,00	8,90	10,00
10. Costi di investimento e costi gestionali	0,25	7,50	6,70	0,00	7,50	10,00
PUNTEGGIO TOTALE		-39,93	-10,97	-8,40	-1,70	2,32
PUNTEGGIO PESATO	1	-1,32	1,45	0,32	2,11	2,84

Dalla procedura di comparazione tra le alternative secondo una logica multicriteria è emersa la soluzione SP2_ottimizzata_b come quella che meglio risponde ai criteri analizzati e che si attesta come la soluzione migliore che viene sviluppata a un livello progettuale di PFTE e sottoposta a Studio di impatto Ambientale. Per i dettagli circa le modalità di attribuzione dei punteggi e delle caratteristiche delle soluzioni progettuali analizzate si rimanda al DCFAP che viene allegato al SIA.

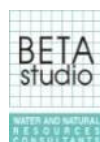
Una volta stabilita la soluzione progettuale che ottimizza le esigenze di progetto, si procede in questo documento alla sua analisi in termini di Costi e Benefici finanziari ed economici al fine di confrontarla con la soluzione zero di non progetto e stabilirne la sua sostenibilità.

La descrizione della soluzione progettuale in esame è contenuta nella relazione illustrativa del progetto di fattibilità alla quale si rimanda per i dettagli.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



2 LA SOLUZIONE ZERO

La soluzione zero corrisponde alla conservazione dello stato attuale della città senza l'attuazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico.

Questa soluzione lascerebbe la città di Olbia esposta al rischio di alluvioni con effetti catastrofici testimoniati dagli eventi di piena del 18/11/2013 e del 01/10/2015, durante l'evento funesto del novembre 2013 persero la vita cinque persone, i due eventi furono caratterizzati da ingenti danni al sistema insediativo e infrastrutturale.

2.1 L'evento alluvionale del 18/11/2013 e del 01/10/2015

Il giorno 18 novembre 2013 un ciclone extratropicale denominato Cleopatra ha colpito il bacino occidentale del Mediterraneo portando delle fortissime piogge sulla Sardegna, causando lo straripamento di numerosi canali e fiumi e la morte di 19 persone. Le aree più colpite sono state la Gallura, il Nuorese, l'Oristanese e il Medio Campidano. Le precipitazioni più intense hanno interessato la Sardegna Orientale, dal bacino del Flumendosa al bacino del Liscia, e vaste aree del Campidano, dalla bassa valle del Cixerri all'alto Oristanese. Nei due giorni precedenti l'area costiera della Gallura era già stata interessata da precipitazioni che il giorno 16 avevano interessato anche le Baronie e la Barbagia di Nuoro. L'intensità delle precipitazioni durante i cinque giorni del Ciclone Cleopatra, rilevate dalle stazioni meteo di Olbia e Putzolu nel 2013 sono pari a 233,4 mm e 262,8 mm rispettivamente, con 117,6 mm e 175,2 mm rilevati nel 18/11/2013. L'eccezionale intensità delle precipitazioni, con cumulate mai registrate prima dalle due stazioni, ha causato l'esondazione dei diversi corsi d'acqua e canali portando devastazione e morte.

A seguito dell'evento alluvionale sono state perimetrate dall'ufficio tecnico del Comune di Olbia le aree interessate da allagamenti nel centro urbano. Sono inoltre disponibili, a seguito della procedura di censimento danni, i livelli che si sono manifestati all'interno di abitazioni e strutture.

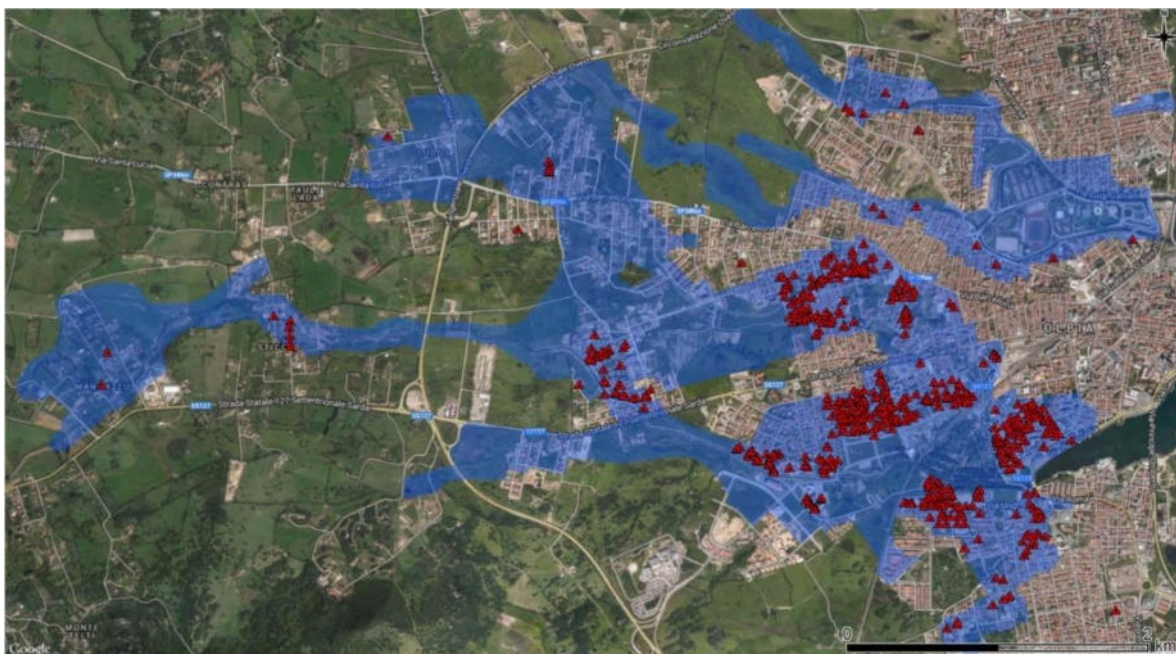


Figura 2.1 – Ciclone Cleopatra 2018 - Aree allagate e abitazioni in cui si è registrato il livello idrico massimo al loro interno.

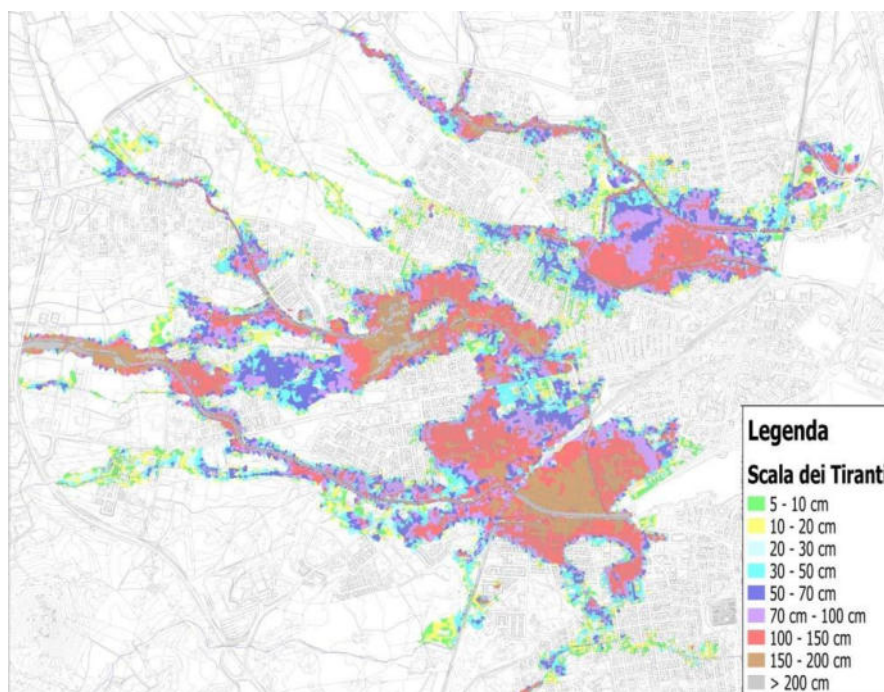


Figura 2.2 - Ciclone Cleopatra 2018 – Tiranti idraulici rilevati.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Il 01/10/2015 un ciclone mediterraneo meno intenso dell'evento del 2013 ha messo in crisi nuovamente il reticolo idrografico della città con l'esondazione del Seligheddu e del S. Nicola accompagnate da nuovi danni al sistema insediativo e infrastrutturale.

Dalla rapida disanima dei due eventi alluvionali appare evidente come la soluzione di non progetto sia inadeguata e insostenibile in quanto espone la città di Olbia a un rischio idraulico molto elevato.

3 LA SOLUZIONE PROGETTUALE DEL PFTE

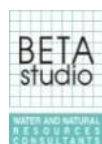
La soluzione progettuale sviluppata nel PFTE nasce da un processo di ottimizzazione delle soluzioni progettuali attuato in funzione dell'acquisizione degli esiti delle indagini e dell'affinamento della modellazione idraulica che ha portato a seguito di un'analisi multicriteria alla redazione di un documento di fattibilità delle alternative progettuali approvato nel marzo 2013 nel quale viene scelta la soluzione in oggetto come quella che meglio risponde agli obiettivi progettuali.

3.1 I tre scolmatori

Lo scolmatore 1 – Seligheddu Padrongianus, rappresenta l'opera principale del progetto, nasce in corrispondenza dell'opera di presa lungo il rio Seligheddu in località Putzolu immediatamente a valle della confluenza con il Riu Santa Mariedda, localizzata a ovest della tangenziale poco più a nord dello svincolo di Pasana e termina su un'opera di scarico sul rio Padrongianus. L'opera di presa è costituita da uno sbarramento in alveo presidiato da 3 paratoie 2m x 3.5m e da 2 luci di sfioro d'emergenza. A monte degli organi di regolazione verrà posizionata una vasca di dissipazione. Tale vasca ha il duplice obiettivo di dissipare l'energia della corrente in arrivo e di limitare il trasporto solido. In condizioni ordinarie di deflusso le paratoie saranno completamente aperte e il deflusso rimarrà inalterato e indisturbato. I salti di fondo, dell'altezza di 1.50m, così come le vasche di dissipazione e sedimentazione, saranno realizzati con il granito derivante dagli scavi nei cantieri limitrofi. Tale vasca, determinando un notevole aumento della qualità dell'acqua, contribuirà a limitare sostanzialmente il processo di interrimento del fiume Padrongianus alla foce nel Golfo di Olbia. Per la regolazione delle luci di efflusso delle paratoie, invece, è prevista la costruzione di un ponticello carrabile con parapetto al di sopra delle valvole di regolazione. Infine, sarà realizzata una rampa di calcestruzzo della larghezza di 6.50m anche per consentire ispezioni e manutenzione alla galleria scolmatrice.

In adiacenza alla strada panoramica Olbia, nei pressi dello svincolo per la SS127 è prevista la costruzione di un'opera di presa sul rio Pasana, con uno schema di funzionamento simile a quello dell'opera di presa sul rio Seligheddu. All'interno dell'alveo del rio Pasana sarà realizzato uno sbarramento presidiato da una singola paratoia 2m x 3.5m e da singola luce di sfioro d'emergenza. In condizioni di deflusso ordinario, quando la portata è tale da non costituire pericolo per il centro

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



abitato a valle, la paratoia sarà completamente aperta e il deflusso rimarrà inalterato e indisturbato. Qualora la portata in arrivo dovesse aumentare, la luce libera di efflusso della paratoia potrà essere aggiustata opportunamente regolando efficacemente la portata transitante. In tali casi, però, diventa fondamentale smaltire la portata in arrivo in eccesso. Per tale motivo, immediatamente a monte dello sbarramento, dove si instaurerà un elevato carico idraulico, è prevista la realizzazione di un ponte canale sfioratore, opportunamente dimensionato, in grado di convogliare la portata in eccesso all'interno del canale sottostante che, per una lunghezza di 67.50m, sarà realizzato a cielo aperto. A differenza di quanto previsto per l'opera di presa del rio Seligheddu, non è prevista una vasca di sedimentazione del materiale solido trasportato dalla corrente. Questa scelta progettuale è dovuta al fatto che sul rio Pasana, ad una distanza di circa 200m a monte dell'opera di presa, è presente un laghetto artificiale, che in passato alimentava una rete irrigua ora dismessa. Tale bacino contribuirà ad eliminare quasi totalmente il trasporto solido soprattutto nel caso in cui si verificassero eventi di piena importanti.

Sul rio Paule Longa, in prossimità dell'intersezione tra la Strada Panoramica di Olbia e la ferrovia Sassari-Olbia si trovano 3 aste fluviali parallele che verranno intercettate e raccolte nello scolmatore 1, con immissione diretta a pelo libero, nel tratto ove lo scolmatore è a cielo aperto. Un breve canale di gronda intercetterà i rami del Paule Longa, normalmente in secca e, superata l'interferenza con la ferrovia grazie ad uno scatolare monolite posizionato per spinta, la portata fluente nel canale scolmatore sarà fatta confluire all'interno della galleria scolmatrice 1 recapitante nel fiume Padrongianus che, in questo breve tratto, sarà realizzata a cielo aperto. Per il ramo del rio Paule Longa situato più a valle non è prevista la realizzazione di alcuna opera di presa. Il corso di questo ramo, infatti, interseca direttamente il tratto dello scolmatore 1 realizzato a cielo aperto. Per questo motivo, l'intera portata in esso defluente, sia in condizioni di deflusso ordinario sia in condizioni di piena, verrà deviata all'interno dello scolmatore 1. Per le opere di presa del rio Paule Longa non è prevista la realizzazione di una vasca di sedimentazione del materiale solido trasportato dalla corrente in quanto di modeste quantità.

Il canale scolmatore è costituito da tratti cut&cover e tratti in galleria naturale. La sezione corrente è 9x 7 m. Gli elementi geometrici dello scolmatore sono descritti nelle figure che seguono.

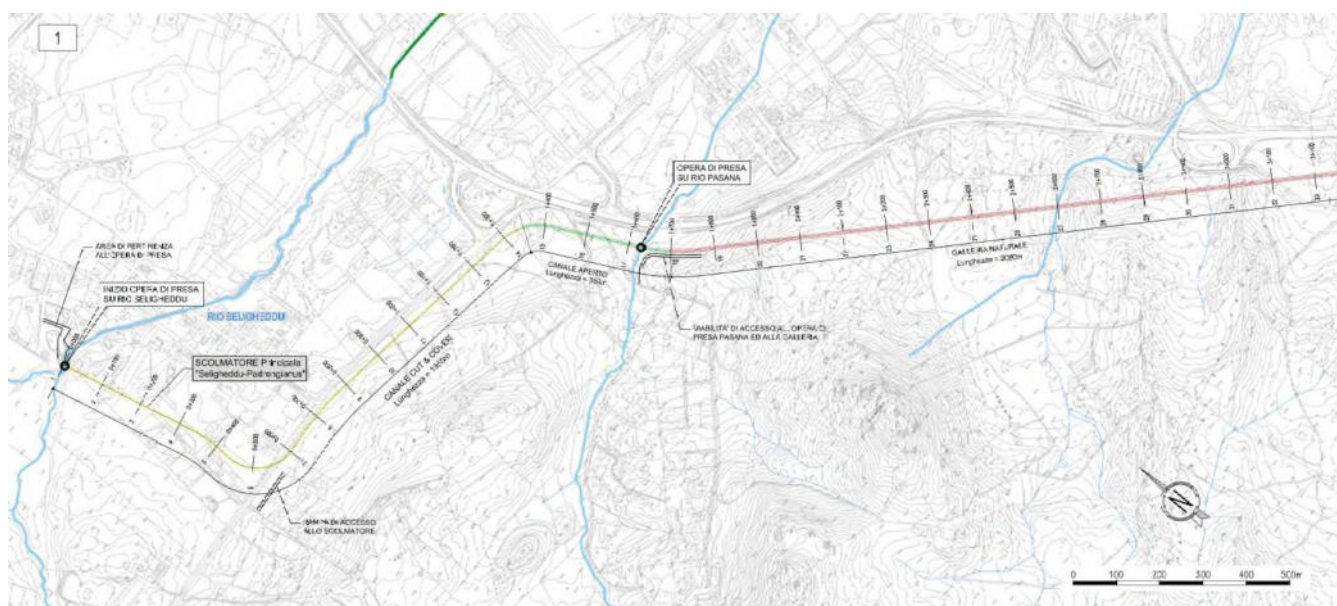


Figura 3.1 - Planimetria dello scolmatore 1 Seligheddu – Padrongianus (Tratto iniziale)

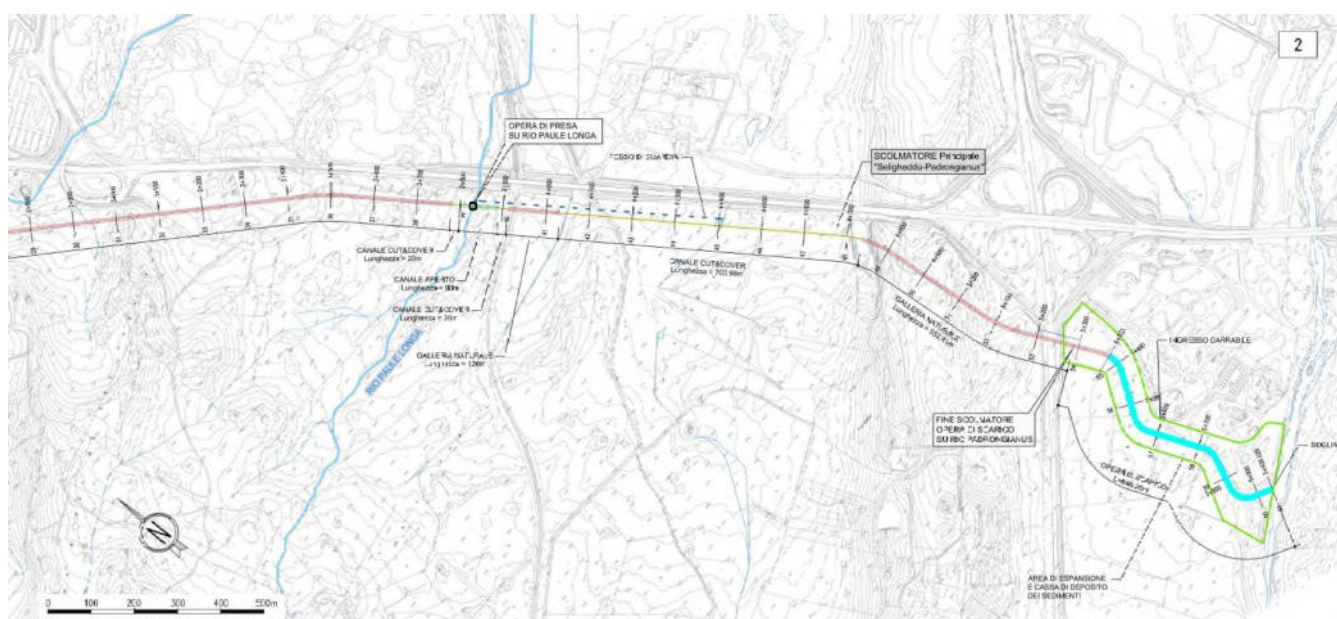


Figura 3.2 - Planimetria dello scolmatore 1 Seligheddu – Padrongianus (Tratto finale)

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

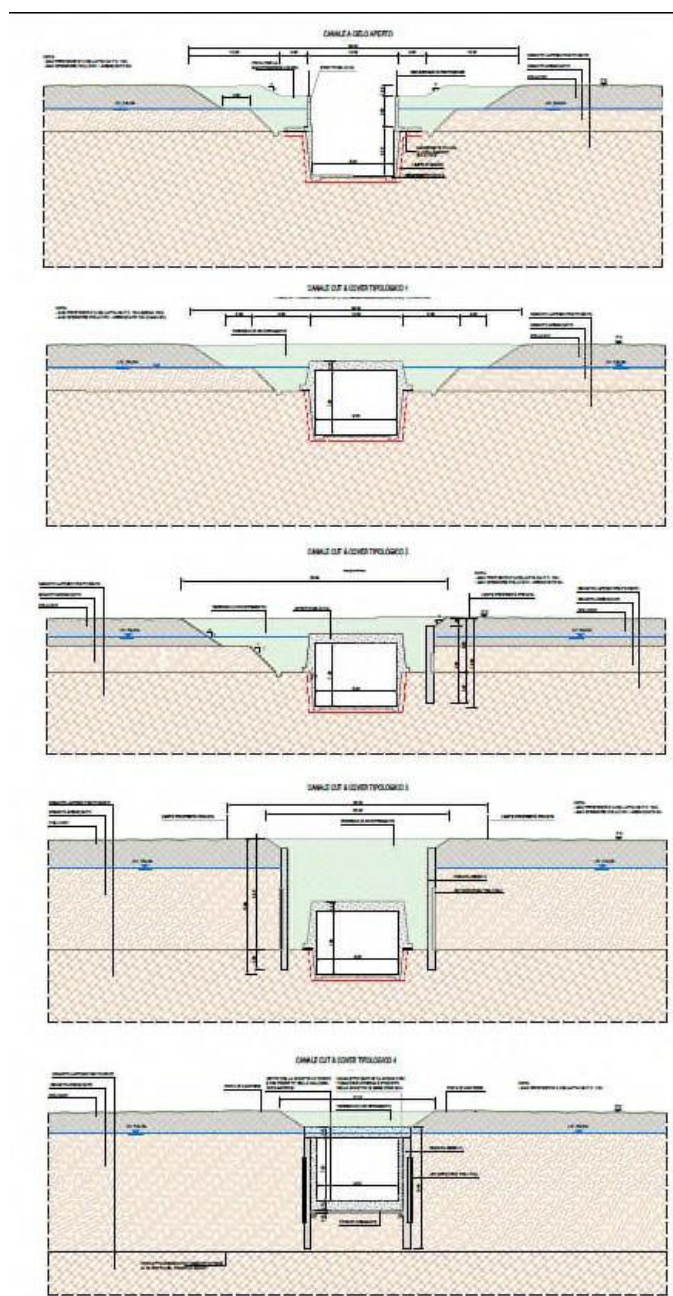


Figura 3.3 - Sezioni scolmatore 1 Seligheddu - Padrongianus – tratto cut&cover e a cielo aperto

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

14



(Capogruppo mandataria)

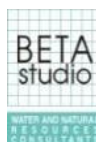




Figura 3.5 - Collocazione dell'area di scarico



Figura 3.6 Immissione nel rio Padrongianus Area di espansione / Cassa di deposito

Scolmatore 2 – Abba Fitta-Cabu Abbas

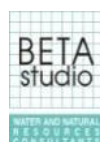
Lo scolmatore 2 inizia in corrispondenza dell'opera di presa sul rio Abba Fritta, situata al fine di coprire un bacino ampio del rio Abba Fritta, nonché la realizzazione di un'opera più estesa, vista la disponibilità di un'area incolta, composta da una vasca di sedimentazione che riduce al minimo il trasposto dei sedimenti nello scolmatore 2 "Abba Fritta-Cabu Abbas". Quest'ultimo aspetto risulta di rilevante importanza in quanto il rio Cabu Abbas sfocia nei pressi del Molo Cocciani dove risulta indispensabile ridurre la sedimentazione al fine di garantire i fondali per la navigabilità.

La realizzazione dell'opera di presa sul rio Abba Fritta è prevista in adiacenza a Via Veronese Fra Giacomo. All'interno dell'alveo del rio Abba Fritta sarà realizzato uno sbarramento presidiato da una singola paratoia 1m x 1m e da singola luce di sfioro d'emergenza. In condizioni di deflusso ordinario, quando la portata è tale da non costituire pericolo per i sistemi abitati a valle, la paratoia sarà completamente aperta e il deflusso verso valle rimarrà inalterato e indisturbato. Durante i periodi di morbida, raggiunta l'opera di presa, il rio Abba Fritta defluirà all'interno di un'incisione longitudinale opportunamente dimensionata. Immediatamente a monte dello sbarramento, dove si instaurerà un elevato carico idraulico, è prevista la realizzazione di uno sfioratore superficiale in grado di convogliare la portata in eccesso all'interno della galleria scolmatrice 2 recapitante nel fiume Cabu Abbas. A monte degli organi di regolazione verrà inoltre posizionata una vasca di dissipazione rivestita in massi di granito con il duplice obiettivo di dissipare l'energia della corrente in arrivo e di limitare il trasporto solido, particolarmente elevato durante i fenomeni di piena. Tale vasca, determinando un notevole aumento della qualità dell'acqua, contribuirà a limitare sostanzialmente il processo di interrimento del rio Cabu Abbas alla foce nel Golfo di Olbia.

Lo scolmatore 2 presenta una lunghezza di circa 2.100 m, con partenza ad una quota di 31,30 mslm ed arrivo a 24,97 mslm. La pendenza è quindi dello 0,3%. Il tracciato dello scolmatore è stato definito in modo che non intersechi l'area che sarà destinata al nuovo palazzetto dello sport, in modo che non ci siano interferenze tra le opere.

Il canale scolmatore 2 è costituito da tratti a cielo aperto, cut&cover e in galleria naturale.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Di seguito si riportano gli elementi geometrici essenziali dell'opera.

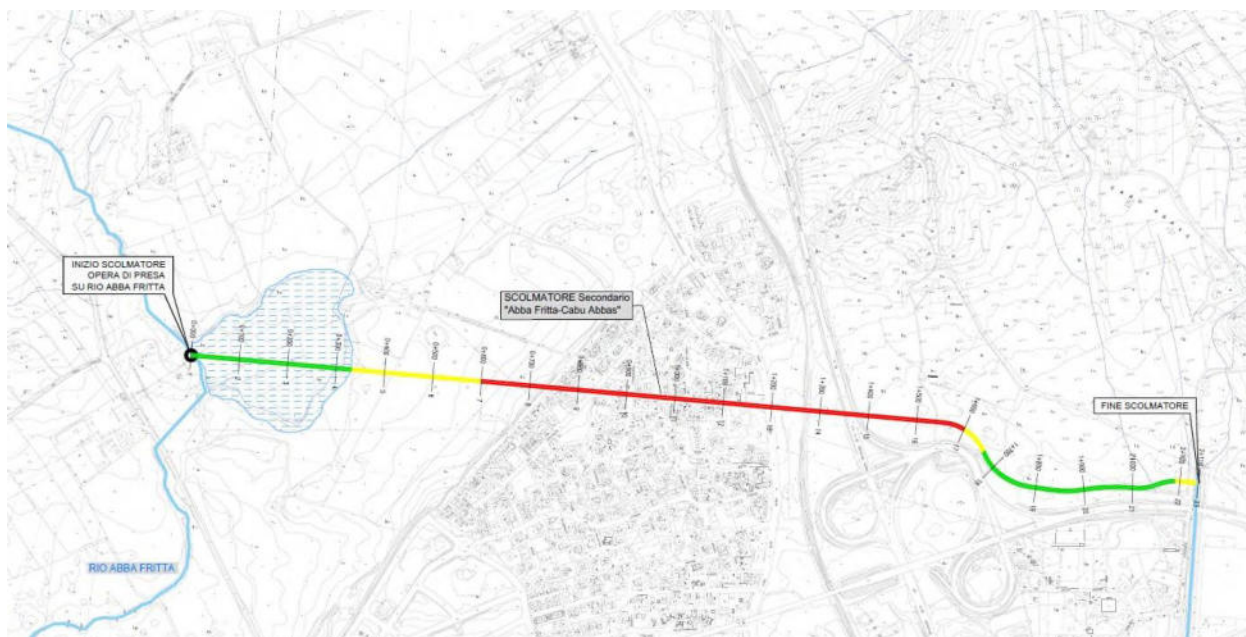


Figura 3.7 - Planimetria dello scolmatore 2

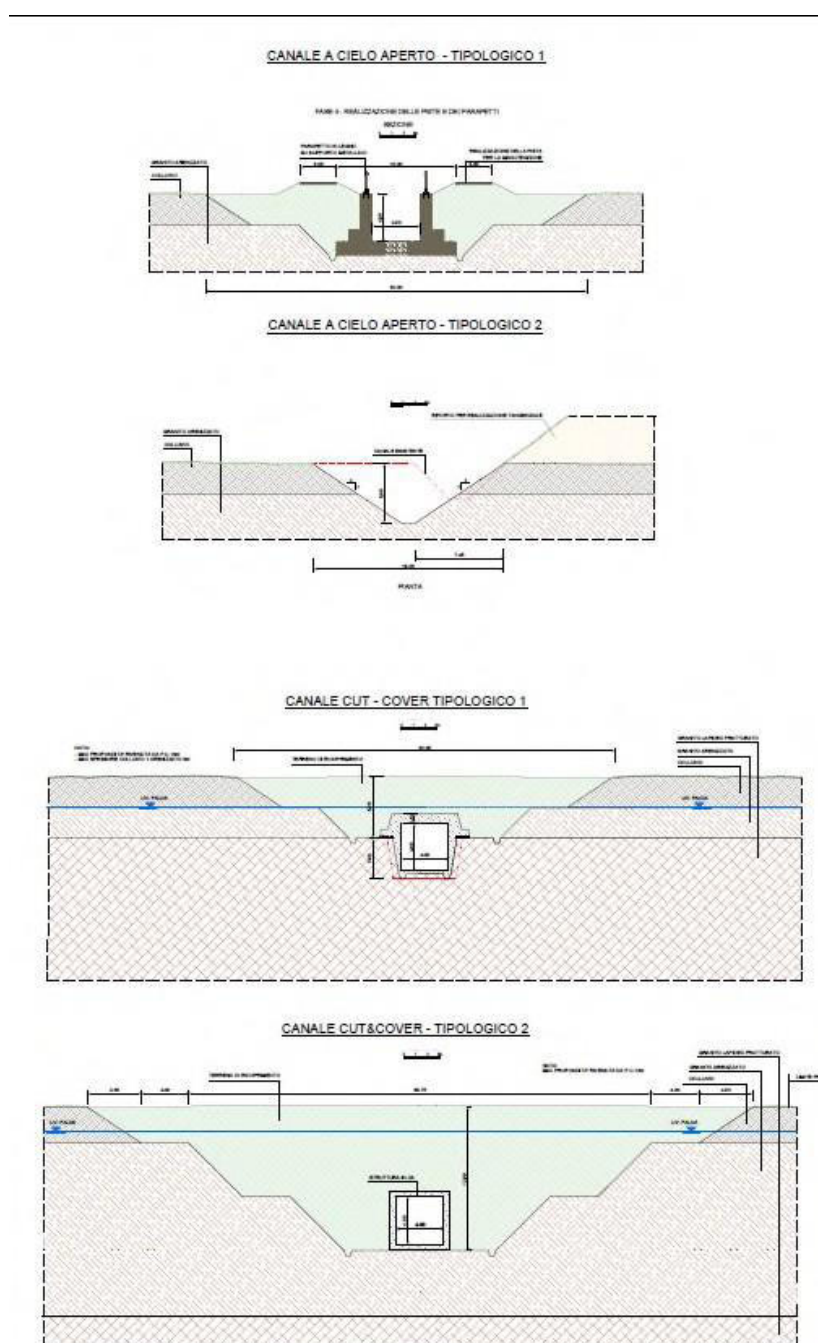


Figura 3.8 - Sezione corrente dello scolmatore 2 – tratto cut&cover a cielo aperto.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

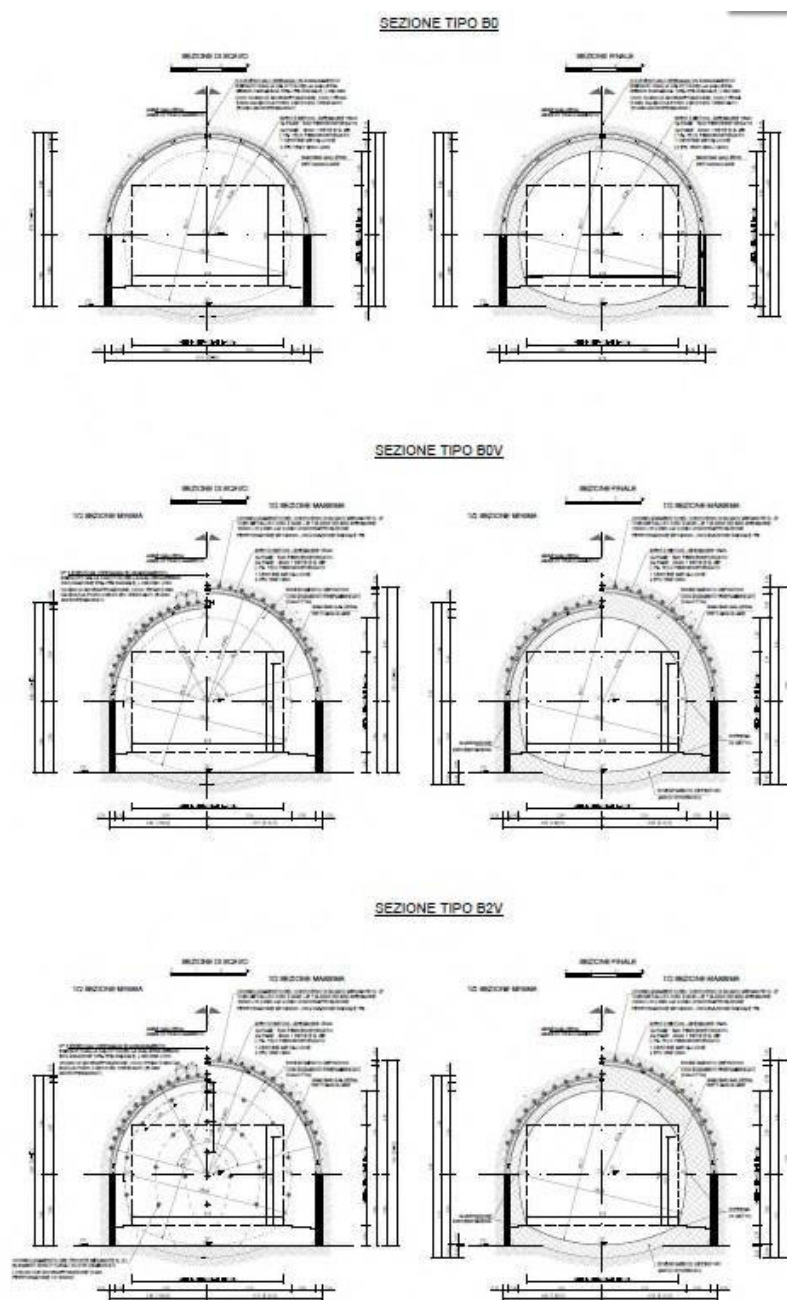
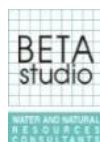


Figura 3.9 - Sezione corrente dello scolmatore 2 – tratto in galleria naturale

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Scolmatore 3 “San Nicola – Zozò”

Lo scolmatore 3 inizia in corrispondenza dell’opera di presa sul rio San Nicola a valle dell’attraversamento di via Faggio, costituita da uno sbarramento in alveo presidiato da 3 paratoie 2m x 3.5m e da 2 luci di sfioro d’emergenza. A monte degli organi di regolazione verrà inoltre posizionata una vasca di dissipazione con il duplice obiettivo di dissipare l’energia della corrente in arrivo e di limitare il trasporto solido, particolarmente elevato durante i fenomeni di piena. Tale vasca, determinando un notevole aumento della qualità dell’acqua, contribuirà a limitare sostanzialmente il processo di interrimento del rio San Nicola alla foce nel Golfo di Olbia. In condizioni ordinarie di deflusso, quando la portata è tale da non costituire pericolo per i centri abitati situati a valle, le paratoie saranno completamente aperte e il deflusso rimarrà inalterato e indisturbato. Qualora la portata in arrivo dovesse aumentare, la luce libera di efflusso delle paratoie potrà essere variata opportunamente regolando efficacemente la portata transitante. In tali casi, però, diventa fondamentale smaltire la portata in arrivo in eccesso. Per tale motivo, immediatamente a monte dello sbarramento, dove si instaurerà un elevato carico idraulico, è prevista la realizzazione di uno sfioratore superficiale, opportunamente dimensionato, in grado di convogliare la portata in eccesso all’interno della galleria scolmatrice n°3. I salti di fondo, dell’altezza di 0.50m, così come la vasca di dissipazione e sedimentazione, saranno realizzati con il granito derivante dagli scavi nei cantieri limitrofi.

Lo scolmatore san Nicola – Zozò è un canale interamente a cielo aperto che si sviluppa lungo l’asse del canale Zozò, ri-sezionato, e poi confluisce nel Gadduresu all’altezza del ponte di via Barcellona. Il ricevente alveo del rio Gadduresu, poco dopo l’immissione dello scolmatore 3, riversa le sue acque nel Seligheddu attraverso un diversivo urbano.

3.2 Sistemazione idraulica dei rii

La sistemazione idraulica dei canali in città interessa i rii San Nicola, Gadduresu, Seligheddu. Il Rio San Nicola scorre, nel tratto oggetto d’intervento, in aree di recente espansione e intercetta marginalmente il parco Fausto Noce. Sulla foce del rio San Nicola è previsto un intervento di dragaggio dei sedimenti. Sul canale Zozò si procederà con

l'adeguamento del canale tombato in un ambito di espansione recente della città di Olbia. Il canale Zozò sarà interessato da un ulteriore intervento che prevede la realizzazione di un deviatore sotto strada che lo congiunge con il Rio Gadduresu.

Anche il Rio Gadduresu sarà oggetto d'intervento in ambito urbano: un primo intervento sarà effettuato su un'area di espansione recente e un secondo (adeguamento di un tubolare nei pressi dell'ex artiglieria) ricade parte in aree di espansione recente e parte in aree di espansione fino agli anni '50.

L'intervento sul Rio Seligheddu verrà realizzato in parte in agro, in aree identificate dal PPR come colture erbacee specializzate, e in parte in area urbana su aree di recente espansione e avvicinandosi alla foce lambisce aree di espansione sino agli anni '50. Gli interventi sui rii in area urbana, oltre alla sistemazione idraulica dell'alveo comprendono la demolizione e il rifacimento di vari ponti come specificato nei successivi paragrafi. Il Rio Seligheddu, inoltre, riceverà le acque provenienti dal deviatore in progetto del Rio Paule Longa e del Rio Tannaule.

3.3 Ponti da demolire e ricostruire

Per la sistemazione dei corsi d'acqua, il progetto “Olbia e le sue acque” prevede interventi di adeguamento in corrispondenza di attraversamenti fluviali in ambito urbano ed anche in ambito esterno a quello urbano.

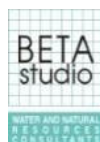
3.3.1 Opere di sistemazione degli attraversamenti fluviali esterne al centro urbano

Nella seguente tabella viene riportato un riepilogo degli interventi sugli attraversamenti fluviali in ambito extraurbano. Come si può osservare, una parte degli interventi sulle opere di attraversamento previste nel seguente progetto è ubicata in ambito extraurbano-periurbano.

In particolare, 11 dei 32 ponti sui quali è previsto l'intervento sono ubicati all'esterno del contesto urbano (ambito extraurbano) e in particolare lungo il riu La Fossa, riu Ua Niedda e canale Zozò.

Ognuna delle opere di seguito riportate, rappresenta un miglioramento idraulico rilevante

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



per l'intero tratto di monte del corso d'acqua interessato, poiché tutti i ponti sottoindicati rappresentano oggi una rilevante ostruzione al regolare deflusso della piena che crea importanti allagamenti a monte e la creazione di zone di pericolosità idraulica, anche molto elevata.

Rio o canale	Via	Situazione attuale dell'attraversamento/intervento previsto	Classifica funzionale
La Fossa	Via del Nuraghe 1	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
Ua Niedda	Via del Nuraghe 2	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Li Caprioni 1 (via Padrumannu)	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Li Caprioni 2 (laterale SS 127)	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Li Caprioni 3	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	SS 127 (ponte zona Mannazzu)	Da demolire e ricostruire	Strada extraurbana principale
	Via Monte a Telti	Già demolito. Da ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Raica	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
Zozò	Via San Michele	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Attraversamento tangenziale	Da demolire e ricostruire	Strada di scorrimento
	Via San Guido	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare

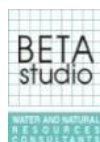
Tabella 2 – In verde le opere da demolire e ricostruire. In arancio le opere di sola ricostruzione.

3.3.2 Opere di adeguamento degli attraversamenti fluviali interni al centro urbano

Le opere comprese nel presente progetto riducono notevolmente sia le portate in ingresso alla città che i livelli di piena che si instaurano nei corsi d'acqua nei tratti dell'ambito urbano. La tabella seguente elenca gli interventi che risultano necessari sui ponti. Alcuni di questi sono già previsti nell'elenco delle cosiddette "opere improprie" (Prot. 9571 06.03.2017 della Regione Sardegna).

Rio o canale	Via	Situazione attuale dell'attraversamento/intervento previsto	Classifica funzionale
Zozò	Via Luigi Galvani	Da demolire (viabilità spostata su via Petta)	Strada di quartiere
	RFI	Di competenza RFI	Ferrovia
San Nicola	Via Spensatello	Da demolire	Strada interzonale
	Via Luigi Galvani	Da demolire con ricostruzione in via Figoni (progettazione già svolta dal Comune. Opera in costruzione)	Strada di quartiere
	Passerella pedonale di accesso al Parco Fausto Noce	Da demolire e ricostruire	Percorso pedonale
	Via Gabriele D'Annunzio	Da demolire e ricostruire	Strada di quartiere
	Via Gabriele D'Annunzio RFI	Di competenza RFI	Ferrovia
Abba Fritta	Via Nervi	Da demolire e ricostruire	Strada di quartiere
Gadduresu	Via Sant'Elena	Già demolito da ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Santa Chiara	Già demolito da ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via San Michele	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Santa Monica	Da demolire e ricostruire	Strada a destinazione particolare
	Via Archimede	Da adeguare	Strada a destinazione particolare

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



	Via san Siro	Nuova costruzione	Strada a destinazione particolare
Deviatore Zozò Gadduresu	Via Barcellona	Nuova costruzione	Strada di quartiere
Deviatore Gadduresu-Seligheddu	Via Isaac Newton	Nuova costruzione	Strada a destinazione particolare
	Via Vittorio Veneto	Nuova costruzione	Strada interquartiere
Seligheddu	Via Roma	Da demolire e ricostruire	Strada di quartiere
	RFI	Di competenza RFI	Ferrovia
Deviatore "Paule Longa-Tannaule in Seligheddu"	Via Siena	Nuovo tratto tombato	Strada di quartiere
	RFI	Da demolire e ricostruire	Ferrovia
	Via Lupacciolu	Di competenza RFI	Strada interzonale
Cabu Abbas	Via Libia	Da demolire e ricostruire	Strada di quartiere
	Via Indonesia	Da demolire e ricostruire	Strada di quartiere

Tabella 3 – In verde le opere di attraversamento per le quali è previsto adeguamento o ricostruzione; in azzurro le opere di attraversamento di nuova costruzione; in violetto le opere da demolire e non ricostruire; in marron le opere a carico di RFI.

In totale gli interventi in ambito urbano sugli attraversamenti risultano 19 (comprensivi di nuovi ponti o ponti esito di demolizione e ricostruzione, in sede o in altra sede), con 2 ponti di sola demolizione (via Spensatello e via Galvani).

Altri 5 attraversamenti invece, sono considerati nell'ambito di progettazioni esterne come per i ponti di Via D'annunzio su San Nicola, ferroviario di via D'Annunzio su canale Zozò, ferroviario su Seligheddu, cavalcaferrovia su via Lupacciolu, via Figoni su San Nicola.

Per quanto riguarda il nuovo ponte di via Figoni, che sostituirà l'attuale ponte di via Galvani, il Comune di Olbia ha chiesto la realizzazione di un breve tratto di viabilità come intervento di compensazione. Tale intervento prevede il collegamento di via Figoni con via Biddau.



Figura 3.10: Previsione di collegamento tra via Figoni e via Biddau (in rosso)

Gli attraversamenti da prevedersi in ambito urbano includono due importanti ponti strategici per la viabilità urbana: il ponte di via Roma, alla foce di rio Seligheddu ed il ponte di via D'Annunzio, alla foce del rio San Nicola.

3.3.3 Ponte su via Roma

L'attuale ponte su via Roma (ex ponte di ferro), di attraversamento del Rio Seligheddu è posto sull'itinerario che collega la via Roma con la grande rotatoria urbana situata sul lato nord del suddetto rio, infrastruttura che è risultata fortemente inadeguata (compresa nell'elenco delle opere cosiddette “incongrue”) rispetto alle esigenze di deflusso delle acque di questa asta fluviale nell'areale di sbocco della stessa verso il golfo di Olbia e di cui il PAI del Comune di Olbia prevede la demolizione e la sua ricostruzione con caratteristiche dimensionali adeguate.

Il nuovo ponte in progetto, posto lateralmente a monte rispetto all'attuale, verrà pertanto realizzato con una funzione “sostitutiva” di quello esistente, con una procedura tecnica e organizzativa che dovrà consentire e garantire la non interruzione del traffico stradale e pedonale in questo nodo urbano e trasportistico, fra i più importanti dell'intero sistema urbano di Olbia, la cui interruzione anche parziale determinerebbe il sostanziale collasso dell'intero sistema della viabilità urbana e, in parte, di quella territoriale.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

La soluzione progettuale proposta può essere così descritta, in relazione alla complessità delle funzioni in essa contenute:

- La realizzazione di un nuovo ponte veicolare e pedonale di luce significativa (mt. 31.00), avente 2 carreggiate stradali separate, per un totale di 4 corsie stradali e 2 percorsi pedonali/ciclabili, asta di connessione fra due rotatorie sul lato e sud, rotatorie adeguate a canalizzare il traffico veicolare nel complesso sistema stradale di riferimento sui due quadranti urbani relativi.
- Il nuovo ponte attraversa il Rio Seligheddu ad una quota altimetrica significativamente più elevata rispetto a quella attuale, con una struttura di impalcato che garantisce un franco idraulico adeguato, consentendo in questo modo la navigazione del Rio Seligheddu per natanti di piccole dimensioni fino al ponte urbano di Via Tre Venezie, obiettivo generale della pianificazione urbana comunale.
- Il nuovo ponte prevede una ridefinizione delle corsie di scorrimento della rotatoria esistente a nord, in particolare nelle rampe di accesso alla nuova infrastruttura e relativamente al sistema delle piste ciclabili e pedonali, sia esistenti che in progetto.
- Il Rio Seligheddu viene ridefinito nell'ambito di foce, con uno slargo indispensabile per le finalità idrauliche, peraltro riportando lo stesso ad una situazione originaria, modificata appunto per la realizzazione del ponte esistente, con interrimento di parti delle sponde. Il rio viene così reso fruibile su entrambi i lati, con la realizzazione di un doppio sistema lineare di percorsi pedonali e ciclabili, in alcune parti compatibili con l'utilizzo degli stessi in funzione di banchina per piccoli natanti.
- La realizzazione del sistema di percorsi laterali al Rio Seligheddu consente la fruizione dell'area verde e di valore culturale costituita dal Parco dell'Artiglieria, oggi "isolato" dal contesto urbano dalla viabilità sopraelevata della Via Unità d'Italia, dal tracciato ferroviario e dallo stesso rio e sostanzialmente non fruibile come parco urbano.
- Sul lato sud, anche tramite l'acquisizione di un'area (con annessa costruzione) posta fra la via Imperia e la Via Roma, viene definita una rotatoria di dimensioni adeguate

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

(diametro esterno di mt. 36.00), con l’inserimento di un nuovo braccio verso est (la via Imperia) e percorsi diretti fra il nuovo ponte e la via Ungheria: una generale riorganizzazione di questo areale della città, adeguato a risolvere i problemi di viabilità a cui si è fatto prima riferimento, consentendo anche una generale riorganizzazione della circolazione stradale nelle vie adiacenti (via Argentina, Via Polonia, via Australia e altre), oggi fortemente condizionate dalla criticità costituita dal nodo stradale su cui viene impostato il nuovo ponte.

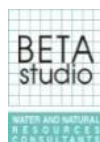
3.3.4 Ponte su via D’Annunzio

Nella intersezione fra la via D’Annunzio, la via Galvani, la via Aldo Moro e la via Dei Lidi in esame e negli ambiti urbani ad essa direttamente adiacenti si concentrano una serie complessa di problematiche e vincoli di diversa natura, a cui risulta necessario fare riferimento:

- L’itinerario unitario costituito da via D’Annunzio e da via Aldo Moro rappresenta uno degli assi urbani più importanti della città, attraversa la stessa nella direttrice nord/sud e viceversa: collega il centro di primo insediamento con il vasto quadrante insediativo a nord, secondo un percorso complessivamente parallelo alla linea ferroviaria Olbia - Golfo Aranci, rappresenta uno degli assi commerciali più importanti della città.
- Il percorso di cui fa parte la via Dei Lidi costituisce di fatto la bretella portante degli spostamenti trasversali all’itinerario precedente sul versante est, sia nell’ambito insediativo residenziale che in relazione al vasto comprensorio industriale e per servizi del CIPNES. Il recente inserimento di una rotatoria nella sua parte intermedia consente inoltre l’utilizzo di questa viabilità anche dal quadrante urbano sud della città. Attualmente, il tratto di via Dei Lidi in diretto contatto con la via Aldo Moro sovrappassa la linea ferroviaria Olbia – Golfo Aranci, ma la soluzione progettuale di futura realizzazione, a carico di Ferrovie dello Stato, prevede che lo stesso tratto sia realizzato in galleria, lateralmente alla via Mirone.

La via Galvani svolge anch’essa una importante funzione di collegamento verso il quadrante urbano residenziale posto a ovest della via Aldo Moro e verso la circonvallazione. La

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



suddetta via confina direttamente con il parco Fausto Noce, da cui è separata dal percorso del tratto finale del Rio San Nicola che, superata l'intersezione sulla via D'Annunzio e il ponte ferroviario attuale sotto la via Dei Lidi, defluisce verso il golfo di Olbia.

- Il tratto finale del Rio San Nicola scorre parallelamente alla via Galvani e definisce l'area verde del parco Fausto Noce: la sua attuale sezione, di forma trapezia, ha base inferiore di circa 4.00 mt. e superiore di circa 9.00 mt. La soluzione progettuale prevista nel PAI della città di Olbia indica una sezione significativamente più grande (circa tre volte quella attuale), ampliamento che necessariamente dovrà essere realizzato sul lato del canale opposto alla via Galvani.
- Il ponte attualmente esistente sulla via D'Annunzio (di luce netta pari a mt. 9.00 circa) risulta fortemente inadeguato rispetto alle portate previste nel tratto finale del Rio San Nicola: il PAI del Comune di Olbia lo classifica come opera incongrua e prevede la sua demolizione e ricostruzione con caratteristiche dimensionali adeguate.
- La rotatoria esistente, di piccole dimensioni (diametro esterno di mt. 14.00 circa) definita con la sola segnaletica orizzontale all'interno dello spazio definito dalla intersezione planimetrica delle quattro strade è del tutto inadeguata rispetto alle esigenze di traffico che caratterizzano l'intersezione.

Il progetto del nuovo ponte risulta preliminarmente condizionato dalle problematiche legate alle quote altimetriche del sito e dai vincoli imposti dalla normativa regionale relativamente al franco idraulico minimo negli attraversamenti dei corsi d'acqua.

I vincoli di natura urbana, idraulica e planoaltimetrica orientano inevitabilmente la soluzione di progetto, con la definizione di una proposta caratterizzata dai seguenti elementi dimensionali:

- La posizione del nuovo ponte è resa obbligata e univoca dalla esigenza di mantenere la linea di spalla verso nord in modo compatibile sia con il bordo del marciapiede sud della via Galvani e sia con la posizione del limite sud della nuova viabilità proposta da Ferrovie dello Stato in sostituzione dell'attuale sopraelevata via Dei Lidi.

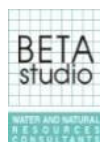
- La spalla sud dello stesso ponte è posta parallela alla spalla nord, con luce netta di mt. 19,40. Le due spalle, pur parallele, non risultano simmetriche in considerazione della relazione planimetrica del ponte con la sovrastante rotatoria.
- Lo spostamento del centro della nuova rotatoria verso via D'Annunzio consente la definizione di un diametro esterno della stessa di mt. 35.00, complessivamente adeguato allo smaltimento del traffico in quel nodo stradale, rappresenta peraltro il valore massimo posizionabile nella situazione in esame, garantendo comunque una complessiva compatibilità dell'opera rispetto alla situazione al contorno.
- La quota altimetrica a cui è necessario posizionare la nuova rotatoria (mt. +3,90 slm) pone un problema di compatibilità della nuova infrastruttura con il sistema edilizio al contorno, in particolare con l'edificio posto fra la via Galvani e la via Aldo Moro. La soluzione proposta consiste nella traslazione della rotatoria in direzione di via Dei Lidi, realizzando una nuova viabilità pedonale.
- La corona circolatoria della nuova rotatoria ha una larghezza di mt. 9.00, con due corsie da mt. 4,50 cadauna e barriere laterali di protezione, con un muro di sostegno esterno, anche con parete inclinata verso il marciapiede, che raccorda la quota della rotatoria con quella dei percorsi ciclopeditoni al contorno.
- I percorsi ciclopeditoni, della larghezza di mt. 3.00, sono posti lateralmente rispetto alle due carreggiate, a sbalzo sulle due travi principali di bordo esterne, realizzando una continuità funzionale con il sistema dei percorsi pedonali esistenti.

3.4 Le piste ciclabili e i percorsi ciclopeditoni

Organicamente progettate con le corrispondenti sistemazioni idrauliche è stato sviluppato il progetto delle piste ciclabili e dei percorsi pedonali che accompagnano i corsi d'acqua integrando il sistema della mobilità lenta nell'ambito del sistema urbano, coerentemente con quanto previsto dagli strumenti urbanistici.

I tratti di piste ciclopeditoni in progetto interessano il deviatore Gadduresu – Seligheddu, il rio Seligheddu nel tratto compreso tra la ferrovia e la foce, il tratto in sinistra idraulica sul

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



deviatore del rio Seligheddu. Sotto il profilo materico le piste ciclabili in progetto sono coerenti con quanto già realizzato dal Comune di Olbia, nel particolare si prevede una pavimentazione in conglomerato bituminoso colorato.

3.5 La nuova darsena sul rio Seligheddu

Con la ridefinizione della sezione idraulica del Seligheddu che determina un approfondimento del fondo dell'alveo alla quota -2.00, di concerto con l'Amministrazione si è deciso di realizzare un tratto navigabile del rio Seligheddu dalla foce sino a una darsena di nuova costruzione posta subito a monte della ferrovia.

La riqualificazione della foce del rio Seligheddu, offre alla città un interessante contatto con il fiume fruibile come via d'acqua e dagli itinerari pedonali e ciclabili progettati in continuità con quanto già realizzato nel lungomare che permettono di godere di una mobilità lenta in un contesto paesaggistico di particolare valenza.

La darsena costituisce un punto di approdo per le piccole imbarcazioni che possono transitare al di sotto del Ponte di Via Roma e risalire il Seligheddu trovando riparo in appositi attracchi. La nuova darsena sarà raggiungibile attraverso un piccolo tratto di nuova viabilità che la collegherà alla viabilità esistente.

4 ANALISI COSTI BENEFICI

L’analisi costi benefici per opere che interessano la mitigazione del rischio idraulico come quella in oggetto si traduce nella comparazione dei flussi di cassa negativi rappresentati dai costi di investimento per la realizzazione delle opere in progetto e dei costi gestionali e manutentivi delle stesse occorrenti per garantire la funzionalità durante il corso della vita utile, con i benefici derivanti dalla realizzazione degli interventi che si traducono nelle ricadute in termini di pubblica sicurezza delle popolazioni e nella salvaguardia del territorio, del sistema insediativo e infrastrutturale.

Nell’analisi economica oltre ai costi e ai benefici monetari diretti, si considerano i costi e i benefici sociali connessi alla realizzazione dell’opera nei confronti dell’ambiente e della collettività, che si possono classificare in:

- benefici diretti, ricavi derivanti dalla realizzazione, vendita e/o gestione dell’opera;
- benefici indiretti, esterni, relativi a beni privi di un prezzo di mercato ma che possono essere calcolati in via indiretta;
- benefici intangibili, benefici esterni che non possono essere quantificati, ma solo descritti.

Ai fini dell’analisi costi-benefici, per quanto riguarda le opere in progetto, che perseguono la finalità della riduzione del rischio idraulico del Comune di Olbia, poiché non si tratta di opere che per loro natura producono un reddito o una rendita, si considererà quale beneficio indiretto il valore dei danni che la realizzazione dell’opera permette di evitare.

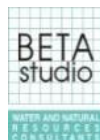
Oltre al beneficio indiretto, la realizzazione dell’opera ha sicuramente una serie di benefici intangibili, come l’effetto positivo che ha sulla popolazione il pensiero di non dover subire un allagamento ogni qualvolta si presenti una situazione meteorologica con piogge poco più abbondanti del solito.

4.1 La stima dei danni

4.1.1 Premessa

In questo paragrafo si illustra la metodologia seguita per la stima dei danni riconducibili agli eventi alluvionali che hanno interessato la città di Olbia.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



I danni vengono solitamente classificati nelle categorie “diretti” ed “indiretti”, a loro volta suddivisi in “tangibili” ed “intangibili”. La distinzione tra danno tangibile e danno intangibile si basa sul fatto di poter assegnare o meno un valore monetario alle conseguenze dell’inondazione. I danni diretti risultano dal contatto fisico tra l’evento naturale (pioggia, mareggiata, sisma, eruzione, ecc.) e i beni ricadenti sul territorio interessato. Tali danni possono essere tangibili, come quelli agli edifici ed al loro contenuto, oppure intangibili (di difficile quantificazione), quale la perdita di un’area archeologica o il danno ad un ecosistema. I danni indiretti tangibili sono quelli riferiti, ad esempio, alla perdita di produzione industriale, agricola, ecc. Tali danni, a loro volta, possono causare la perdita di attività economiche (oltre che all’indotto che tali attività generano) così come la riduzione del reddito e delle entrate fiscali, costi addizionali per servizi di emergenza, perdita nel valore delle proprietà, aumento dei costi di assicurazione, disoccupazione e riduzione di salari e stipendi. Tra le perdite intangibili, infine, si possono ricondurre tutti quegli inconvenienti di natura clinica conseguenti il recupero psico-fisico dall’evento climatologico subito, quali gli impatti dovuti ad effetti sulla salute, valutabili con il metodo delle preferenze dichiarate (valutazione contingente, ossia la disponibilità individuale a pagare per un bene “senza mercato”).

Nei successivi paragrafi si determinano i contributi economici corrispondenti alle diverse tipologie di danno elencate.

4.1.2 Stima del danno diretto - Aspetti metodologici

Come anticipato in premessa i danni diretti sono legati al contatto diretto dell’acqua con i beni danneggiati.

Per la determinazione dei danni diretti ci si avvale alle “curve di danno” che esprimono il “danno atteso” in funzione della pericolosità dell’evento (espresso, nel caso di un’inondazione, dall’altezza idrica di allagamento) e delle caratteristiche di vulnerabilità dell’attività/bene esposto. Tali curve rappresentano lo strumento principale adottato, a livello internazionale, per la valutazione dei danni diretti a varie categorie residenziali, ossia delle curve basate sulla relazione tra la probabilità del danno subito e le caratteristiche fisiche dell’evento di pioggia (variabili idrauliche quali l’altezza idrica d’inondazione).

Esistono due tipi di curve di danno: curve di danno assoluto che legano il valore economico complessivo del danno all'altezza di allagamento; curve di danno relative, che legano il danno relativo, cioè la percentuale del danno rispetto al valore dell'elemento esposto, all'altezza di allagamento.

Le curve possono essere ricavate da inventari di danno (valutazioni di tipo statistico eseguite a posteriori) o dalla costruzione di scenari di danno (valutazioni a priori), tuttavia, non esistono ancora curve valide riconosciute per il contesto Italiano. Alla scala locale, la valutazione avviene a livello del singolo edificio, mentre, alla meso-scala la valutazione si focalizza su unità territoriali omogenee, solitamente in termini di destinazione d'uso (residenziale, industriale, agricolo, ecc.).

Per eseguire la nostra valutazione si è scelto di percorrere la strada della costruzione dello scenario di danno, ovvero di valutare il danno a priori calcolato sulla base dell'altezza del tirante idrico (altezza di allagamento), in quanto non è stato possibile prendere come riferimento i dati delle richieste di rimborso dei cittadini, poiché la documentazione relativa alle stesse è risultata essere incompleta (mancavano i dati relativi a molti immobili danneggiati) e comunque allo stato attuale non ancora certificata (non si ha alcuna certezza che le cifre richieste siano quelle reali).

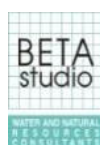
Infatti al momento la documentazione a disposizione in riferimento ai danni diretti tangibili agli immobili ed alle attività è unicamente quella ricavabile dalle dichiarazioni dei cittadini rese nelle schede di ricognizione danni della Protezione Civile.

Pertanto si è scelto di eseguire la valutazione del danno seguendo una metodologia che ragioni sulla meso-scala, mettendo in relazione il danno che l'evento causa con la destinazione d'uso del suolo e l'altezza del battente idrico.

Infatti la magnitudo del danno è certamente legata in maniera proporzionale all'altezza del battente idrico e dipende inoltre all'uso del suolo caratteristico del territorio colpito.

Operativamente, sulla scorta della simulazione delle aree allagate per ogni onda di piena con assegnato tempo di ritorno, attraverso il rilievo aerofotogrammetrico si evidenziano gli edifici ricadenti in tali aree e si associa ad ognuno la relativa destinazione d'uso e il valore

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



economico a nuovo, ricavando i prezzi dalle quotazioni immobiliari locali. L'entità del danno percentuale in funzione dell'altezza dell'acqua raggiunta nell'edificio, incrociato con il valore economico di mercato dell'immobile, darà così luogo al valore di danno assoluto dell'immobile per ciascun livello di allagamento.

Il danno assoluto sarà poi relativizzato in funzione all'uso del suolo (destinazione d'uso).

Come primo passo per stimare l'impatto economico diretto (danno tangibile diretto) delle alluvioni, è possibile utilizzare le funzioni di danno potenziale attraverso la procedura di valutazione che è stata individuata in un lavoro prodotto nel 2007 dai consulenti della società olandese HKV, per conto del “Joint Research Centre” della Commissione Europea.

Per ciascuno dei 27 Stati membri dell'Unione (oltre 4 Stati non UE) sono state valutate delle funzioni di massimo danno, relative a 44 classi d'uso del suolo (secondo la classificazione CORINE LandCover), sulla base dei costi a nuovo (sostituzione) e dei costi di produttività valutati nei Paesi Bassi.

Nello studio della HKV i costi “a nuovo” (o di sostituzione) sono stati utilizzati per la valutazione dei danni fisici agli edifici, al suolo e alle infrastrutture, ipotizzando che essi vengano completamente ripristinati. I costi sulla produttività, invece, sono stati utilizzati per la stima dei costi d'interruzione di quelle attività produttive ubicate all'interno e all'esterno della zona allagata. Gli stessi metodi di valutazione sono stati applicati per determinare le funzioni di danno per ciascuna categoria, in tutti i paesi dell'UE-27, sulla base dei costi di sostituzione e dei costi di sulla produttività, riferendoli ai prodotti nazionali lordi dei 27 Stati membri dell'Unione Europea.

La metodologia è basata su una fase preliminare in cui, tutti i dati disponibili relativi ai danni da inondazione e alle funzioni di danno, sono stati raccolti per tutti gli Stati europei mediante dei questionari. Il secondo passo è stato il confronto delle caratteristiche economiche dei diversi paesi (27 UE e 4 extra UE) attraverso indici statistici quali:

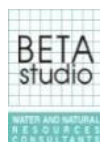
caratteristiche economiche dei diversi paesi (27 UE e 4 extra UE) attraverso indici statistici quali:

- PIL (prodotto interno lordo)
- PIL-PPS (potere d'acquisto standard)
- PIL-PPP (parità del potere d'acquisto)

Gli esperti della HKV hanno raccolto i dati in letteratura inerenti alle funzioni “tirante idrico-danno” elaborando delle curve di danno armonizzate, per ogni classe di uso del suolo, sulla base di una media territoriale. Le nuove “funzioni medie” che ne sono scaturite associano 8 diverse altezze idriche (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 o più metri) ad una percentuale di danno (valori da 0 a 1) per ciascuna delle categorie di beni esposti considerati. In questo modo la valutazione della vulnerabilità è rappresentata da “funzioni medie” i cui valori vanno da 0 a 1, mentre gli elementi a rischio sono rappresentati dai valori massimi dei danni valutati per ciascuna classe d'uso del suolo. Le classi più rilevanti sono risultate essere le seguenti 5: zone residenziali e beni contenuti; zone commerciali e industriali e beni contenuti; infrastrutture stradali; agricoltura. I risultati finali sono rappresentati dalle funzioni “tirante idrico-danno” che esprimono il danno in termini di euro/m² a parità di potere d'acquisto.

Per ciascuno dei 31 paesi coinvolti sono state elaborate altrettante funzioni di danno secondo le più importanti classi d'uso del suolo del CORINE Landcover. Le funzioni “profondità- danno” valide per l'Italia sono state fornite dall'EFAS10 (European Flood Awareness System). Le funzioni principali per le aree urbanizzate e artificiali e per quelle agricole sono mostrate nelle figure seguenti.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



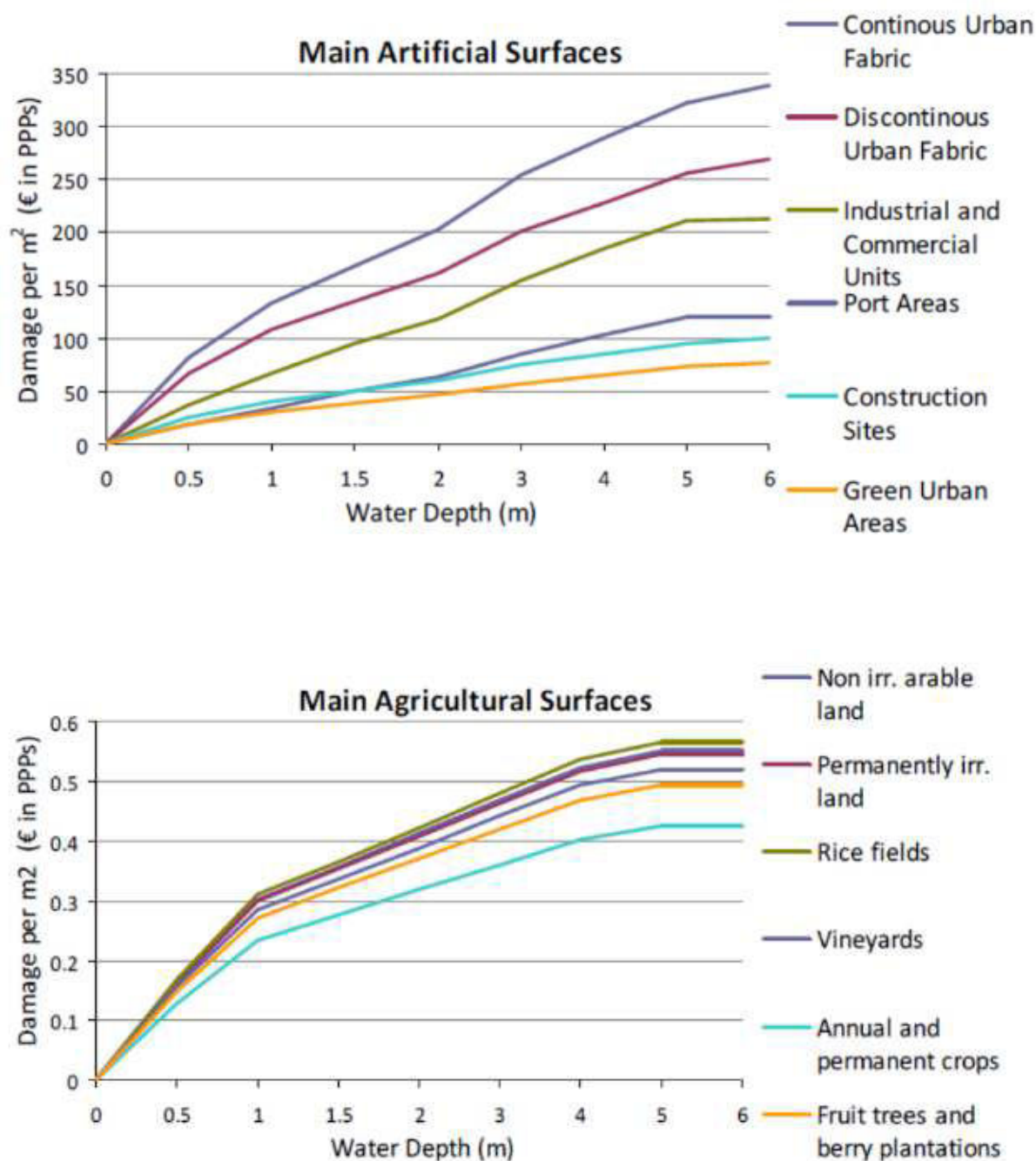


Figura 4.1 - Funzioni "profondità-tirante idrico" per le principali classi di uso del suolo in Italia

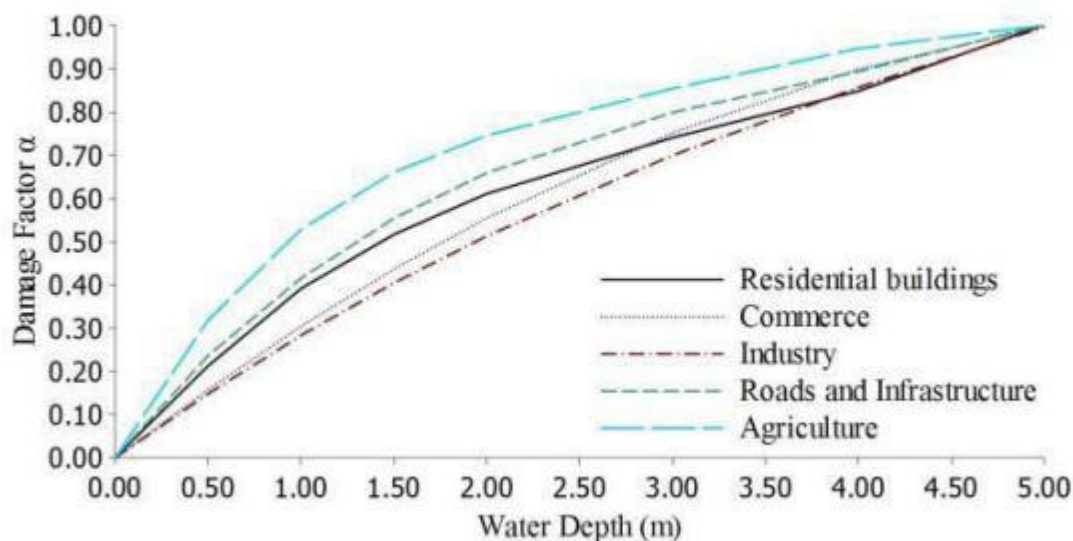


Figura 4.2 - Funzioni di danno relative armonizzate valide per l'UE (da Frongia et al., 2016)

La metodologia dell'HKV può essere così riepilogata: il primo input è rappresentato dalle mappe di pericolosità d'inondazione determinate per i vari tempi di ritorno; il secondo input è il database del CORINE LandCover (uso del suolo); il terzo e ultimo dato di input per la determinazione del danno potenziale è rappresentato dall'elaborazione delle funzioni “battente idrico-danno”.

Tale metodologia è stata utilizzata, anche se con l'inserimento di fattori correttivi motivati, per eseguire diverse analisi costi-benefici relativamente alla realizzazione di opere di salvaguardia idraulica, quali il “Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della Regione Sicilia” (novembre 2015), nello “Studio di fattibilità del comune di Monteriggioni (SI) per l'individuazione degli interventi sui fossi Massimina e di Poggio Orlando, in loc. Badesse, per la mitigazione del rischio idraulico” (giugno 2015), ed infine dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, che utilizza il metodo per eseguire l'analisi costi benefici del Piano di Gestione del Rischio Alluvione del Bacino del Fiume Coghinas, attuando anche una procedura di validazione attraverso il raffronto tra i risultati della metodologia ed il danno realmente verificatosi nell'alluvione del Fiume San Gerolamo a Capoterra.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

4.1.3 Stima dei danni diretti al sistema insediativo e infrastrutturale della città di Olbia

Dopo aver illustrato nel precedente paragrafo la metodologia seguita per la determinazione dei danni diretti tangibili al patrimonio edilizio, alle infrastrutture e alle attività produttive (commerciali, agricole, industriali, artigianali...), in questo paragrafo si procede all'applicazione alla città di Olbia al fine di stimare l'entità dei danni in oggetto nello scenario corrispondente al verificarsi dell'evento alluvionale del novembre 2013. La procedura che di seguito si illustra è quella utilizzata per la stima del danno da alluvione come determinata nello SIA prodotto dal Comune di Olbia nell'aprile 2019.

Partendo dalla carta delle destinazioni d'uso del territorio, si è provveduto in ambiente GIS alla sovrapposizione con la carta dei tiranti idrici rilevati nel 18/11/2013, (Tav. 3a "Quadro delle opere per la riduzione del rischio idraulico e nello Studio di Variante al PAI del territorio urbano del Comune di Olbia"), utilizzando le funzioni di danno relative definite come costo del danno (in €-PPP) per ogni metro quadrato d'uso specifico del territorio.

L'impatto economico diretto provocato dall'alluvione è stato calcolato moltiplicando ciascun valore di danno per le corrispondenti categorie di uso del suolo individuate. In stretto riferimento al territorio interessato dagli eventi alluvionali nel Comune di Olbia, sono state individuate le seguenti categorie di uso del suolo maggiormente rappresentative del territorio in oggetto:

- residenziale
- commerciale - industriale/artigianale
- strade e infrastrutture
- agricola

Sono state accorpate le due categorie commerciale ed industriale, in quanto l'inondazione ha interessato zone urbane che sono caratterizzate dalla presenza di attività in maggior percentuale a carattere commerciale e da alcune attività artigianali, ma nessuna vera attività industriale.

Per quanto riguarda la categoria agricola è necessario precisare che il presente studio interessa l'area urbana del territorio comunale e perciò la percentuale di suolo a

destinazione agricola è molto bassa rispetto alle destinazioni residenziale e commerciale.

Nella categoria strade ed infrastrutture vengono comprese le strade ed anche le infrastrutture quali il parco Fausto Noce, lo Stadio Bruno Nespoli, la Forestale ecc..

Alle categorie così individuate sono stati associati i valori medi espressi in €/mq ricavati dallo studio della HKV relativamente al danno assoluto, ossia il danno riferito al tirante massimo, che come abbiamo detto equivale ad un'altezza di sei metri.

Nella seguente tabella si riporta il valore medio in €/mq in funzione della destinazione d'uso.

CATEGORIE USO SUOLO	€/mq (ITALIA)
Residenziale	618
Commerciale/artigianale	511
Strade e Infrastrutture	20
Agricola	0.63

Battente idrico in (m)	Residenziale	Commerciale - Industriale	Infrastrutture	Agricola
0	0	0	0	0
0.5	0.25	0.15	0.25	0.3
1	0.4	0.3	0.42	0.55
1.5	0.5	0.45	0.55	0.65
2	0.6	0.55	0.65	0.75
3	0.75	0.75	0.8	0.85
4	0.85	0.90	0.9	0.95
5	0.95	1	1	1
6	1	1	1	1

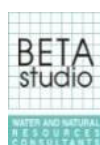
Tabella 4 - – Fattori di danno in funzione del battente idrico e della categoria d'uso

In riferimento ai valori sopra indicati, l'analisi è stata condotta su altezze di battente idrico

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



fino a due metri, altezza massima del tirante idrico rilevato durante l'evento alluvionale del 18/11/2013, caratterizzato da una frequenza Tr 35.

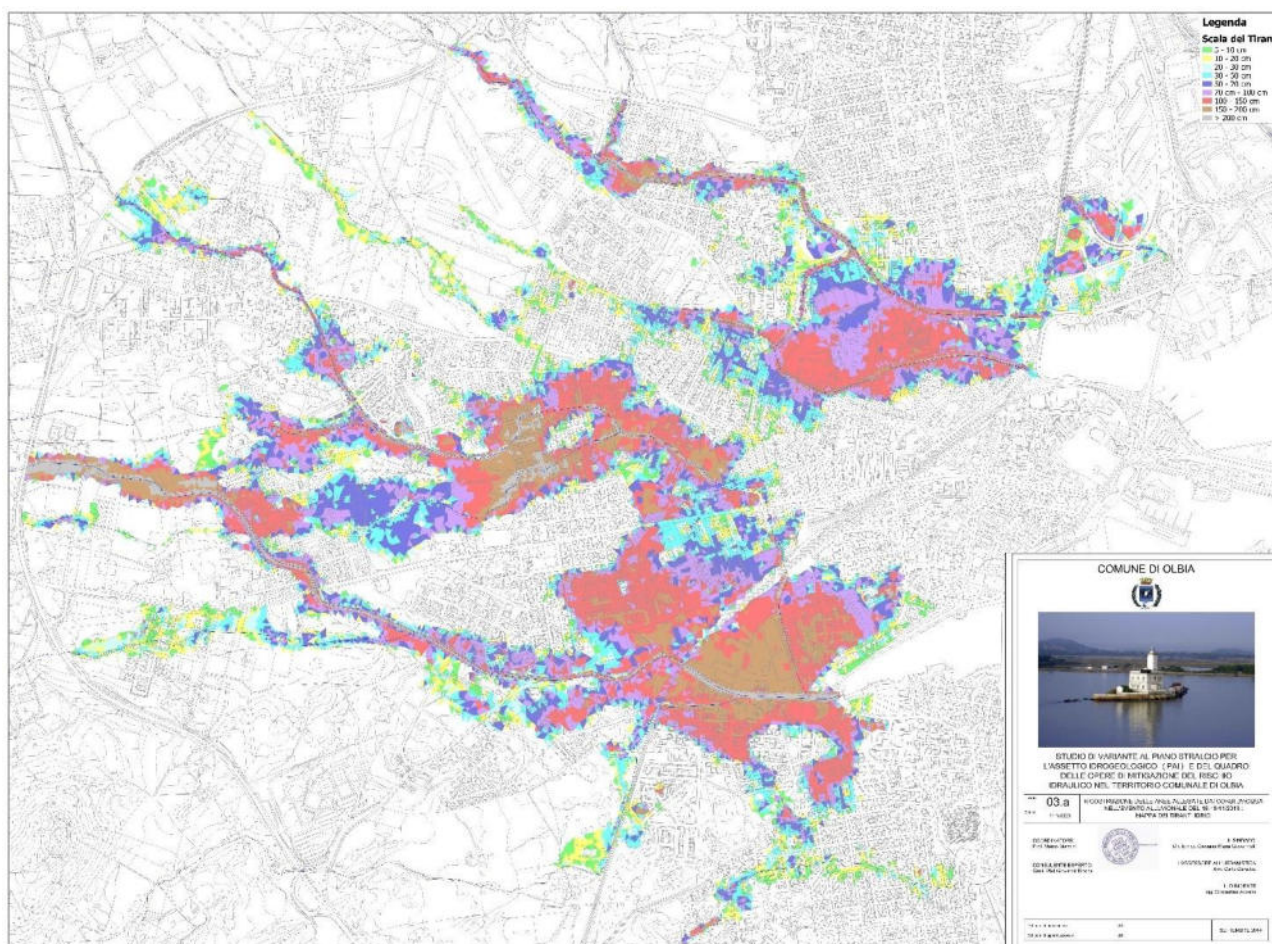


Figura 4.3 - Tavola dei tiranti idrici relativi all'evento del 18/11/2013, Tr35

I dati dimensionali utilizzati per la valutazione del danno (superfici interessate), sono stati ricavati attraverso la misurazione delle aree sullo shape file catastale sovrapposto alla tavola dei battenti idrici. All'interno dello stesso file erano riportati anche i dati relativi alle richieste di danno suddivise tra attività produttive e residenze, che, anche se come detto parzialmente incomplete, hanno fornito un supporto per individuare zone comprese all'interno delle aree allagate, ma con battenti idrici tali da non generare danni all'interno degli immobili.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 4.4 - Lotti catastali aree allagate 18/11/2013 ed individuazione richieste danni.

La sovrapposizione tra la carta delle superfici fondiari residenziali colpite dall'evento, le carte dei tiranti idrici e il piano di fabbricazione ha permesso di determinare per ciascuna zona urbanistica, in funzione del tirante idrico, la superficie corrispondente.

Zona Urbanistica	Tirante H	Superficie coperta mq	Zona Urbanistica	Tirante H	Superficie coperta mq	Zona Urbanistica	Tirante H	Superficie coperta mq	Totale Superficie coperta mq
B2	0,5	177.274,76	B3	0,5	61.716,40	C	0,5	207.689,00	446.680,16
B2	1	81.206,85	B3	1	42.973,00	C	1	30.232,00	154.411,85
B2	1,5	18.555,50	B3	1,5	23.841,00	C	1,5	18.070,00	60.466,50
B2	2	23.077,00	B3	2		C	2		23.077,00
								Totale	684.635,51

Tabella 5 - Superfici coperte degli immobili per zona urbanistica e tiranti idrici

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Va evidenziato inoltre che per effettuare correttamente la stima del danno relativamente agli immobili, è necessario tenere conto che i valori al metro quadro devono essere riferiti all'area effettivamente coperta dalle unità immobiliari, pertanto, i valori di superficie ottenuta attraverso le misurazioni delle aree totali sulle planimetrie catastali fornite dall'amministrazione sono stati tutti ridimensionati attraverso l'applicazione di un parametro che tenesse conto dell'effettiva percentuale di superficie edificata in riferimento alla superficie fondiaria misurata. Il parametro più corretto tra quelli a nostra disposizione per effettuare questo ridimensionamento è l'indice di utilizzazione fondiaria (rapporto tra superficie massima edificabile e superficie fondiaria), differente per le diverse zone urbanistiche interessate dall'evento, che è stato estrapolato dalle Norme di Attuazione del Piano di Fabbricazione del Comune di Olbia. La superficie rilevata nella precedente tabella è stata moltiplicata, a seconda della zona urbanistica di pertinenza, per l'indice di utilizzazione fondiaria fornito dalle Norme. Si riporta di seguito, a titolo esemplificativo, parte di una delle tabelle estrapolate dai fogli di calcolo.

Sulla base delle modalità esposte, moltiplicando il fattore correttivo relativo alla superficie fondiaria, per il fattore relativo al tirante idraulico, per il valore medio corrispondente alla categoria di suolo residenziale, per la superficie fondiaria in mq, si ottiene il danno in euro.

Di seguito si riporta la tabella di sintesi delle superfici fondiarie corrette con il fattore correttivo legato alla superficie edificata.

Zona Urbanistica	Fattore correttivo della superficie fondiaria misurata	Superficie fondiaria totale	Superficie coperta totale
B2	1	300.114,11	300.114,11
B3	0,7	128.530,46	89.971,32
C	0,4	255.991,12	102.396,44
TOTALE		684.635,69	492.481,87

Tabella 6 - Superfici coperte corrispondenti alle zone urbanistiche considerate

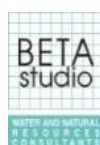
Il valore ottenuto dalle misurazioni riferito alla superficie fondiaria totale occupata dagli

immobili residenziali interessati dall'alluvione, pari a 684.635,69 mq, in seguito al decremento dovuto all'applicazione dell'indice di copertura, viene ridotto a 492.481,87 mq. Tale valore trova conferma nel raffronto con la superficie coperta totale degli immobili residenziali ubicati all'interno delle aree allagate che è di 678'736,00 mq, con una superficie media ad abitazione di 95 mq. (Dato ISTAT anno 2001, fonte Ufficio statistica del Comune di Olbia, dal documento "Analisi socio economica dell'area colpita dall'alluvione del 2013"). Nelle tabelle di sintesi seguenti sono rappresentati i valori di danno calcolati per ognuna delle quattro categorie di uso del suolo oggetto di analisi, in funzione della zona urbanistica e del tirante idraulico.

Riepilogo aree residenziali						
Zona Urbanistica	Rapporto Copertura	Tirante Idraulico (m)	Fattore di danno	Valore medio danno (€/mq)	Superficie (mq)	Danno (€)
B2	1	0,5	0,25	618	177.274,76	27.388.950,42
B2	1	1	0,4	618	81.206,85	20.074.333,32
B2	1	1,5	0,5	618	18.555,50	5.733.649,50
B2	1	2	0,6	618	23.077,00	8.556.951,60
B3	1	0,5	0,25	618	61.716,40	9.535.183,80
B3	1	1	0,4	618	42.973,00	10.622.925,60
B3	1	1,5	0,5	618	23.841,00	7.366.869,00
C	1	0,5	0,25	618	207.689,00	32.087.950,50
C	1	1	0,4	618	30.232,00	7.473.350,40
C	1	1,5	0,5	618	18.070,00	5.583.630,00
						134.423.794,14

Tabella 7 – Stima del danno diretto sugli immobili residenziali

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Riepilogo aree commerciali-artigianali				
Tirante Idraulico (m)	Fattore di danno	Valore medio danno (€/mq)	Superficie coperta (mq)	Danno (€)
0,5	0,15	511	16.048,80	1.230.140,52
1	0,3	511	16.562,00	2.538.954,60
1,5	0,45	511	10.216,90	2.349.376,16
2	0,55	511	3.353,91	942.616,41
TOTALE			46.181,61	7.061.087,68

Tabella 8 – Stima del danno diretto sugli immobili commerciali - artigianali

I dati riguardanti le attività produttive sono stati ottenuti incrociando le superfici catastali degli immobili interessati e operando, in questo caso, un raffronto con le superfici coperte desunte dalle richieste di danno e, dove necessario o noto, utilizzando le conoscenze dirette riguardo all'ingombro degli edifici misurati sulle planimetrie. A tale scopo sono stati utilizzati anche i rilievi aerofotogrammetrici e le ortofoto.

Riepilogo aree infrastrutture				
Tirante Idraulico (m)	Fattore di danno	Valore medio danno (€/mq)	Superficie coperta (mq)	Danno (€)
0,5	0,25	20	399.351,38	1.996.756,90
1	0,42	20	80.436,00	675.662,40
1,5	0,55	20	213.346,00	2.346.806,00
2	0,65	20	6.194,00	80.522,00
TOTALE			699.327,38	5.099.747,30

Tabella 9 - Stima del danno diretto sulle infrastrutture

Le strade e le infrastrutture sono state misurate secondo la loro reale estensione, sempre

sulla sovrapposizione delle planimetrie catastali con il tirante idrico.

Riepilogo aree agricole				
Tirante Idraulico (m)	Fattore di danno	Valore medio danno (€/mq)	Superficie coperta (mq)	Danno (€)
0,5	0,3	0,63	0	0
1	0,55	0,63	1.065.014,00	369.027,35
1,5	0,65	0,63	76.269,42	31.232,33
2	0,75	0,63	0	0
TOTALE			1.141.283,42	400.259,68

Tabella 10 - Stima del danno diretto sulle aree agricole

Le zone agricole sono state misurate secondo la loro estensione sulle planimetrie catastali, sovrapposte ai tiranti idrici.

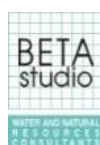
La tabella sottostante rappresenta la sintesi dei valori di danno ottenuti in funzione delle quattro categorie di uso del suolo oggetto di analisi.

Valore danno in funzione dell'uso del suolo	
Residenziale	€ 134.423.794,14
Commerciale - artigianale	€ 7.061.087,68
Infrastrutture	€ 5.099.747,30
Agricolo	€ 400.259,68
Totale	€ 146.984.888,80

Tabella 11 - Stima del danno diretto sulle diverse categorie d'uso del suolo

L'importo del danno appena calcolato è riferito all'anno 2019. Al fine di aggiornare l'importo al 2023, si è utilizzato l'indice relativo al costo di costruzione di un fabbricato civile per la residenza, quello relativo a un capannone industriale per il commerciale,

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



quello relativo a un tronco stradale per le infrastrutture. L'incremento si determina moltiplicando per cento il rapporto tra l'indice all'anno 2023 e quello all'anno 2019, il tutto diminuito di 100. I valori ottenuti si sono applicati agli importi in tabella e hanno permesso di ottenere la nuova tabella aggiornata. Per l'ambito agricolo si è stimato un incremento medio del 10%.

Di seguito si riporta la tabella con i valori attualizzati.

Valore danno in funzione dell'uso del suolo Anno 2019		Indice costo costruzione 2023 ISTAT	Indice costo costruzione 2019 ISTAT	Incremento %	Valore danno aggiornato al 2023
Residenziale	134 423 794,14 €	126,6	102,9	23,03	165 381 593,93 €
Commerciale - Artigianale	7061087,68	124,7	93,9	32,80	9377124,439
Infrastrutture	5 099 747,30 €	120	102,6	16,96	5 964 664,44 €
Agricolo	400 259,68 €			10,00	440 285,65 €
Totale	146 984 888,80 €				181 163 668,46 €

Tabella 12 - Attualizzazione del valore del danno

Nella valutazione dei benefici legati alla realizzazione delle opere occorre tener conto del fatto che gli interventi previsti in progetto garantiscono la protezione del centro abitato da eventi con tempo di ritorno di 200 anni. Qualora l'abitato fosse stato oggetto di un evento più intenso rispetto a quello legato al ciclone Cleopatra, con portate dell'ordine di quelle utilizzate per il dimensionamento delle opere di progetto, è plausibile che anche il danno da esso causato sarebbe stato ancora più consistente. Tuttavia in via cautelativa, non si prevedono maggiorazioni in tal senso. Si considerano trascurabili i battenti idrici previsti a seguito della realizzazione delle opere di mitigazione ai fini della quantificazione del danno, compensati ampiamente dalla quota parte di benefici non considerata nell'analisi, come meglio specificato di seguito.

4.1.4 Valutazione del danno tangibile ai veicoli

Sulla stima del numero dei veicoli che si trovavano all'interno delle aree alluvionate al momento dell'esondazione, eseguita dall'ufficio statistica del Comune di Olbia, è stato

calcolato il danno agli autoveicoli.

Il numero degli autoveicoli stimati all'interno delle aree è di 5.500, considerando che al momento si trovavano sia autoveicoli di residenti che autoveicoli in transito. (fonte: Comune di Olbia). Come valore per autovettura, non avendo a disposizione altri riferimenti, si è assunto come base il valore medio per sinistro stimato dall'ANIA, secondo cui il costo medio di un sinistro per incidente stradale relativo alle autovetture è pari a 8.879 € (anno 2022) (da: "Statistica annuale RC Auto ANIA" _anno 2022). Non si considerano i danni ad altre tipologie di mezzi e i costi da sostenere per la rottamazione dei veicoli e le pratiche connesse, i costi sociali legati alla mancata disponibilità del veicolo ecc..

Danno Autovetture		
N. Autovetture	Valore medio del danno	Totale
5.500	€ 8.879,00	€ 48.834.500

Tabella 13 – Danno tangibile ai veicoli

4.1.5 Valutazione del danno alla produzione

Oltre al danno arrecato dalla piena alle attività produttive, è stato stimato il danno alla produzione, inteso come mancata produttività di coloro che risiedevano all'interno dell'area, a causa dei giorni persi durante il periodo di prima emergenza ed il periodo seguente, durante il quale la popolazione ha provveduto a rimettere in pristino i beni danneggiati.

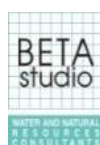
Per stimare i danni alla produttività si è preso come riferimento il valore medio di 140 €/addetto/giorno, da moltiplicarsi per il numero degli addetti e per i giorni di inattività.

Il numero degli addetti è stato calcolato sulla percentuale del tasso di occupazione dell'area, pari a 45.7%, su un numero di residenti di 19.198 unità. Il danno alla produzione è riassunto nella seguente tabella.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Mancata redditività Popolazione Alluvionata		
Tasso occupazione area alluvionata		54,60%
Abitanti fascia 18 – 65 anni n. 38.304		20.914,00
Giorni di inattività		20
Perdita di valore aggiunto giornaliero per addetto in €		140
$D_{prod.} = VA * L * G$	=	€ 58 559 155,00

Tabella 14 – Danno da mancata produttività

4.1.6 I costi di gestione delle emergenze

Rientra nella valutazione del danno subito dalla popolazione l'onere che l'amministrazione ha dovuto sostenere per la gestione delle emergenze.

Si riporta di seguito il riepilogo delle spese sostenute:

Tabella 15 – Spese sostenute per la gestione delle emergenze

INTERVENTI DI SOMMA URGENZA A SEGUITO DELL'EVENTO DEL 18/11/2013 Spese ordinate fino alla data del 26/12/2013	
LAVORI DI SOMMA URGENZA DI RIMOZIONE DETRITI E RIPRISTINO DEL NORMALE DEFLUSSO DEI CANALI CITTADINI A SEGUITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL 18-11-2013: Atto di impegno N. 545 del 20-11-2013	€ 130.000,00
LAVORI DI SOMMA URGENZA DI RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITA' DELLA RETE DI RACCOLTA DELLE ACQUE PIOVANE, RISANAMENTO SERBATOI E APPROVVIGIONAMENTO IDRICO A SEGUITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL 18-11-2013 Affidamento ed assunzione impegno di spesa alla Ditta I&G Gallura, Gallura spurghi, Dell'Orefice, De Vizia Transfer spa Atto di impegno N.546 del 21-11-2013	€ 450.000,00
Interventi urgenti per garantire la pubblica incolumità e finalizzati a favorire le operazioni di soccorso e assistenza della popolazione del Comune di Olbia e colpita dall'eccezionale ondata di maltempo del 18/11/2013 Atto di impegno N. 549 del 21-11-2013	€ 250.000,00
Interventi indifferibili e urgenti per il conferimento dei rifiuti derivanti dalle operazioni di ripristino e messa in sicurezza delle aree ubicate nel Comune di Olbia e colpite dall'eccezionale ondata di maltempo del 18/11/2013 Atto di impegno N. 548 del 21-11-2013	€ 2.275.000,00
Interventi indifferibili e urgenti per operazioni bonifica e messa in sicurezza di emergenza a seguito di sversamento di sostanze altamente inquinanti e pericolose nelle aree ubicate nel Comune di Olbia e colpite dall'eccezionale ondata di maltempo del 18/11/2013 Atto di impegno N. 550 del 22-11-2013	€ 210.000,00
Interventi indifferibili e urgenti su edifici pubblici strategici e dei servizi essenziali ubicati nel Comune di Olbia e colpite dall'eccezionale ondata di maltempo del 18/11/2013 Atto di impegno n. 547 del 21-11-2013	€ 1.060.000,00
TOTALE	€ 4.375.000,00

A quanto sopra va aggiunto il risarcimento corrisposto dall'Amministrazione Comunale alla popolazione sfollata, che ammonta a 200 €/persona, al mese per un anno di tempo.

Le abitazioni che hanno ricevuto l'ordinanza di sgombero sono 634, considerando una media di 2.2 occupanti (fonte:Ufficio di Statistica del Comune di Olbia), per 12 mesi per 200 €/persona, l'indennità di inagibilità ammonta a € 3.347.520,00.

L'importo di 4.375.000,00 € e di 3.347.520,00, viene attualizzato al 2023 attraverso l'Indice dei prezzi al consumo per famiglie operai e impiegati applicato con la funzione "Rivaluta" disponibile nel sito ISTAT. L'indice di rivalutazione è pari a 1.195, la somma attualizzata è pari a **9.228.411,40 €**.

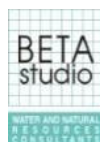
4.1.7 La valutazione delle perdite di vite umane

Nell'evento del 18/11/2013 vi furono 6 vittime. Non si tiene conto dell'incremento demografico e del conseguente incremento delle possibili vittime al ripresentarsi di un evento catastrofico come quello in esame.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Assumendo pertanto pari a 6 le vittime, il valore della vita umana è stato determinato in funzione delle stime condotte dai vari studi in sede europea e statunitense.

Tavola 2: Il valore della vita statistica secondo diversi studi (€, 2000)

	<i>Value of statistical life (€)</i>	<i>Years of life lost due to a heart attack caused by traffic noise</i>	<i>Value of a life year lost (€ per year)</i>
UNITE, 2003		7	74500
RECORDIT, 2001		7	74500
HEATCO, 2005		7	40300
TRL, 2001	1.500.000		
INFRAS/IWW, 2004	1.500.000		
High Level Group, 1999	3.100.000		84.000
UBA, 2006			50.000

Fonte: CE Delft, 2007.

Tabella 16 – Valore della vita umana nei diversi studi

Indicativamente in ambito europeo il costo medio della vita umana è compreso tra 1,7 e 2,1 milioni di euro al 2007.

Nel presente studio si assume in via cautelativa un valore della vita umana pari a 1.800.000,00 €, cui corrisponde un beneficio pari a **10.800.000,00 €**.

4.1.8 Valutazione del danno psichico

L'impatto psicologico derivante dall'evento catastrofico del ciclone Cleopatra sui cittadini che lo hanno vissuto ha riflessi significativi sul piano psichico legati alla sensazione di minaccia dell'integrità fisica propria e delle persone a loro care.

Inoltre i danni economici, l'abbandono delle residenze, la perdita di familiari, amici, la perdita del lavoro, la mancanza di generi primari determinano un significativo livello di stress a carico della popolazione. La consapevolezza della possibilità del ripresentarsi di fenomeni come quello vissuto produce impatti emotivi che minano l'equilibrio psichico.

Le risultanze di ciò possono tradursi in manifestazioni di ansia, attacchi di panico, e, nei casi più gravi, in disturbo post traumatico da stress. In particolare, se lo stress perdura, poiché l'evento traumatico si protrae nel tempo, è possibile che la paura si cronicizzi, diventi

angoscia e insorgano patologie vere e proprie. Il danno psichico che la popolazione subisce in occasione di catastrofi naturali è una sub species del danno biologico.

Nel diritto vivente il danno biologico viene definito in senso stretto come lesione dell'integrità psicofisica medicalmente accertabile. In altre parole il danno biologico è un danno alla salute dell'individuo. Quindi qualsiasi lesione, ovvero alterazione patologica, nel corpo o nella mente, costituisce un danno biologico.

La lesione psichica (per es. la depressione, l'agorafobia, la psicosi etc.) interessa la mente umana. Costituisce una lesione alla salute e quindi un danno biologico.

Il danno psichico pertanto può essere definito come una lesione della salute psichica dell'individuo, che consiste nell'alterazione patologica dell'integrità psichica e dell'equilibrio di personalità provocate da un evento traumatico, che può limitare, in maniera più o meno grave e più o meno durevole l'esplicazione di alcuni aspetti della vita quotidiana.

Il danno psichico in quanto danno biologico, ossia lesione della salute psichica dell'individuo, è oramai pacificamente riconosciuto come risarcibile dalla giurisprudenza.

Sussistono diverse metodologie di quantificazione del danno psichico.

Incidenza ininfluente (fino al 9%) Incidenza lieve (10-20%) permette un funzionamento compatibile con la maggior parte delle attività svolte dal soggetto, ma comporta uno sforzo di adattamento e presenta episodi problematici ricorrenti (ES, un soggetto deve mettere in atto strategie di adattamento superiori a quelle abituali per poter gestire episodi ansiogeni e persino per lavorare e per gestire le relazioni interpersonali.)

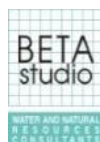
Incidenza moderata (21-30%). Permette un funzionamento faticoso in una o più aree della vita del soggetto con apprezzabile usura delle risorse (ad es., nell'area relazionale il soggetto mantiene relazioni anche significative ma a prezzo di sforzi considerevoli e con dispendio di energie per riuscirci e le relazioni sono comunque inficiate dalla sua menomazione.)

Incidenza rilevante (31-45%). Determina un funzionamento alterato in una o più aree della vita del soggetto (es, la persona è soggetta ad attacchi di panico, ancorché episodici, e tali sintomi finiscono per alterare sia l'area relazionale che di realizzazione lavorativa e sociale)

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Incidenza grave (46-60%). Comporta una compromissione totale del funzionamento di un'area della vita del soggetto (disturbo fobico che impedisce di uscire di casa) Oppure un funzionamento globalmente estremamente difficoltoso di tutte le aree della vita del soggetto (es, soggetto che sviluppa un disturbo di ansia pervasivo, che crea un cattivo funzionamento nel controllo emotivo tranne che in quelle cognitive).

Incidenza gravissima (61-80%). Determina una compromissione del funzionamento della vita autonoma del soggetto sia sul piano della cura di sé che della relazione (gravi disturbi della sfera affettiva, emotiva, tono umore) ovvero si ha la presenza di sintomi invasivi che riducono al minimo i margini di vita autonoma (gravissimi disturbi della sfera affettiva, compulsioni, deliri, allucinazioni gravi e frequenti).

Incidenza totale (oltre 81%). Compromette totalmente il funzionamento non lasciando al soggetto margini di vita autonoma.

La stima del danno psichico sulla popolazione colpita dall'evento alluvionale non può che avvenire in maniera approssimativa, non avendo dati di supporto, considerando che sicuramente tutti coloro che hanno subito l'evento alluvionale, abbiano subito un danno psichico almeno da considerarsi come danno biologico per lesioni di lieve entità (fino al 9%), anche e soprattutto in considerazione che ad oggi la situazione del reticolo idrografico si presenta pressoché invariata e l'annuncio di precipitazioni di entità superiore al normale genera sempre ansia nella popolazione colpita.

E perciò, dall'art. 139 del Codice delle assicurazioni, ai soli fini della determinazione economica del danno psichico subito dalla popolazione (e del conseguente beneficio) si riporta:

1) Il risarcimento del danno biologico per lesioni di lieve entità, è effettuato secondo i criteri e le misure seguenti:

a) a titolo di danno biologico permanente, è liquidato per i postumi da lesioni pari o inferiori al nove per cento un importo crescente in misura più che proporzionale in relazione ad ogni punto percentuale di invalidità; tale importo è calcolato in base all'applicazione a ciascun punto percentuale di invalidità del relativo coefficiente secondo la correlazione esposta nel comma 6. L'importo così determinato si riduce con il crescere dell'età del soggetto in ragione dello zero virgola cinque per cento per ogni anno di età a partire

dall'undicesimo anno di età. Il valore del primo punto è pari ad euro 674,78;

2). Agli effetti di cui al comma 1 per danno biologico si intende la lesione temporanea o permanente all'integrità psico-fisica della persona suscettibile di accertamento medico legale che esplica un'incidenza negativa sulle attività quotidiane e sugli aspetti dinamico-relazionali della vita del danneggiato, indipendentemente da eventuali ripercussioni sulla sua capacità di produrre reddito (... continua);

6) Ai fini del calcolo dell'importo di cui al comma 1, lettera a), per un punto percentuale di invalidità pari a 1 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,0, per un punto percentuale di invalidità pari a 2 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,1, per un punto percentuale di invalidità pari a 3 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,2, per un punto percentuale di invalidità pari a 4 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,3, per un punto percentuale di invalidità pari a 5 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,5, per un punto percentuale di invalidità pari a 6 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,7, per un punto percentuale di invalidità pari a 7 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 1,9, per un punto percentuale di invalidità pari a 8 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 2,1, per un punto percentuale di invalidità pari a 9 si applica un coefficiente moltiplicatore pari a 2,3.

Con riferimento a quanto illustrato, si procede alla determinazione del danno psichico secondo le considerazioni esposte.

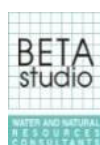
Non avendo dati relativamente alla quantità di abitanti per ogni anno di età, si è proceduto attraverso i calcoli dei valori per fasce di età (fonte: Comune di Olbia, Analisi socio economica dell'area colpita dall'alluvione del 18/11/2013), con l'utilizzo di un valore medio.

Fascia età	Popolazione	Valore medio per fascia di età	Totale euro per fascia di età
0-9	2249	€ 1 551,99	€ 3 490 434,51
10-14	1015	€ 1 528,87	€ 1 551 803,05
15-19	956	€ 1 491,03	€ 1 425 424,68
20-64	14179	€ 1 348,13	€ 19 115 135,27
65-oltre	2765	€ 1 129,20	€ 3 122 238,00
Totale danno psichico			€ 28 705 035,51

Tabella 17 - Danno Psichico post alluvione

La cifra pari a € 28.705.035,51 viene attualizzata al 2023 mediante l'applicazione "rivaluta" presente nel portale Istat. Ottenendo l'importo pari a **€ 33.383.956,30**.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



4.2 Riepilogo dei benefici attesi

La somma delle diverse componenti di costo sostenuti dalla collettività per fronteggiare il dopo alluvione corrisponde ai benefici prodotti dagli interventi di mitigazione del rischio idraulico. Di seguito si riporta la sintesi dei diversi contributi stimati nei precedenti paragrafi.

Benefici	Importo
Danno Diretto tangibile Uso del Suolo	181 163 668,45 €
Costo Gestione Emergenze e Indennità inagibilità	9 228 411,40 €
Costo Perdita vite Umane	10 800 000,00 €
Costo Danni Autovetture	48 834 500,00 €
Danno Mancata Produttività	58 559 155,00 €
Danno psichico	33.383.956,30 €
Totale	341.969.691,15 €

Tabella 18 - Riepilogo dei benefici attesi

Occorre sottolineare che la determinazione dei benefici attesi è stata effettuata con un approccio cautelativo che non ha tenuto conto di maggiorazioni derivanti dalla maggiore protezione offerta dalle opere in progetto rispetto alle portate idriche del ciclone Cleopatra, e non si sono considerate le ricadute sociali delle opere non direttamente quantificabili in modo oggettivo. Inoltre, sempre in via cautelativa si è trascurata la variazione in aumento dei valori immobiliari legati ai terreni che con le opere in progetto potranno passare dalla fascia di pericolosità Hi4 a fasce minori, riacquistando la possibilità di poter essere edificati. Il progetto inoltre introduce elementi di riqualificazione urbana di ambiti degradati quali l'area Colcò e l'area vicina al cimitero che diventeranno un parco urbano e un'area parcheggio, la città potrà beneficiare di nuovi tratti di pista ciclabile che renderanno fruibili le aree a ridosso dei rii e consentiranno una connessione tra i tratti già realizzati. Infine si realizzerà una darsena sul rio Seligheddu con la possibilità di poter navigare con piccole imbarcazioni la parte terminale del fiume. Queste opere incidono in misura sensibile sui costi, e le loro ricadute sociali non vengono considerate nel presente studio per la difficoltà nella quantificazione dei benefici, il tutto a favore di un approccio cautelativo che mira a evidenziare la sostenibilità economica dell'intervento basandosi esclusivamente sulle ricadute sociali monetizzabili.

4.3 I Costi di costruzione

Di seguito si riportano i costi di costruzione delle opere in progetto distinti in lavori e sicurezza, somme a disposizione dell'Amministrazione, al netto e al lordo dell'IVA.

Lavori e Sicurezza	185 549 471,67 €
Somme a disposizione	31 904 885,94 €
Importo intervento al netto di IVA	217 454 357,61 €

IVA	34 045 642,40 €
Totale complessivo con IVA	251 500 000,00 €

Nell'analisi economica non si tiene conto dell'IVA nei costi in quanto rappresenta una partita di giro, a rigore dovrebbero essere applicati prezzi ombra in luogo di quelli finanziari al fine di tenere conto del costo sociale ma in un quadro di semplificazione prudenziale non se ne tiene conto.

4.4 Costi di gestione

Nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico economica cui si riferisce il presente studio di impatto ambientale è stata condotta una preliminare analisi dei costi di gestione e di manutenzione delle opere che si possono sostanzialmente suddividere in quattro voci:

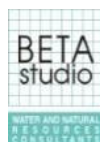
- Costi energetici e costi di manutenzione delle apparecchiature elettromeccaniche;
- Costi del personale di gestione;
- Costi di manutenzione straordinaria delle pareti dei canali scolmatori;
- Costi di rimozione, trasporto e smaltimento dei sedimenti accumulati presso le opere di presa e l'opera di scarico dello scolmatore 1.

Di seguito si illustrano brevemente gli elementi costitutivi dei costi sopra elencati.

4.4.1 Costi energetici

I costi energetici legati alle opere previste nel progetto sono imputabili ai costi per l'energia

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



elettrica delle torri faro previste presso le opere di presa, e per la movimentazione degli organi elettromeccanici oltreché quelli (modesti) per l'assorbimento dei sensori del sistema di telecontrollo ed i sistemi di videosorveglianza.

Si tratta invero di dotazioni impiantistiche piuttosto semplici e per le quali è possibile stimare in questa sede un funzionamento piuttosto raro e quindi con assorbimenti energetici modesti.

Di seguito si riporta in tabella la stima degli assorbimenti energetici dei vari strumenti e attrezzature elettromeccaniche previsti presso le opere.

opere di presa o altra opera idraulica	potenza impegnata (kW)	funzionamento medio annuo (ore)	Energia elettrica (kWh)	Gruppo elettrogeno (litri gasolio)
Abba Fritta + scolmatore 2	50,00	50,00	2.500,00	50,00
san Nicola	50,00	50,00	2.500,00	50,00
deviatore Zozò			-	
deviatore Gadduresu			-	
deviatore Paole Longa			-	
Seligheddu + scolmatore 1	50,00	50,00	2.500,00	50,00
Pasana + scolmatore 1	50,00	50,00	2.500,00	50,00
Paole Longa + scolmatore 1	50,00	50,00	2.500,00	50,00
Opera di scarico nel Padrongianus			-	
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	10,00	8.640,00	86.400,00	
Totale	260,00		98.900,00	250,00

Tabella 19 - Quantità di potenza impegnata ed energia assorbita per le attrezzature elettromeccaniche previste presso le opere

E' stata assunta una potenza impegnata presso le principali opere di presa di 50 kW, in grado di coprire le esigenze sia della torre faro, dei meccanismi attuatori delle paratoie e dei sistemi di telecontrollo composti da sensori di livello, misuratori di portata, sensori di posizione delle paratoie, strumenti di videosorveglianza.

Si tratta invero di attrezzature che hanno un funzionamento molto raro che si può stimare in qualche ora all'anno (50 ore per le attrezzature presso le opere di presa e 8640 ore per quelle del centro di supervisione e telecontrollo) dacché normalmente le paratoie non vengono movimentate e le torri faro vengono attivate unicamente durante gli eventi di piena di particolare intensità.

L'assorbimento medio annuo di energia previsto per le attrezzature ad assorbimento elettrico è quindi ipotizzabile in circa 100.000 kWh = 100 MWh cui corrisponde un costo commerciale di circa 20.000 € al quale va sommato il costo per l'impegno di potenza che porta il costo complessivo medio annuo a circa 26.000 €/anno.

opere di presa o altra opera idraulica	potenza e energia elettrica (€)	gasolio per gruppo elettrogeno (€)
Abba Fritta	1.750,00 €	100,00 €
san Nicola	1.750,00 €	100,00 €
deviatore Zozò		- €
deviatore Gadduresu		- €
deviatore Paole Longa		- €
Seligheddu	1.750,00 €	100,00 €
Pasana	1.750,00 €	100,00 €
Paole Longa	1.750,00 €	100,00 €
Opera di scarico nel Padrongianus		- €
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	17.530,00 €	- €
Totale	26.280,00 €	500,00 €

Tabella 20 – Costi per potenza impegnata ed energia assorbita per le opere

Si è considerato un costo unitario di 25 €/kW per potenza impegnata e 0,2 €/kWh per energia assorbita.

Nelle tabelle sopra riportate sono indicate le quantità e i relativi costi del gasolio per l'alimentazione dei gruppi elettrogeni previsti presso le 5 opere di presa principali.

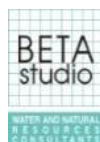
Si tratta, in verità, di costi molto limitati dovuti alla fornitura di 50 litri per ciascun gruppo elettrogeno al costo di 2 €/litro per un totale di costo complessivo annuo di 500 €.

Il costo complessivo della componente energetica relativa alle opere del presente progetto si può perciò stimare per eccesso, e prudenzialmente, in 27.000 €/anno.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



A ciò si aggiungano i costi di controllo, supervisione, riparazione e sostituzione della componentistica delle attrezzature elettromeccaniche per altri 25.000 €/anno secondo la seguente tabella:

opere di presa o altra opera idraulica	manutenzione organi elettromeccanici (€)
Abba Fritta	2.000,00 €
san Nicola	4.000,00 €
deviatore Zozò	2.000,00 €
deviatore Gadduresu	2.000,00 €
deviatore Paole Longa	2.000,00 €
Seligheddu	4.000,00 €
Pasana	2.000,00 €
Paole Longa	2.000,00 €
Opera di scarico nel Padrongianus	
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	5.000,00 €
Totale	25.000,00 €

Tabella 21 – Costi per zione e sostituzione componentistica delle attrezzature elettromeccaniche

4.4.2 Costi del personale di servizio

Il personale di servizio destinato alla manutenzione e gestione delle opere avrà come compito principale quello di controllo ovvero di verifica della funzionalità di tutta la strumentazione e della presenza di sedimenti da rimuovere presso le opere di presa, di vegetazione da rimuovere, di rifiuti depositati presso le opere.

Si tratta di un'attività che può essere svolta in 5 ore al mese per ciascuna delle opere, tale per cui le ore destinate a ciascuna delle opere in un anno sommano a 60.

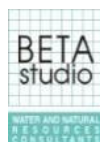
Fanno eccezione le opere di presa su Abba Fritta, Seligheddu, Pasana e Paole Longa, le quali sono direttamente collegate a porzioni di galleria per le quali è opportuno prevedere analoga attività di controllo. Le ore destinate perciò a queste 4 opere di presa e relative gallerie ad esse collegate sono 252 all'anno, pari alla somma delle 60 ore annue destinate all'opera di presa specificatamente intesa e altre 192 ore (pari a 16 ore al mese per 12 mesi) da destinare alle gallerie.

opere di presa o altra opera idraulica	personale per controllo e sorveglianza (ore)
Abba Fritta + scolmatore 2	252,00
san Nicola	60,00
deviatore Zozò	60,00
deviatore Gadduresu	60,00
deviatore Paole Longa	60,00
Seligheddu + scolmatore 1	252,00
Pasana + scolmatore 1	252,00
Paole Longa + scolmatore 1	252,00
Opera di scarico nel Padrongianus	60,00
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	360,00
Totale	1.668,00

Tabella 22 – Impegno del personale di servizio

Qualche considerazione a parte va svolta per quanto riguarda il personale di controllo e servizio dedicato al centro di supervisione e telecontrollo ricavato presso la centrale della polizia locale in zona Cipnes. Si ritiene che presso tale centro, che evidentemente non richiede una presenza continua perché la strumentazione è dotata di sistemi di allarme e warning, il personale possa dedicare una quantità di 30 ore al mese per 12 mesi per un totale di 360 ore all'anno. Si ricorda peraltro come ciò possa avvenire prevalentemente durante gli eventi di piena opportunamente e preventivamente segnalati dalla protezione civile regionale. Considerando un costo orario del personale di 50 €/ora, il costo complessivo annuo del personale di servizio ammonta a circa 84.000 €/anno.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



opere di presa o altra opera idraulica	personale per controllo e sorveglianza (€)
Abba Fritta	12.600,00 €
san Nicola	3.000,00 €
deviatore Zozò	3.000,00 €
deviatore Gadduresu	3.000,00 €
deviatore Paole Longa	3.000,00 €
Seligheddu	12.600,00 €
Pasana	12.600,00 €
Paole Longa	12.600,00 €
Opera di scarico nel Padrongianus	3.000,00 €
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	18.000,00 €
Totale	83.400,00 €

Tabella 23 - stima del costo del personale di controllo e sorveglianza

Tale previsione invero è da considerare integrata alle attività di presidio che già oggi vengono svolte dal personale dei Protezione Civile del Comune di Olbia, sicché del costo su preventivato si ritiene di considerare un'aliquota, non superiore a 50.000 €/anno.

4.4.3 Costi di manutenzione straordinaria delle pareti dei canali scolmatori

Una stima a parte può essere fatta per i costi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle pareti dei canali scolmatori, soprattutto di quelle rivestite in calcestruzzo che possono subire abrasioni durante il transito delle portate di piena, cariche di sedimenti e perciò agenti con capacità abrasiva sulle pareti.

In questa sede, prudenzialmente, si considerano le estensioni in lunghezza di tutti i canali in galleria e in cut&cover (anche se alcuni sono non rivestite, ma in granito vivo), assumendo un costo di intervento di manutenzione superficiale di 25 €/m² per un intervento straordinario che avvenga ogni 30 anni, su una superficie interna pari a:

- scolmatore 1: $6 + 9 + 6 = 21$ m²/m;
- scolmatore 2: $3 + 6 + 3 = 11$ m²/m;

Si somma poi a tale intervento straordinario trentennale un'aliquota del 3% dell'intera estensione delle pareti su cui si ipotizza di intervenire ogni anno con un intervento di manutenzione ordinaria al costo di 15 €/m².

La scansione temporale degli interventi di manutenzione straordinaria è stata assunta facendo riferimento a quanto svolto per altre opere simili.

La galleria scolmatrice Adige – Garda, realizzata nel 1959 è stata sottoposta ad un primo importante intervento di manutenzione straordinaria solo nel 2005 dopo, perciò, 46 anni.

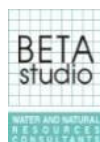
Cautelativamente, in questa sede, assumendo che le gallerie scolmatrici di Olbia abbiano una frequenza di funzionamento più elevata ma che, per contro, esse abbiano caratteristiche costruttive di maggior pregio tecnologico, visti gli avanzamenti registrati negli ultimi decenni nel campo della qualità dei calcestruzzi, si stabilisce una cadenza di intervento di manutenzione straordinaria di 40 anni.

Si assume anche che l'intervento di manutenzione ordinaria si possa estendere, ogni anno sul 2,5% dell'intera galleria, sicché in 40 anni, l'intera galleria sia sottoposta anche ad un intervento di manutenzione ordinaria.

Si tratta evidentemente di assunzioni cautelative ma utili in questa sede a determinare un ordine di grandezza dei costi di manutenzione.

A tali interventi si aggiungono quelli di sfalcio lungo le scarpate dei tratti di canali a cielo aperto per un totale di poco più di 1 km di lunghezza.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



canali scolmatori	interventi ordinari su pareti (su 2,5% del totale) (m ²)	interventi quarantennali straordinari su pareti (incidenza per anno) (m ²)	sfalcio su scarpate in canale a cielo aperto (m)
Scolmatore 1	2.526,30	2.526,30	324,50
Scolmatore 2	399,00	399,00	770,00
Totale	2.925,30	2.925,30	1.094,50

Tabella 24 - Quantificazione degli interventi di manutenzione sulle pareti dei canali in calcestruzzo

Alle quantità sopra indicate corrispondono i costi stimati annui indicati nella tabella che segue:

canali scolmatori	interventi ordinari su pareti (su 2,5% del totale) (€)	interventi quarantennali straordinari su pareti (incidenza per anno) (€)	sfalcio su scarpate in canale a cielo aperto (€)	Totale
Scolmatore 1	37.894,50 €	63.157,50 €	16.225,00 €	117.277,00 €
Scolmatore 2	5.985,00 €	9.975,00 €	38.500,00 €	54.460,00 €
Totale	43.879,50 €	73.132,50 €	54.725,00 €	171.737,00 €

Tabella 25 - Quantificazione degli interventi di manutenzione sulle pareti dei canali in calcestruzzo

Come si vede l'incidenza annua dei costi di manutenzione, sia ordinaria che straordinaria distribuiti su base annuale, è pari a circa **172.000 €/anno**.

4.4.4 Considerazioni sulle economie di manutenzione dei canali urbani

La funzione di scolmo delle portate di piena operata dai canali scolmatori previsti nello scenario di progetto a difesa della città, ubicati all'esterno dei limiti urbani, ottiene, oltreché un rilevante e determinante risultato in termini di riduzione della pericolosità idraulica in città, anche un non meno importante effetto sugli oneri di manutenzione dei canali urbani.

È noto infatti come i maggiori oneri in termini di manutenzione dei canali urbani siano da imputare agli interventi straordinari necessari a riparare i danni e gli effetti negativi prodotti dal transito di eventi di piena all'interno dell'abitato urbano (erosioni, deposito di sedimenti

e rifiuti, danni alle strette di sponda, ecc...).

I fenomeni di erosione e di danneggiamento delle deboli pareti dei canali urbani (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), il deposito di sedimenti che durante il processo di decrescita dell'evento di piena si possono produrre nei punti singolari, in interno di curva e nelle irregolarità di sponda lungo i canali urbani, sono i maggiori responsabili degli oneri di manutenzione che il gestore deve considerare nel piano di gestione e manutenzione dei canali urbani.



Figura 4.5 - Danni alle sponde del Riu Seligheddu rilevati dopo il passaggio della piena

Tali effetti e tali circostanze, nello scenario di progetto, presentano una sensibile riduzione, pressoché totale, dacché il processo di deviazione delle portate di piena prodotto dalle opere esterne rende i canali urbani un luogo ove **le acque rimangono sempre in condizioni tranquille e non coinvolte da incipienti fenomeni di piena.**

Gli effetti parossistici ed erosivi che gli eventi di piena producono normalmente lungo tutti i corsi d'acqua sono del tutto eliminati dall'azione di scolmo prodotta dalle opere di difesa previste nella zona esterna alla città.

Pertanto, oltreché richiedere oneri di manutenzione modesti, le opere di difesa di progetto, in particolare i canali scolmatori, ottengono un **effetto rilevante di riduzione sensibile degli oneri di manutenzione dei canali nei loro tratti urbani** ove, tra l'altro, gli interventi appaiono più complessi, più onerosi, più impattanti per il tessuto urbano ed i cittadini.

Il risultato di poter concentrare gli interventi di manutenzione su canali artificiali, dotati di

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

rivestimenti tecnologicamente avanzati, ubicati all'esterno del nucleo urbano, appare pertanto, oltreché un modo per ridurre gli impatti dei cantieri durante la costruzione, anche una modalità non meno importante per ridurre gli impatti degli interventi di manutenzione che potranno, essi stessi, essere collocati e concentrati nelle zone esterne alla città, potendo ridurre in modo significativo gli oneri di manutenzione dei canali urbani che saranno preservati dagli effetti più negativi delle piene e dai danni che esse normalmente producono

4.4.5 Stima dei costi di manutenzione per rimozione degli accumuli di sedimenti alle opere di presa e scarico

Qualche approfondimento ulteriore è richiesto per quanto riguarda la stima degli oneri di manutenzione e gestione legati alla **rimozione dei depositi di sedimenti presso le opere di presa e presso l'opera di scarico dello scolmatore 1**.

4.4.5.1 Introduzione

L'agro e la cintura periurbana di Olbia appaiono interessati da dinamiche erosive in conseguenza di alcune pratiche agronomiche (estese superfici con aratura meccanica a rittochino; dissodamenti) e della proliferazione dei cantieri con annesse pratiche di sbancamenti, escavazioni, riporti e compattazione (in seguito, per semplificare, "movimenti terra") che intervengono su litologie di per sé favorevoli ai fenomeni di degradazione fisica. Nel primo caso il risultato è l'aumento del ruscellamento, con formazione di superfici interessate da rill erosion o erosione in rivoli (o addirittura gully erosion, erosione in solchi) quando le pendenze si aggirano e superano il 15%-20%. Nel secondo caso, il taglio ed il conseguente denudamento di volumi di roccia, talora già alterata, rendono disponibili i suoli all'aggressione delle acque.

Nel territorio urbano, l'impermeabilizzazione delle sponde di larghe parti di territorio urbano, induce un incremento della velocità delle acque dei canali rivestiti ed aumento dell'intensità erosiva nei tratti non impermeabilizzati e nei punti di discontinuità (vedasi sponde del Cabu Abbas in corrisponde delle discontinuità). Nei tratti rivestiti l'aumento di velocità comporta la quasi totale assenza di sedimenti sul fondo dell'alveo.

Si riscontra invece presenza di locali depositi nei punti di discontinuità fra tratto rivestito e naturale, in presenza di variazioni di sezione o salti. Tali fenomenologie, benché poco evidenti sul piano idraulico generale, sono in ambito urbano le maggiori responsabili e della sedimentazione nei canali.

Le correnti idriche trasportano i solidi incoerenti che derivano dalle azioni erosive sui versanti e dagli sforzi esercitati dalla corrente stessa sul fondo dell'alveo.

Il trasporto solido nei corsi d'acqua a superficie libera è determinato dall'azione di trascinamento che la corrente liquida esercita sul fondo dell'alveo e sulle sponde. Le modalità di trasporto sono diverse a seconda del tipo di sedimento (coesivo o no), delle sue caratteristiche fisiche (dimensione dei granelli, forma, densità), della sua velocità di sedimentazione, e delle caratteristiche della corrente idrica: velocità, altezza idrica ecc.

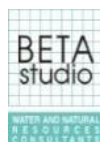
In relazione alla sedimentologia dell'alveo, si osserva che i tratti nella piana alluvionale sono tendenzialmente caratterizzati da sedimenti a granulometria sottile (sabbie e limi) e dallo sviluppo di una vegetazione ripariale costituita da piante e canneti che spesso tendono ad ostacolare il deflusso delle acque. Nei tratti di monte i sedimenti hanno un fuso granulometrico meno uniforme con la presenza di ciottoli e sassi.

Tutti i sedimenti in alveo, o depositi di recente sulle sponde come effetto del ritiro dei livelli idrici e del rallentamento della corrente negli eventi di piena, provengono dall'erosione a monte di tratti più pendenti e dalla stessa erosione spondale che di norma precede, in sequenza temporale e spaziale, la sedimentazione.

Complessivamente, pertanto, l'azione erosiva si traduce in potenziali crescenti aliquote di sedimenti in sospensione nel canale, che in condizioni di ridotte velocità sedimentano in alveo (anche a causa dell'ampliamento delle sezioni realizzate con le sistemazioni o crescita di vegetazione in alveo). Una volta depositati, i sedimenti favoriscono la colonizzazione e la proliferazione di vegetazione riparia inducendo necessità manutentive.

Non sono disponibili ad oggi informazioni o dati derivati da campionamenti\misure: per una valutazione quantitativa dei ratei di trasporto solido lungo i corsi d'acqua sarebbe, infatti, necessario campionare il trasporto solido per con un monitoraggio a lungo periodo; sulla

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



base delle analisi idrauliche ed idrologiche eseguite e delle osservazioni in campo è tuttavia possibile concludere che la capacità di trasporto dei corsi d'acqua, che a sua volta è legata alle portate e velocità in alveo, è rilevante solo in occasione di eventi di piena significativa, mentre per lunghi periodi dell'anno ed anche per eventi pluviometrici non eccezionali il trasporto solido è trascurabile.

Tale affermazione è supportata dalle indagini di caratterizzazione eseguite nel 2022 e riportate nella Tabella che segue, svolte nell'ambito della redazione del Piano di Manutenzione dei canali urbani ed extraurbani di Olbia, approvato da ARDIS e dalla Conferenza dei Servizi ed attualmente in vigore. Si osserva che le stazioni verso la foce presentano tendenzialmente una maggiore concentrazione di solidi sospesi dovuta a rimescolamenti delle acque per ingressione di acque salate. Le stazioni ad 1 Km dalla foce presentano basse concentrazioni di solidi sospesi, ad eccezione del Cabu Abbas, ad indicazione che il trasporto solido monte-valle nelle aree urbane in condizioni ordinarie è basso.

Solidi sospesi mg/l		
rio	500 m da Foce	1 km da Foce
Seligheddu	11 +/- 2,4	4 +/- 0,9
Gadduresu	49 +/- 11	21,5 +/- 4,8
S. Nicola	12,5 +/- 2,8	9,0 +/- 2,0
Cabu Abbas	27,5 +/- 6,0	42 +/- 9,3
Padredduri	11,0 +/- 2,4	3,5 +/- 0,78

Tabella 26 - Concentrazione di solidi sospesi misurata nei canali urbani in condizioni ordinarie, non di piena

In occasione di eventi di piena, le forti correnti che si possono sviluppare anche in ambito urbano, con velocità medie nell'ordine di 4 m/s anche per tempi di ritorno bassi di 2-5 anni hanno il potenziale di innescare processi erosivi localizzati lungo le sponde dei corsi, e fenomeni di avulsione o processi di distacco di un terreno prossimo all'alveo di un fiume, con la conseguente alterazione morfologica dell'alveo.

4.4.6 Tipologia del fondo e quantificazione dei volumi di sedimento in alveo

Le indagini di campo svolta nell'ambito del Piano di Manutenzione dei canali urbani ed



Figura 4.7 - Lotto 2 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia

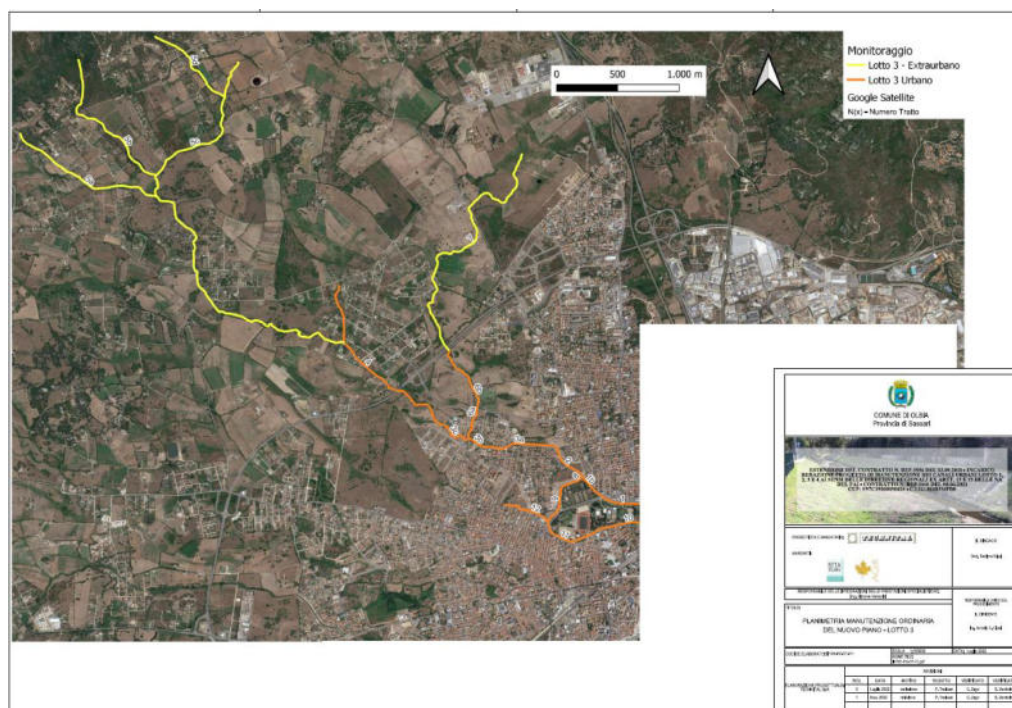


Figura 4.8 - Lotto 3 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

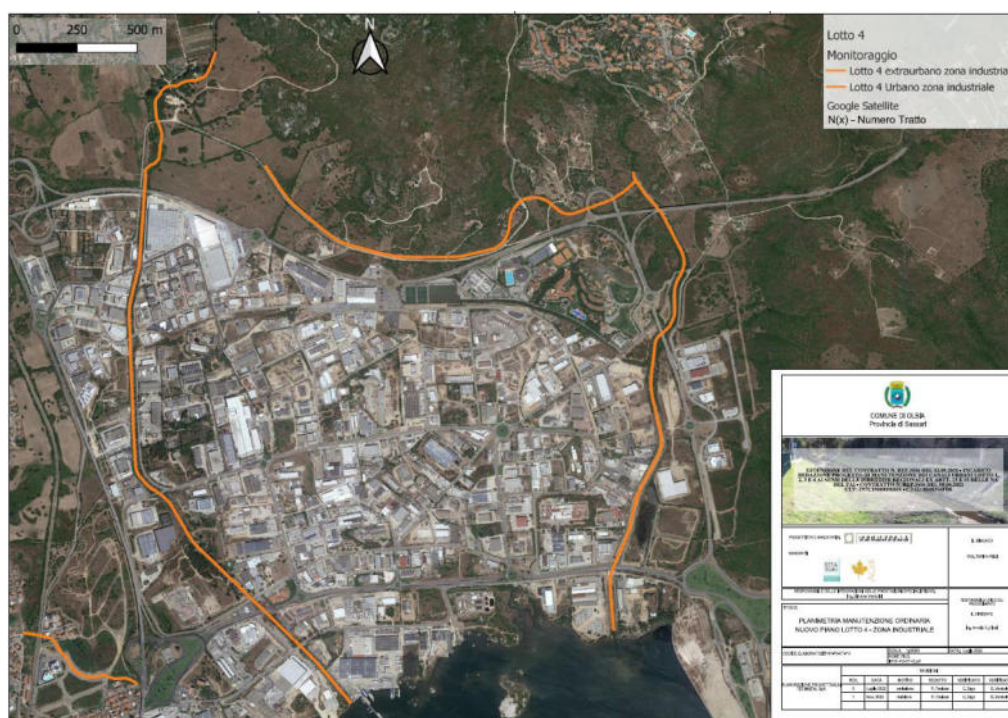


Figura 4.9 - Lotto 4 del Piano di Manutenzione dei canali urbani di Olbia

Ai fini delle analisi che si intendono condurre nel presente capitolo finalizzate a determinare la stima dei volumi accumulabili presso le opere di presa, è chiaro che le porzioni di interesse dei canali considerati nel piano di manutenzione sono quelle relative alla zona extra urbana, ovvero relative alle porzioni d'alveo collocate a monte delle opere di presa.

Per completezza di seguito si riporta l'illustrazione dei fenomeni di sedimentazione in alveo e di trasporto solido per l'intero sviluppo dei canali. Ponendo però l'accento poi sulle analisi sito specifiche relative unicamente alle porzioni extraurbane.

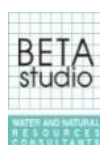
4.4.6.1 Lotto 1

Per quanto riguarda il Lotto 1, **non si evidenziano accumuli di sedimenti in alveo** che necessitano di un intervento straordinario.

I punti di indagine del Piano di caratterizzazione svolto in sede di redazione del Piano di Manutenzione dei canali di Olbia per il lotto 1 sono indicati nella figura che segue.

A nord del punto di campionamento C1-L1 (quartiere Baratta) sono presenti varie coperture

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



di natura antropica su quasi tutta l'area ineditata, con accumuli consistenti di sabbia e sversamenti di calcestruzzo e bitume, oltre che sfalci e tagli di verde. Tali depositi antropici oltre ad ostruire griglie dei pozzetti della rete di scolo delle acque bianche possono contribuire al trasporto solido verso l'alveo durante eventi piovosi intensi.



Figura 4.10 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 1

4.4.6.2 Lotto 2

Per quanto riguarda il Lotto 2, **non si evidenziano accumuli di sedimenti in alveo** che necessitano di un intervento straordinario.

Anche il rio Gadduresu, come già detto, è stato interessato nel suo tratto urbano da interventi di colmamento e ad una forzata canalizzazione, realizzata negli anni '80 del secolo scorso.

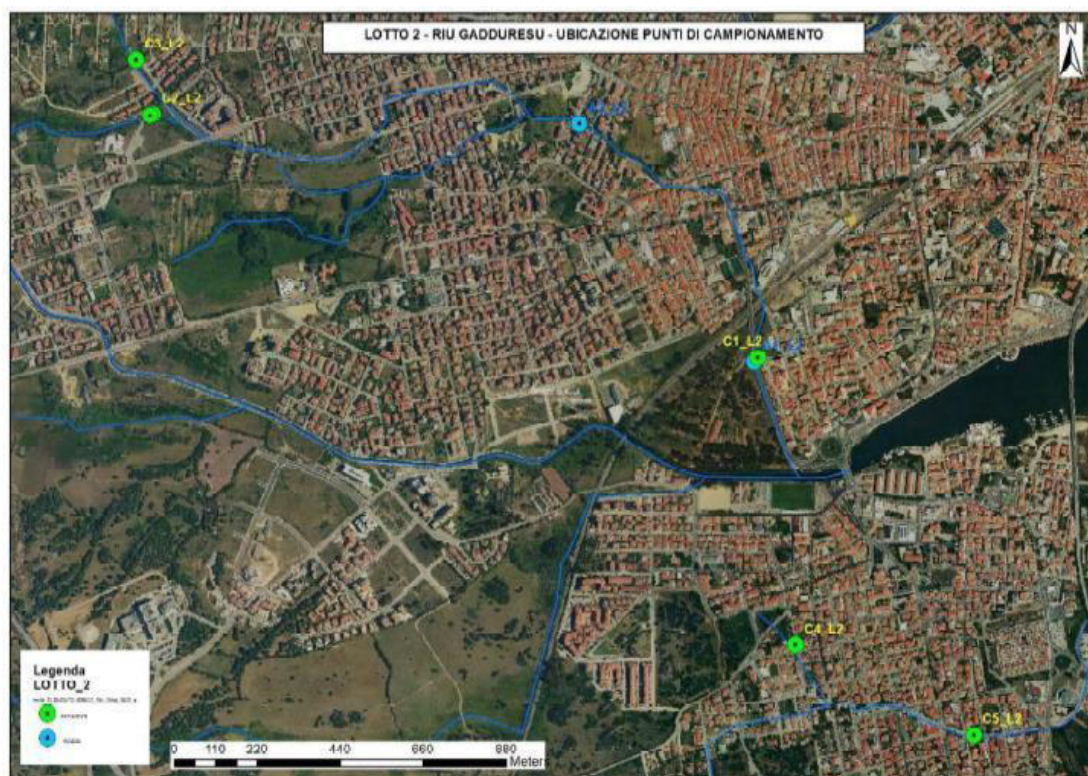


Figura 4.11 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 2

4.4.6.3 Lotto 3

Per quanto riguarda il Lotto 3, **non si evidenziano accumuli di sedimenti in alveo** che necessitino di un escavo straordinario. Sono tuttavia osservati degli accumuli di sedimenti lungo il S. Nicola e scolmatore che hanno portato ad una disomogenea distribuzione dei materiali in alveo portando ad un potenziale inizio di erosione sulle sponde. Pertanto, per due aree si evidenzia necessità di un intervento straordinario di seguito descritto.

A parte queste situazioni localizzate, non si ravvede presenza di trasporto solido tale da determinare pericolo idraulico a alterazione dello scorrimento delle acque.

Il ramo del S. Nicola nel tratto urbano scorre entro una valle piuttosto ampia con forme decisamente residue di terrazzamento al contorno, con depositi fluviali e colloidali Pleistocenici e recenti. L'alveo in origine, al netto delle rispettive canalizzazioni (che parrebbero averlo approfondito, non solo nei tratti più distanti dalla foce), è relativamente

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

poco inciso e con tendenze alla sinuosità. Non sono affatto incisi inoltre, i rami a minima gerarchizzazione (Zozò/Gialdinu; Tannaule) che sono corpi idrici connessi esclusivamente con il livello del mare attuale, cioè senza una storia precedente.

Il ramo del S. Nicola denominato S'Abba Fritta conserva fino all'ingresso del tratto urbano chiari elementi di torrente montano (rilevante dislivello dell'alveo fra la sezione corrispondente all'attraversamento della Tangenziale e il ponte di via S. Nicola subito a valle).



Figura 4.12 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 3

4.4.6.4 Lotto 4

Per quanto riguarda il Lotto 4, **non si evidenziano accumuli di sedimenti in alveo** che necessitano di un intervento straordinario ad eccezione di alcuni sedimenti e detriti rocciosi depositati a seguito di trasporto dalle sponde del Padridduri,



Figura 4.13 - UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO ACQUE E SEDIMENTO PER IL Lotto 4, zona industriale e Pittulongu

Il canale Tilibas è stato realizzato per la bonifica della palude Tilibas che fungeva da recettore del Cabu Abbas, poi deviato. Il substrato litoide è caratterizzato da monzograniti e granulometria del fondo alveo in sabbia grossa.

L'asta del torrente Cabu Abbas è estesa per 4,6 Km e gli ultimi 3,2 Km sono stati deviati, arginati e rivestiti di cemento per la quasi totalità del tratto, spostando ad est il deflusso originario che un tempo recapitava nella palude del Tilibas. Gli acquiferi con tenuti nei graniti del Cabu Abbas hanno alimentato fin dall'antichità l'Acquedotto Romano. Attualmente la connessione falda/alveo è interrotta dai rivestimenti di cemento.

Nel Cabu Abbas il volume di materiale sedimentato sul fondo dell'alveo è stato calcolato mediante sezioni ragguagliate ed è risultato lungo tutto il corso pari a circa 1850 m³. Lo spessore di materiale solido nel fondo alveo si attesta mediamente a 10-20 cm ed è ricoperto da vegetazione erbacea. In presenza di sbarramenti o erosione delle piastre in c.a. lo

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

spessore di materiale sedimentato aumenta anche a spessori di 70-100 cm.

Il canale di guardia è ubicato a nord dell’area industriale e “collega” il Cabu Abbas con il Padridduri. È rivestito per 1854 m e lungo questo tratto anch’esso presenta materiale solido al fondo. Il volume di materiale sedimentato sul fondo dell’alveo è stato calcolato mediante sezioni ragguagliate ed è risultato pari a circa 1380 m³ lungo tutta la sua lunghezza. Lo spessore medio sedimentato è di 5-20 cm con accumuli localizzati massimo di 45 cm su un’altezza di argine di circa 2 m.

Tra il transetto 13 e 14 è presente una frana in sponda sinistra che porta all’interno del canale materiale quale pietrame.

Lo spessore di materiale sedimentato di per sé non è un rischio dal punto di vista idrologico, data l’altezza delle sponde, se non per l’aridità dello stesso che, durante piogge intense può essere trasportato a valle sotto forma di fango. Si osserva presenza di acqua nel tratto a partire dall’attraversamento di via S’Iscoglia che sovrappassa in canale deviano verso nord. Si ritiene quindi opportuna la rimozione del materiale lungo il tratto come intervento straordinario, per cui si rimanda al relativo capitolo.

L’asta del torrente Padridduri è completamente rettificata e con sponde in c.a. Il tratto terminale del Padridduri, lungo circa 2 Km, è impostato su una zona di debolezza strutturale dell’ammasso roccioso che ha portato a deposito di materiale solido in alveo.

Il volume di materiale sedimentato sul fondo dell’alveo, lungo tutto il tratto, è stato calcolato mediante sezioni ragguagliate ed è risultato pari a circa 9.455 m³ di cui circa 1460 m³ depositati nella parte a monte e saranno oggetto di rimozione con intervento straordinario.

Il Riu Abba Ruja, nell’area di Pittulongu, è composto da più rami che sfociano nella Cala Sos Travas. Lungo i tratti di interesse, a fondo naturale, non sono stati osservati accumuli di materiali.

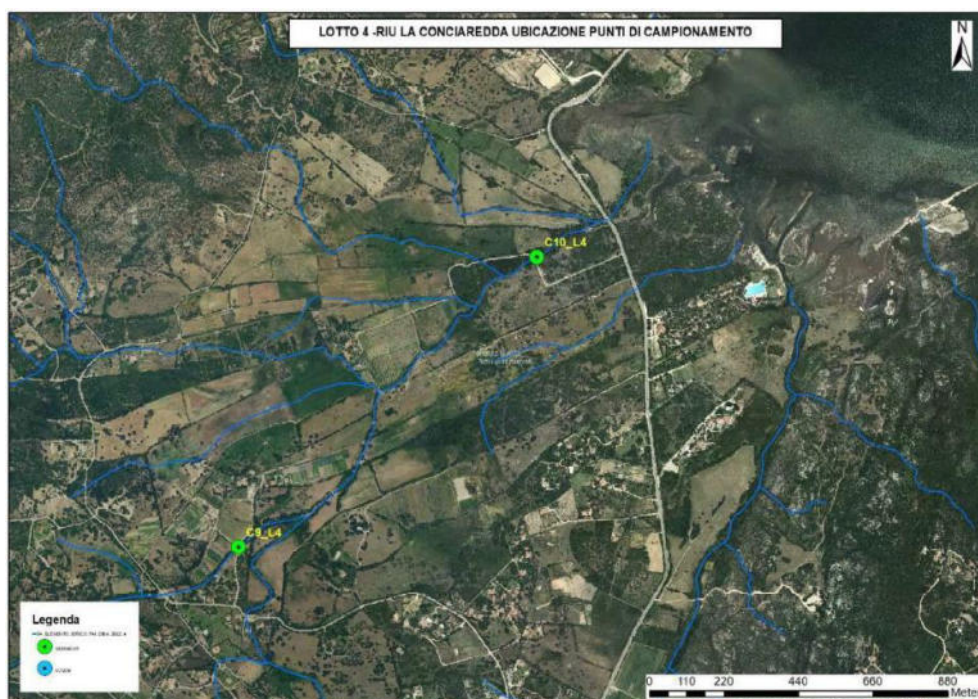
Il Rio mare e Rocce, nell’area di Pittulongu, sfocia nella spiaggia omonima. Lungo i tratti di interesse, a fondo naturale, non sono stati osservati accumuli di materiali.

Il bacino idrografico del Rio la Conciareda si inserisce in un contesto morfologico tipico

delle coste a Rias della Gallura. Nella parte più interna sono presenti sabbie limose dei depositi deltizi dell'Olocene superiore. Lungo i tratti di interesse, a fondo naturale, non sono stati osservati accumuli di materiali.

A Olbia Sud, è presente il piccolo bacino idrografico di Vena Fiorita, nella pianura alluvionale del Padrogiano. Lungo i tratti di interesse, a fondo naturale, non sono stati osservati accumuli di materiali.

Il Bacino del Rio Piscina di divide fra il territorio comunale di Olbia e Loiri Porto San paolo, la maggior parte del bacino è quindi di competenza provinciale. Il canale più Ovest, di Murta Maria, è di competenza del comune di Olbia. La parte alta del canale è naturale, mentre sono rivestiti i 600 m prima della confluenza. Nella confluenza con il Rio Piscina principali si hanno coltri eluvio-colluviali legati alla gravità ed al trasporto solido dei torrenti. Verso valle sono presenti depositi palustri limo-argillosi talvolta ciottolosi a denunciare l'elevata energia dei corsi d'acqua durante gli eventi alluvionali di maggiore intensità. Lungo i tratti di interesse non sono stati osservati accumuli di materiali per i quali risulta necessaria la rimozione.



Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Figura 4.14 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 4, Conciaredda



Figura 4.15 - Ubicazione dei punti di campionamento acque e sedimento per il Lotto 4, Olbia Sud

4.4.7 Conclusioni sul trasporto solido e la sedimentazione in alveo

Le analisi e le considerazioni svolte nell'ambito della redazione del piano di manutenzione dei canali di Olbia hanno evidenziato una **sostanziale assenza di depositi in alveo** che fanno ritenere che l'entità del trasporto solido nei canali urbani sia davvero piuttosto modesta.

A titolo, però, prudenziale si considera in questo paragrafo l'entità della sedimentazione in alveo che si è sviluppata ed è stata rilevata lungo il riu Cabu Abbas e lungo il canale di guardia in zona Cipnes che in qualche modo rappresentano l'andamento del trasporto solido per i corsi d'acqua del versante più settentrionale dei bacini gravanti sulla città di Olbia.

Per tali corsi d'acqua sono state rilevate (quindi si tratta di un dato reale) le seguenti quantità di materiale sedimentato in alveo:

corso d'acqua	lunghezza (m)	volume sedimentato (m ³)	rateo medio (m ³ /m)	tempo di accumulo (anni)	rateo medio (m ³ /m/anno)
Cabu Abbas	4.600,00	1.850,00	0,40	30,00	0,01
Canale di guardia	1.854,00	1.380,00	0,74	30,00	0,02
media			0,57		0,02

Tabella 27 - Determinazione del rateo medio annuo di sedimentazione in alveo lungo il riu Cabu Abbas e lungo il canale di guardia

Non è stato considerato il rateo di sedimentazione lungo il Rio Padridduri perché il volume rilevato è stato verificato essere attribuibile ad un localizzato e ben evidente fenomeno franoso.

Applicando il rateo di sedimentazione in alveo di 0,02 m³/m per anno, per i rami che stanno a monte delle opere di presa si ottengono le seguenti stime:

opera di presa	Lunghezza dei rami a monte della presa (m)	volume sedimentabile annuo (m ³)
Abba Fritta	5.000,00	95,54
san Nicola	10.000,00	191,09
Seligheddu	25.000,00	477,71
Pasana	2.000,00	38,22
Paole Longa	1.500,00	28,66
Totale		831,22

Tabella 28 - Stima del massimo volume annuo sedimentabili nelle opere di presa o presso l'opera di scarico dello scolmatore

Considerando prudenzialmente un costo di rimozione trasporto e smaltimento di 20 €/m³ per il volume complessivo sedimentabile presso le opere di presa così come indicato nella tabella sopra riportata si ottiene un costo annuo di circa **16.000 €/anno**.

opere di presa o altra opera idraulica	rimozione sedimenti (€)
Abba Fritta	1.910,85 €
san Nicola	3.821,70 €
deviatore Zozò	- €
deviatore Gadduresu	- €
deviatore Paole Longa	- €
Seligheddu	9.554,25 €
Pasana	764,34 €
Paole Longa	573,26 €
Opera di scarico nel Padrongianus	compreso nel volume potenziale indicato alle opere di presa
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	
Totale	16.624,40 €

Tabella 29 - Stima dei costi totali annui di gestione e rimozione dei sedimenti potenzialmente sedimentabili presso le opere di progetto

Si consideri come tale volume comprenda anche quello potenzialmente sedimentabile presso l'opera di scarico dello scolmatore 1 potendo infatti una parte del volume determinato nella tabella precedente non essere sedimentato presso le opere di presa ma invece trasportato dal canale scolmatore direttamente allo scarico.

4.4.8 CONCLUSIONI

La sintesi delle analisi condotte nei precedenti paragrafi è riportata nelle due tabelle di seguito ove nella prima vengono riportate le quantità di riferimento e nella seconda le quantità in termini di oneri economici. Come si può vedere la stima complessiva degli oneri di gestione e manutenzione delle opere si aggira sui 333.000 €/all'anno.

opere di presa o altra opera idraulica	potenza impegnata (kW)	funzionamento medio annuo (ore)	Energia elettrica (kWh)	Gruppo elettrogeno (litri gasolio)	rimozione sedimenti (m ³)	personale per controllo e sorveglianza (ore)
Abba Fritta + scolmatore 2	50,00	50,00	2.500,00	50,00	95,54	252,00
san Nicola	50,00	50,00	2.500,00	50,00	191,09	60,00
deviatore Zozò			-			60,00
deviatore Gadduresu			-			60,00
deviatore Paole Longa			-			60,00
Seligheddu + scolmatore 1	50,00	50,00	2.500,00	50,00	477,71	252,00
Pasana + scolmatore 1	50,00	50,00	2.500,00	50,00	38,22	252,00
Paole Longa + scolmatore 1	50,00	50,00	2.500,00	50,00	28,66	252,00
Opera di scarico nel Padrongianus			-		compreso nel volume potenziale indicato alle opere di presa	60,00
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	10,00	8.640,00	86.400,00			360,00
Totale	260,00		98.900,00	250,00	831,22	1.668,00

canali scolmatori	interventi ordinari su pareti (su 2,5% del totale) (m ²)	interventi quarantennali straordinari su pareti (incidenza per anno) (m ²)	sfalcio su scarpate in canale a cielo aperto (m)
Scolmatore 1	2.526,30	2.526,30	324,50
Scolmatore 2	399,00	399,00	770,00
Totale	2.925,30	2.925,30	1.094,50

Tabella 30 - Stima delle quantità degli interventi di manutenzione delle opere di progetto

opere di presa o altra opera idraulica	potenza e energia elettrica (€)	gasolio per gruppo elettrogeno (€)	rimozione sedimenti (€)	personale per controllo e sorveglianza (€)	manutenzione organi elettromeccanici (€)	sfalcio aree a verde (€)	Totale (€)
Abba Fritta	1.750,00 €	100,00 €	1.910,85 €	12.600,00 €	2.000,00 €	5.000,00 €	23.360,85 €
san Nicola	1.750,00 €	100,00 €	3.821,70 €	3.000,00 €	4.000,00 €	3.000,00 €	15.671,70 €
deviatore Zozò		- €	- €	3.000,00 €	2.000,00 €		5.000,00 €
deviatore Gadduresu		- €	- €	3.000,00 €	2.000,00 €		5.000,00 €
deviatore Paole Longa		- €	- €	3.000,00 €	2.000,00 €		5.000,00 €
Seligheddu	1.750,00 €	100,00 €	9.554,25 €	12.600,00 €	4.000,00 €	3.000,00 €	31.004,25 €
Pasana	1.750,00 €	100,00 €	764,34 €	12.600,00 €	2.000,00 €	500,00 €	17.714,34 €
Paole Longa	1.750,00 €	100,00 €	573,26 €	12.600,00 €	2.000,00 €	500,00 €	17.523,26 €
Opera di scarico nel Padrongianus		- €	compreso nel volume potenziale indicato alle opere di presa	3.000,00 €		5.000,00 €	compreso nel volume potenziale indicato alle opere di presa
Centro di supervisione e telecontrollo (control room)	17.530,00 €	- €		18.000,00 €	5.000,00 €		40.530,00 €
Totale	26.280,00 €	500,00 €	16.624,40 €	83.400,00 €	25.000,00 €	17.000,00 €	160.804,40 €

canali scolmatori	interventi ordinari su pareti (su 2,5% del totale) (€)	interventi quarantennali straordinari su pareti (incidenza per anno) (€)	sfalcio su scarpate in canale a cielo aperto (€)	Totale
Scolmatore 1	37.894,50 €	63.157,50 €	16.225,00 €	117.277,00 €
Scolmatore 2	5.985,00 €	9.975,00 €	38.500,00 €	54.460,00 €
Totale	43.879,50 €	73.132,50 €	54.725,00 €	171.737,00 €

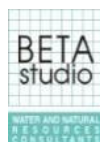
Tabella 31 - Stima dei costi degli interventi di gestione e manutenzione delle opere di progetto

Di seguito si riportano 2 diagrammi che indicano la incidenza percentuale dei costi di gestione (indicati nella prima parte della tabella riportata sopra) e dei costi di gestione e manutenzione.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



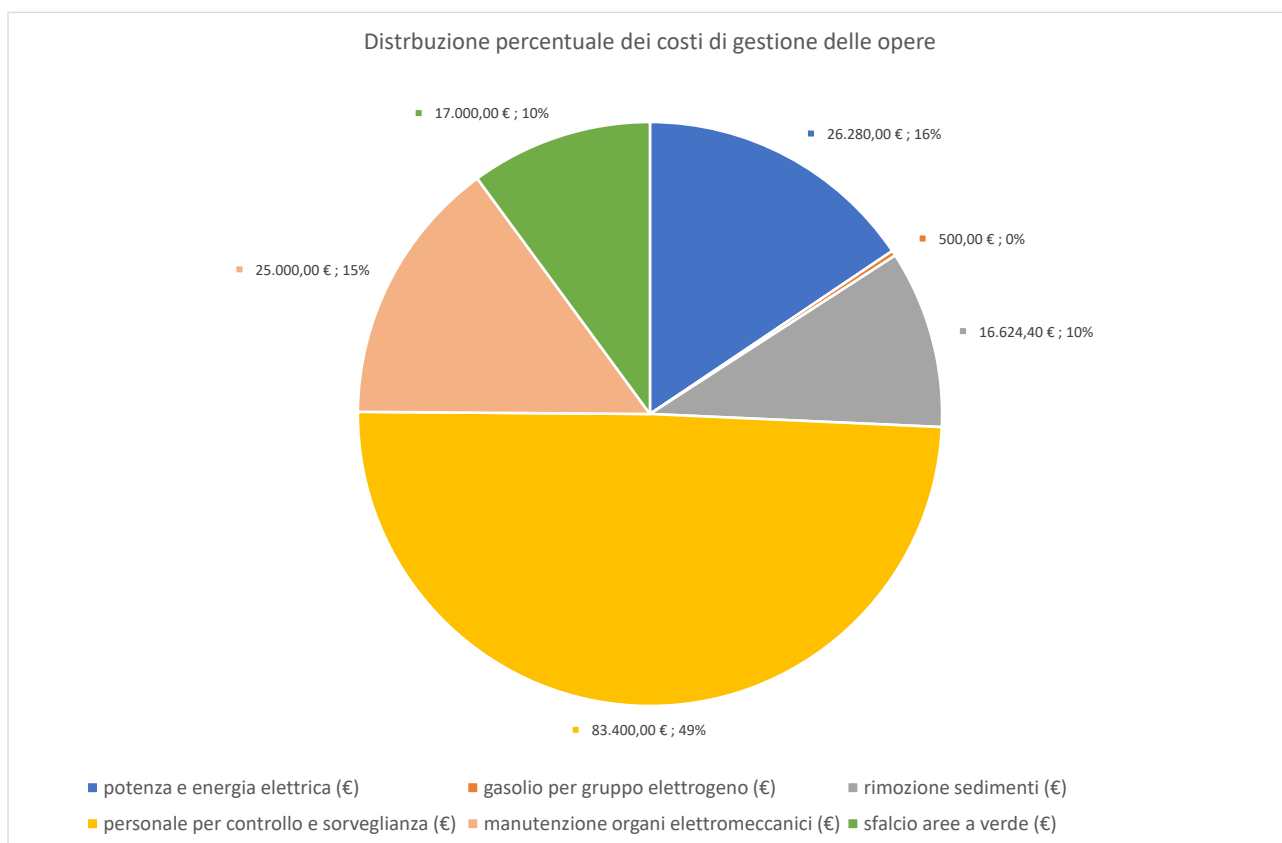


Figura 4.16 – Incidenza percentuale dei costi degli interventi di gestione delle opere di progetto

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

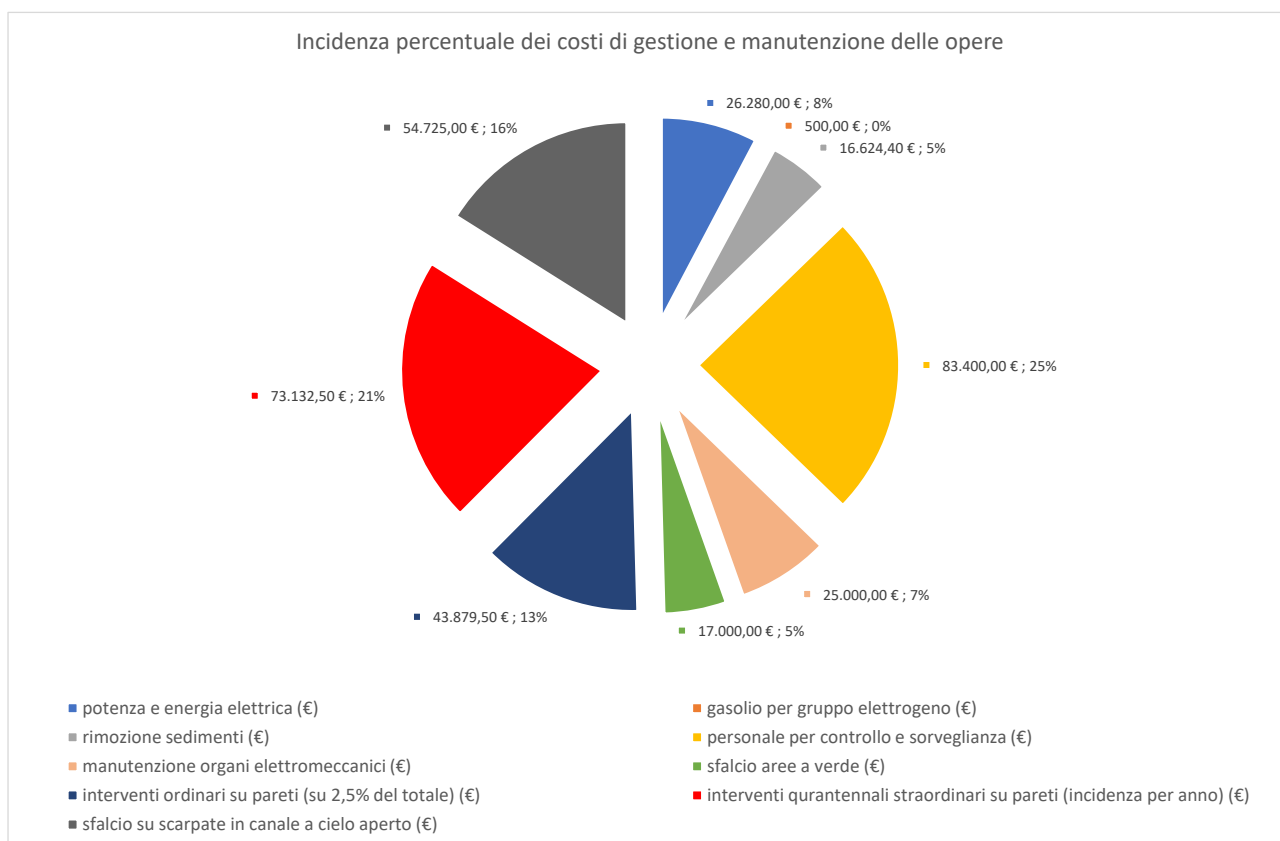
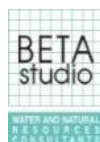


Figura 4.17 – Incidenza percentuale dei costi degli interventi di gestione e manutenzione delle opere di progetto.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



5 COMPARAZIONE E ATTUALIZZAZIONE COSTI E BENEFICI

Dopo aver effettuato la stima dei principali benefici relativi alla realizzazione delle opere, rappresentati dalla mitigazione del rischio idraulico, si è stabilito il costo dell'intervento progettuale. Oltre al costo dell'opera si è tenuto conto del costo medio annuo della manutenzione e gestione della stessa pari a € 332.541,40 cui corrisponde un importo nell'arco della vita utile di 120 anni dell'opera pari a € 53 946 408,00.

Benefici	€ 341.969.691,15
Costi di costruzione al netto dell'I.V.A.	€ 217 454 357,61
Costi di gestione e manutenzione	€ 39 904 968,00
Differenza benefici - Costi	€ 84 610 365,54

Tabella 32 – Comparazione tra Benefici e costi della soluzione di Progetto

Dalla comparazione tra i costi di investimento, manutenzione e gestione dell'opera e i benefici legati alla sua realizzazione si ottiene un saldo positivo di € 70 568 925,54.

Si sottolinea come il calcolo sia stato effettuato secondo un approccio prudentiale che non ha tenuto conto di numerosi benefici: aumento del valore immobiliare legato alla riduzione del rischio, ricadute sociali legate alla realizzazione del nuovo parco in area Colcò, della nuova darsena, del parcheggio nell'area del cimitero, della rinaturalizzazione della cava Azza Rua, della navigabilità del tratto terminale Seligheddu, della risoluzione delle problematiche viarie nella rotatoria di via Roma e nel ponte di via D'annunzio, della nuova rete di piste ciclopedonali, per citarne alcune. Inoltre, sempre per conservare un approccio cautelativo nell'analisi non si è considerato il valore residuo delle opere al termine della loro vita utile, solo per l'acquisizione delle aree sono previsti 4.000.000,00 €.

6 RICADUTE OCCUPAZIONALI

L'importo dei lavori ammonta a € 185.549.471,67 con una incidenza della manodopera di circa il 32% che corrisponde a € 59.375.830,93. Si stimano 390 unità lavorative per 36 mesi.

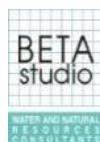
Le unità occorrenti per la gestione delle opere e le manutenzioni sono stimate in 4 operatori per l'intero ciclo di vita utile assunto pari a 120 anni.

A questi numeri occorre aggiungere anche l'indotto legato alla ricettività del personale.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



7 CONCLUSIONI

L'analisi economica condotta nel presente documento ha permesso di confrontare i principali benefici connessi con la realizzazione delle opere in progetto con i relativi costi e con i costi di gestione e manutenzione nell'arco della vita utile. Dall'analisi emerge una differenza positiva tra benefici e costi che conferma la sostenibilità economica dell'intervento ulteriormente confermata dall'approccio metodologico seguito, incentrato sul considerare solamente i benefici monetizzabili e trascurando alcune procedure che avrebbero reso meno influenti i costi: applicazione di prezzi ombra in luogo dei costi finanziari per tenere conto per esempio delle ricadute occupazionali, la considerazione del valore residuo dell'opera al termine della sua vita utile, ecc..

Si sottolinea come la soluzione zero non sia considerabile in quanto lascerebbe la città esposta a un rischio catastrofico non più tollerabile.