REDAZIONE

RESPONSABILE
(Dott. ing. Giuseppe Onni)

ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI CAGLIARI
N. 5071 Dott. Ing. GIUSEPPE ONNI

COLLABORATORE
(Dott. ing. Cristian Cannaos)

REV.	DATA	DIS.	CONTR.	APPR.	DESCRIZIONI REVISIONI

Stazione appaltante:

Consorzio di Bonifica del Nord Sardegna
Provincia di Sassari

Oggetto:

LAVORI PER MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (TR 50 ANNI) DELLA BASSA VALLE DEL COGHINAS

Fase progettuale

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Titolo

Analisi Costi Benefici

Data

Ottobre 2019

INTRODUZIONE 3

L'ANALISI COSTI-BENEFICI 5

1. LA DESCRIZIONE DEL CONTESTO 10

2. LA DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI 1

3. L'IDENTIFICAZIONE DEL PROGETTO 3

Intervento A1. 5

Intervento A2. 5

Intervento B1. 6

Intervento F2. 6

Intervento C. 6

Intervento D. 7

Intervento E1. 7

Intervento E2. 7

Intervento F1. 8

Intervento G. 8

Intervento O. 9

Intervento Q1. 9

Intervento Q2. 9

Gli scenari 10

4. LA FATTIBILITÀ TECNICA E LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE 16

Analisi della domanda 16

L'analisi delle opzioni 24

5. L'ANALISI FINANZIARIA 29

Scenario 0 31

Scenario 1 31

Scenario 2 32

Scenario 3 32

Scenario 4 33

6. L'ANALISI ECONOMICA 35

La valutazione del danno 35

L'analisi costi benefici 44

7. LA VALUTAZIONE DEI RISCHI 58

Analisi di sensibilità 58

Analisi del Rischio 60

CONCLUSIONI 66

Introduzione

La presente analisi costi-benefici è collegata al progetto dei "LAVORI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (TR 50 ANNI) DELLA BASSA VALLE DEL COGHINAS" opere che si realizzeranno nei territori dei comuni di Santa Maria Coghinas, Viddalba, Badesi e Valledoria nella provincia di Sassari.

Si tratta di un progetto di iniziativa pubblica, volto a mitigare il rischio idraulico della Bassa Valle del Fiume Coghinas per eventi di piena, in relazione alle valutazioni e previsioni contenute nel Piano Generale del Rischio Alluvioni (PGRA), che ne individua una priorità alta in relazione alla finalità dell'opera, poiché l'intervento si configura come un ampliamento di opere di 2^ categoria.

Si tratta pertanto di un passaggio operativo che il Consorzio di Bonifica del Nord Sardegna - Provincia di Sassari sta attuando per dare corpo a quanto già previsto e valutato nel PGRA. Il PGRA, previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010 è finalizzato alla riduzione delle conseguenze negative sulla salute umana, sull'ambiente e sulla società derivanti dalle alluvioni. In questo senso il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è uno strumento trasversale di raccordo tra diversi piani e progetti, di carattere pratico e operativo ma anche informativo, conoscitivo e divulgativo, per la gestione dei diversi aspetti organizzativi e pianificatori correlati con la gestione degli eventi alluvionali in senso lato[1].

Nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra l'Agenzia Regionale di Distretto Idrografico (ARDIS) della Regione Sardegna e il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) dell'Università degli Studi di Cagliari è stato scelto, quale bacino pilota, la Bassa Valle del Coghinas al fine di individuare e definire in termini dimensionali le azioni strutturali per la mitigazione dei danni di piena, nonché il loro grado di priorità, al fine della riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

Gli elaborati relativi agli Scenari di intervento strategico e coordinato del PGRA relativi al Coghinas sono stati approvati con Delibera n.1 del 17.12.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino regionale.

---

[1] Si veda, in merito, pag. 47 del Quadro programmatico dello Studio di Impatto Ambientale

Pertanto, oltre ai materiali prodotti per il SIA di cui fa parte anche la presente ACB, è agli studi specifici relativi al Piano succitato, che si farà spesso riferimento in questa analisi[2].

Va detto che il progetto non è altro che una misura attuativa dello scenario n° 4 identificato nella Relazione relativa agli Scenari di Intervento Strategico e Coordinato del Coghinas (da qui in poi SISC Coghinas). Ovviamente in questa fase attuativa alcune previsioni di piano, applicate al contesto in cui si trovano, sono state modificate e, pertanto, oltre a riprendere molte delle valutazioni già espletate per quanto riguarda l'ACB, è sulle modifiche rispetto alle previsioni di piano che lavorerà la presente relazione.

Nella sua stesura, come segnalato dallo SVA nella nota del 10/04/2019, si è inoltre tenuto conto della *Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020* pubblicata dalla Direzione Generale della Politica Regionale e Urbana della Commissione Europea.

La Guida rappresenta un importante riferimento analitico e operativo per la valutazione finanziaria ed economica di grandi opere e interventi in diversi settori: Trasporti, Energia, Ambiente, Ricerca e Sviluppo, Banda larga e Innovazione.

La procedura ACB è stata strutturata seguendo le diverse fasi previste nella guida: la descrizione del contesto; la definizione degli obiettivi, l'identificazione del progetto, la fattibilità tecnica e la sostenibilità ambientale, l'analisi finanziaria, l'analisi economica e la valutazione dei rischi.

Questa divisione in fasi è poi specificata nella guida a seconda dell'oggetto del progetto. Per il nostro intervento la specificità dell'approccio adottato nella descrizione dei vari capitoli dell'ACB è riferibile al paragrafo 4.3 della guida, dedicato agli interventi di "Recupero e tutela dell'ambiente e prevenzione dei rischi", all'interno dei quali ricadono le opere in progetto.

---

[2] https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=2425&s=390265&v=2&c=94070&t=1&tb=14006

L’Analisi costi-benefici

Lo scopo di ogni valutazione ex ante è l’individuazione dei possibili cambiamenti generati da una determinata azione (politica, programma, progetto) in un sistema, al fine di fornire elementi che possano aiutare a migliorare (dal punto di vista ambientale, economico e sociale) le azioni stesse e dunque produrre elementi utili per il processo decisionale.

In questo tipo di valutazioni ricade anche l’analisi costi benefici (ACB), che sostanzialmente introduce valutazioni di tipo economico a completamento di tutte quelle più ambientali proprie dei processi valutativi. L’idea di base che sottende questo tipo di analisi è cha si possa dare un valore a tutti gli elementi coinvolti dal progetto (anche a quelli fuori dal mercato) e che attraverso alcune considerazioni di tipo economico generale si possa poi trarre una qualche conclusione relativa alle ricadute economiche e sociali del progetto.

È dal confronto fra il benessere sociale esistente e quello ipotizzabile e probabile, successivo alla realizzazione di un particolare progetto, che il decisore pubblico può stabilire se ci possono essere dei miglioramenti, per cui avere dei vantaggi dalla realizzazione del progetto.

Questo metodo non è di facile applicazione, poiché per valutare le ricadute di un’azione sul benessere sociale sono necessarie molte informazioni e valutazioni collegate a benefici o costi spesso fuori dal mercato.

L’ ACB consiste in una serie di procedure sistematiche che aiutano il decisore a stabilire se un progetto abbia o meno benefici per la collettività. Pertanto con il termine ACB si indica un insieme di tecniche di valutazione di progetti di investimento basate sulla valutazione, il calcolo ed il confronto di tutti i costi e i benefici direttamente e indirettamente ricollegabili all’investimento stesso.

L'analisi viene condotta in genere in maniera parametrica ed unitaria, ossia riportando ogni unità di input in unità di costi elementari e, allo stesso modo, traducendo gli output in unità di benefici elementari. Ad ognuna di queste unità si tenta poi di attribuire un valore, il più oggettivo possibile, per fare in modo che questo sia quindi misurabile e confrontabile. Il costo totale, pertanto, è pari alla somma dei costi di tutte le unità di costi elementari, mentre il beneficio totale è, analogamente, la somma dei valori delle unità dei benefici elementari.

È possibile, con questo sistema, valutare benefici e costi diretti e indiretti. Per ottenere risultati affidabili, è importante circoscrivere in modo quanto più possibile realistico le unità dei benefici e dei costi elementari ed utilizzare valori (prezzi o costi) oggettivi.

Una volta individuati e stimati in termini monetari omogenei tutti i costi e i benefici, la valutazione vera e propria richiede siano considerate e valutate le voci e confrontate fra loro. In

linea di principio, seguendo la metodologia classica della massimizzazione del valore attuale netto (VAN), si considera un prefissato orizzonte temporale di riferimento (vita delle opere in progetto) e per ciascun anno di vita del progetto si calcola un beneficio “totale attualizzato” a cui andrà sottratto il corrispondente costo “totale attualizzato”, ottenendo di ciascun anno di vita del progetto un “beneficio attuale netto” che dovrà essere aggregato in un valore finale sull’arco temporale di analisi. Questo valore cumulato del beneficio attuale netto, in ultima analisi, permette di valutare il progetto. Una volta attualizzati e aggregati i valori, si opera il vero e proprio confronto tra benefici e costi.

È ormai chiaro che qualunque iniziativa si ripercuote, direttamente o indirettamente, sull’ambiente circostante, sia dal punto di vista strettamente naturale, che dal punto di vista antropico. Avremo pertanto ricadute negative (costi) e ricadute positive (benefici) che riguardano la collettività e pertanto è in questo senso che questo tipo di valutazione si inserisce all’interno di un SIA.

È l'adozione del punto di vista della collettività nella valutazione dei progetti che vale a contraddistinguere l’ABC dall'analisi finanziaria, pur condividendo queste due molte metodologie e l'approccio *with or without* della valutazione.

In tale ottica i prezzi adottati per la monetizzazione dei benefici e dei costi possono anche essere sensibilmente diversi da quelli di mercato; e, soprattutto, vengono attribuiti valori monetari anche a beni di cui effettivamente non esiste un mercato. Ovviamente questa è una stima indiretta e pertanto meno precisa e sicura di quella relativa a beni il cui prezzo è oggettivo e misurabile sul mercato, ma tuttavia esistono riferimenti bibliografici a cui agganciarsi per poter assumere un punto di vista oggettivo e non fare stime soggettive e locali più facilmente fallaci.

A seconda degli interventi e progetti da valutare occorre utilizzare strumenti di valutazione diversi, per adattarli alla specificità delle azioni da mettere in campo e dei contesti su cui queste intervengono.

In questo tipo di analisi è importante anche la valutazione di differenti alternative progettuali, per individuare le differenti componenti di costo e di beneficio corrispondenti a ciascuna, e dunque avere elementi significativi su cui basare un giudizio ragionato (non è detto che si scelga l’alternativa con il miglior rapporto assoluto costi-benefici).

Nel caso specifico per questo scopo, è necessario valutare ed identificare il grado di rischio idraulico presente nella situazione attuale, valutare gli effetti delle varie alternative prese in considerazione in fase di progetto, e la riduzione del rischio idraulico (ma non solo) che accompagnerebbe la realizzazione di ognuna di esse.

Nella Relazione del SISC Coghinas, sono stati definiti alcuni scenari di interventi infrastrutturali, la cui realizzazione è stata poi valutata sulla base di un'analisi dei relativi costi e la riduzione dei danni di piena conseguenti. In definitiva sono state fornite giustificazioni tecnico-economiche della convenienza nella pianificazione futura prevista dal PGRA nello scenario di intervento analizzato a breve termine (sei anni secondo le indicazioni della normativa) e su un orizzonte temporale più ampio, orientativamente esteso fino al completamento delle ipotesi infrastrutturali considerate.

Questo coerentemente con il comma 3, art. 7 della Direttiva Europea 2007/60 e ripreso nell'Allegato 1 del DL n. 49/2010 che prevede per i bacini idrografici interessati dal rischio idraulico una ACB per valutare le misure di mitigazione previste nel Piano. Considerata la portata dei progetti, che visti gli importi in gioco, non verranno realizzati in un'unica soluzione, ma per lotti, anche le priorità d'intervento dovranno, conseguentemente, essere stabilite in funzione di un'analisi Costi-Benefici.

In termini generali, nella definizione e valutazione dei costi e dei benefici bisogna tenere conto della loro distinzione in "diretti" e "indiretti". I secondi sono più difficilmente determinabili e quantificabili; in quanto comprendono elementi difficilmente monetizzabili quali, per esempio, alcuni effetti sull'ambiente, che preferibilmente saranno quindi considerati come vincoli nel problema decisionale.

Tutti gli impatti non monetizzati saranno comunque discussi e, quando possibile, localizzati spazialmente allo scopo di darne una descrizione qualitativa e quantitativa.

Coerentemente a quanto dibattuto nello SISC Coghinas, l'analisi dovrà necessariamente introdurre giudizi di opportunità anche su criteri sociali, calcolati dai risultati dell'analisi finanziaria mediante opportune correzioni per derivare il complesso dei costi e dei benefici legati all'opera in esame. Pertanto le variabili considerate saranno spesso, oltre che economiche, anche di tipo sociale, naturalistico, di salvaguardia del patrimonio storico-architettonico, ecc. Non verrà effettuata un'aggregazione di tutte le voci considerate in quanto vi è una generale "disomogeneità" degli elementi che intervengono. Un'aggregazione di questo tipo richiederebbe necessariamente approcci di tipo multi-obiettivo con necessarie procedure di comparazione e pesatura sulla funzione obiettivo che, per trovare una scala unitaria di valutazione, introducono molti elementi di soggettività e fanno inoltre perdere chiarezza alla valutazione.

Sarebbe inoltre opportuno sviluppare un'analisi di sensitività in corrispondenza dei valori adottati: In questo caso infatti sarebbe necessario valutare i cosiddetti "prezzi ombra" (o prezzi di sconto). I prezzi ombra non sono prezzi reali, ma valutano gli impatti che un'attività,

progetto, o investimento, ha sulla funzione di benessere misurata come la variazione marginale delle risorse considerate. Possono anche essere intesi come costi derivanti da un danno causato a una risorsa ambientale che altrimenti poteva essere pienamente goduta.

Nel caso degli interventi di mitigazione delle piene proposte, i costi e benefici possono essere caratterizzati come segue.

I costi delle misure sono sintetizzabili in due voci:

1. Costi diretti delle misure proposte, di investimento ed operativi;
2. Mancati redditi generati dalla realizzazione del piano.

In primo luogo, i costi diretti coincidono con i costi infrastrutturali volti a mitigare gli interventi di piena o a proteggere centri abitati ed infrastrutture in genere dalle inondazioni. Oltre ai costi di investimento, per ogni scenario vanno considerati anche i costi di manutenzione delle opere. Secondariamente vanno considerati altri effetti indiretti; quali, ad esempio le conseguenze in termini di cambiamento d'uso dei suoli o limitazione nella loro capacità d'uso. Si pensi ad esempio al caso in cui gli interventi di mitigazione consistano nel rinunciare a coltivare in aree soggette a inondazione: in questo caso l'attuazione degli interventi di mitigazione delle piene produrrà una perdita di posti di lavoro e raccolti che va tenuta in considerazione nell'analisi costi benefici. Altro esempio di costi indiretti è dato dalla chiusura di stabilimenti produttivi in aree a rischio. In questi casi la delocalizzazione di queste attività produttive avrà dei costi che dovranno essere considerati nell'ACB.

I benefici delle misure saranno quantificati secondo le seguenti voci:

1. Costi evitati per effetto delle misure;
2. Benefici generati (esternalità positive).

I benefici più importanti consistono nella difesa delle famiglie e delle costruzioni dal pericolo di inondazioni. In questo senso, un'approssimazione dei benefici (diretti) degli interventi di sistemazione idraulica è data dai danni derivanti dagli eventi di piena che sono evitati grazie ai suddetti interventi. Altri benefici indiretti possono derivare dagli usi ricreativi che un'eventuale sistemazione naturalistica dei corsi d'acqua potrebbe portare. La stessa considerazione sull'uso del suolo può valere anche dal lato dei benefici indiretti. Infatti la realizzazione delle opere di protezione può anche svincolare zone di territorio nelle quali, precedentemente alla costruzione delle opere di protezione, erano impediti alcuni tipi di utilizzo.

Gli strumenti valutativi sono diversi in funzione delle tipologie di intervento da analizzare e dei valori (e relativi criteri) che si ritiene utile considerare per la scelta.

In questa analisi, l'obiettivo è quello di individuare le componenti di costo e di beneficio corrispondenti a ciascuna delle soluzioni considerate, in modo da fornire basi conoscitive ed

elementi interpretativi significativi per il giudizio. A questo fine, è necessario identificare il grado di rischio nella situazione attuale e dopo la realizzazione degli interventi e quale sia la soluzione alternativa praticabile più conveniente.

I modelli di valutazione degli impatti da allagamento sono stati presi ed adattati da alcuni studi effettuati in aree simili al caso studio in esame (Consorzio di bonifica Alto Friuli, 1993; WWF, 2004), ma preventivamente confrontati con le più recenti linee guida sulle valutazioni economiche dei danni da alluvione, disponibili a livello internazionale (Messner, 2007; Office International del'Eau et al., 2005).

Le attività di ricerca necessarie alla determinazione dei costi e dei benefici derivanti dalle misure di un piano per raggiungere determinati obiettivi (nel nostro caso la sicurezza idraulica) sono presentati nella Figura 1 sotto riportata. Tale schema è ripreso dalle linee guida WATECO (definite per il recepimento della Direttiva Quadro Acque). Si ritiene tuttavia che la sua valenza sia di carattere più generale, visto che la proposta di Direttiva per la gestione delle alluvioni ricalca, per quanto concerne l'analisi economica, quanto stabilito dalla Dir. 2000/60/CE.

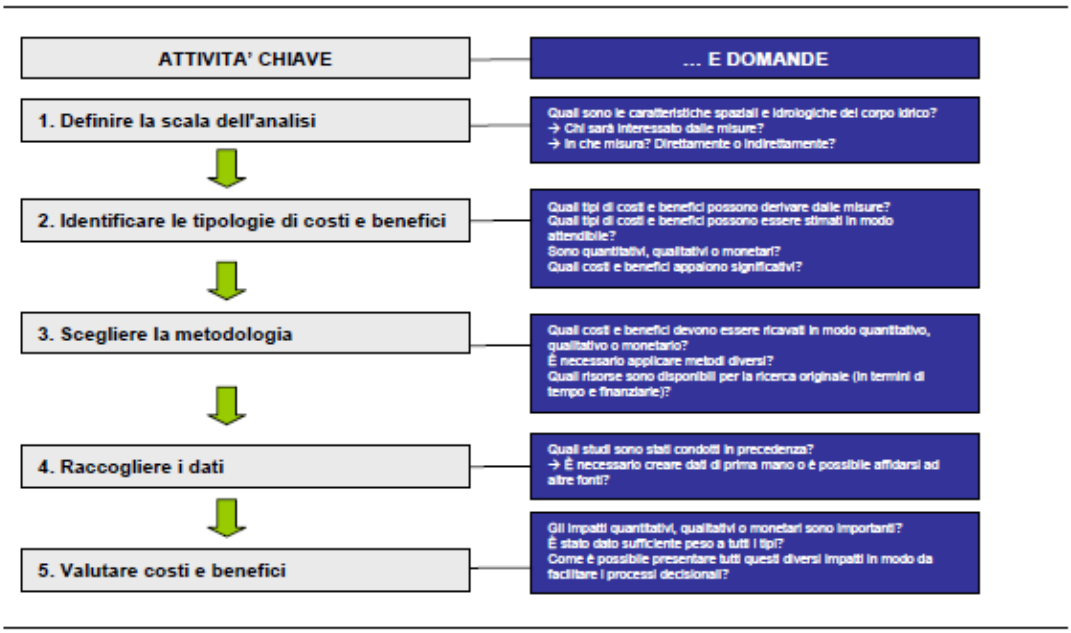

Figura 1 – Processo per la determinazione dei costi e dei benefici

Analogamente a quanto stabilito dalle linee guida WATECO (2002) la scala di riferimento per l'analisi è quella del bacino idrografico: saranno pertanto considerati tutti gli impatti economici e sociali degli interventi proposti sul territorio coincidente con il bacino del Coghinas.

1. La descrizione del contesto

Il territorio del bacino idrografico del fiume Coghinas è caratterizzato da una molteplicità di paesaggi: il sistema marino dunare, la piana alluvionale agricola, il sistema insediativo sull'arco collinare, i laghi artificiali interessati dai processi di produzione di energia.

Come descritto nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) della Regione Sardegna, "*il Coghinas è considerato il terzo corso d'acqua della Sardegna dopo Tirso e Flumendosa. Il bacino, con superficie di poco meno di 2500 km2, ha una forma vagamente triangolare in cui il basso e medio corso del Coghinas, del riu Mannu di Mores e del riu di Berchidda ne costituiscono le bisettrici, oltre che i principali assi drenanti. Il bacino del Coghinas è un'area caratterizzata dalla presenza di colline e basse montagne, all'interno delle quali vi sono alcune limitate piane alluvionali. La foce avviene in corrispondenza di una piana formata dai depositi alluvionali del Coghinas stesso e chiusa verso il mare da una duna costiera continua, in parte stabilizzata, ma per lo più ancora attiva, dell'altezza di 15-20 m*".

Il fiume Coghinas è l'unico corso d'acqua principale dell'intero bacino, ha una lunghezza complessiva di circa 37 km nel tratto compreso tra la località Domos Piretu (circa 7 km a sud-est della Strada Statale n° 672) e la foce a mare, in corrispondenza del golfo dell'Asinara.

L'area oggetto di indagine si individua nei territori di Badesi, Santa Maria Coghinas, Valledoria, Viddalba. Dal punto di vista morfologico, questa porzione di bacino, come riportato nel PSFF, presenta "*un alveo profondamente inciso nel substrato roccioso, pressoché assenza golena, fondovalle che descrive ampie sinuosità lungo un tracciato verosimilmente fossile. Nell'attraversamento della piana costiera l'alveo, in seguito alla bonifica effettuata negli anni compresi tra 1913 e 1938, scorre tra rilevati arginali, versanti collinari e la duna costiera. In un primo tratto, tra Viddalba e il ponte della S.P. 90, l'alveo presenta un andamento debolmente sinuoso con una modesta tendenza alla ramificazione, visibile soprattutto nella cartografia storica. Sempre verso Viddalba l'alveo si allarga in una serie di piccoli bacini separati da brevi rapide, verosimilmente frutto di vecchie attività estrattive in alveo, ora dismesse*".

A valle del ponte della S.P. 90 l'asta fluviale assume un andamento francamente meandriforme, finché non giunge nei pressi della duna costiera. Di qua, dopo un paio di ulteriori meandri, l'alveo si rettifica e si allarga progressivamente fino a diventare una sorta di laguna, per poi giungere finalmente al mare attraverso una piccola bocca, che attraversa la linea delle dune di fronte alla località la Foce. Il corridoio fluviale ha storicamente condizionato l'organizzazione dello spazio insediativo della valle e attualmente risulta coinvolto in scenari di sviluppo

territoriale che nel paesaggio fluviale riconoscono una risorsa intercomunale che apre interessanti prospettive. Si tratta di una piana alluvionale costiera in cui gli insediamenti sono disposti a corona sui rilievi che la circondano.

È attraversata da una delle infrastrutture strategiche del nord Sardegna che connette l'ambito di Castelsardo a quello di Santa Teresa Gallura.

Il progetto urbano del territorio offre una "*organizzazione spaziale e funzionale del sistema insediativo fortemente influenzata dalla presenza dell'omonimo corso d'acqua che nel suo percorso dai rilevi alla costa disegna e struttura il territorio secondo il susseguirsi di scenari diversi interpretabili solo in riferimento a questo stretto legame di relazione. Nel risalire il suo corso il fiume Coghinas struttura un paesaggio variegato che dalla foce si articola in:*

- *sistema marino dunare che ai prevalenti usi balneari testimoniati dalla presenza di insediamenti e servizi di carattere stagionale (il sistema dei campeggi sulla foce del fiume, le case per vacanza in prossimità delle spiagge e i recentissimi complessi turistico alberghieri) ha ultimamente affiancato alcuni episodi ricettivi orientati al turismo ambientale e rurale;*
- *piana alluvionale, dove per l'eccezionale qualità dei suoli associata alla presenza della risorsa idrica si è sviluppato un pregiato sistema di colture orticole;*
- *sistema degli insediamenti agricoli della Media Valle che si sviluppano lungo il corso del fiume;*
- *sistema dei laghi artificiali di Casteldoria e di Muzzone le cui acque alimentano diversi usi produttivi (idroelettrico, potabile e irriguo);*
- *sistemi insediativi policentrici degli archi collinari e degli altipiani che definiscono i bacini imbriferi.*

Il rapporto tra tali sistemi e il corso del fiume è naturalmente un rapporto bidirezionale. Non solo, infatti, le attività presenti sono da leggersi in relazione alle condizioni più o meno a loro propizie generate dal fiume, ma lo stato di quest'ultimo, ovvero il mantenimento del suo equilibrio e del suo stato qualitativo, dipendono dalle modalità insediative e più in generale dalle attività antropiche che si svolgono nel suo intorno".

La conformazione attuale delle opere di difesa presenta uno sviluppo di arginature in terra di circa 8500 m in parte sinistra e di circa 1600 m in destra idraulica, quest'ultima a protezione di un'area con estensione di circa 290 ettari caratterizzata da usi agricoli (seminativi, ortive) e priva di insediamenti abitativi.

A monte della valle le infrastrutture dell'acqua sono caratterizzate da due sbarramenti:

- la diga di Muzzone che determina un lago artificiale con volume totale di invaso di 283.56 milioni di mc, gestito da ENEL a fini idroelettrici, che deve garantire adeguata laminazione delle piene e il soddisfacimento delle utenze multi-settoriali di carattere civile, irrigue e industriali;
- la diga di Casteldoria che sottende un invaso di dimensioni ridotte con volume totale di invaso di 8.03 milioni di mc, completamente tracimabile, utilizzato a fini idroelettrici e come presa per le utenze irrigue e idropotabili. L'invaso artificiale di Casteldoria si sviluppa lungo la valle del fiume Coghinas per più di 5 Km. A valle dello sbarramento, il fiume prosegue per circa 2 Km in una valle stretta ed incisa, in cui l'unico insediamento presente è costituito dallo stabilimento termale di Casteldoria e dove l'alveo non ha alcuna possibilità di divagazione.

Il rilevato arginale, in sponda sinistra, ha inizio appena a valle di S. Maria Coghinas e prosegue sino alla foce, nei pressi di Valledoria, salvo una breve interruzione nella zona di Ponte Coghinas, in corrispondenza del Monte di Campu. Poco a monte di quest'ultimo, appena a valle dell'immissione del Canale Nuragheddu, ha inizio, invece, l'arginatura in sponda destra, che presenta uno sviluppo più breve e termina in zona costiera, immediatamente a valle di un'immissione di un canale irriguo controllato da una chiavica.

Nelle aree oggetto dello studio ricadono anche vaste estensioni di interesse paesaggistico lungo le sponde del Coghinas, tutelate per legge per una fascia di ampiezza di 150 m, e la fascia di rispetto costiero (300 m) (ex art. 142 D.Lgs 42/2004 come sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Altre zone di pregio ambientale sono individuabili nella zona costiera tra le quali l'area del Sito di interesse comunitario (SIC "Foci del Coghinas"), e una zona di protezione regionale (ZPS) che include il compendio dunare sabbioso della fascia litoranea.

Tra i numerosi elementi di particolare pregio, individuati nell'ambito del Piano Paesaggistico Regionale, si ricordano: le sorgenti termali alla base del rilievo del castello dei Doria, che rappresentano una potenziale risorsa per il territorio; le zone umide di foce fluviale del Coghinas, che si aprono attraverso il lido sabbioso di Valledoria e rappresentano un importante ecosistema umido costiero ed il compendio sabbioso costiero rappresentato dalla spiaggia e dal vasto campo dunare retrostante che è strutturato in diversi ordini e stadi evolutivi (comprendenti formazioni sabbiose antiche di deposizione eolica) ed è caratterizzato da importanti coperture vegetali di formazioni a ginepro. Di particolare pregio risulta, inoltre, l'alveo ordinario e di piena attuale del basso corso del Coghinas, delimitato dalla fascia alluvionale terrazzata che

accompagna il tracciato meandriforme nella piana oltre che le aree di interesse botanico delle foci del Coghinas e delle dune di Badesi.

Le conseguenze sul territorio degli eventi di piena simulati per la situazione attuale (di cui allo Scenario 0 del PGRA) hanno evidenziato la possibilità che vaste aree della piana della bassa valle del fiume Coghinas siano interessate dall'esondazione con modeste differenze in termini di area di superficie occupata, rispetto alla variazione del tempo di ritorno associabile all'evento, ma con significative differenze nei danni conseguenti ai diversi battenti idrici determinati dalle portate di piena per i diversi tempi di ritorno considerati.

La conformazione attuale delle opere di difesa presenta uno sviluppo di arginature in terra di circa 8500 m in parte sinistra e di circa 1600 m in destra idraulica, quest'ultima a protezione di un'area con estensione di circa 290 ettari caratterizzata da usi prettamente agricoli (seminativi, ortive) e priva di insediamenti abitativi.

Per descriverle in modo adeguato, le strutture arginali esistenti in sponda sinistra, da monte verso valle sono state schematicamente suddivise in 3 tronchi, come riportato nella figura seguente:

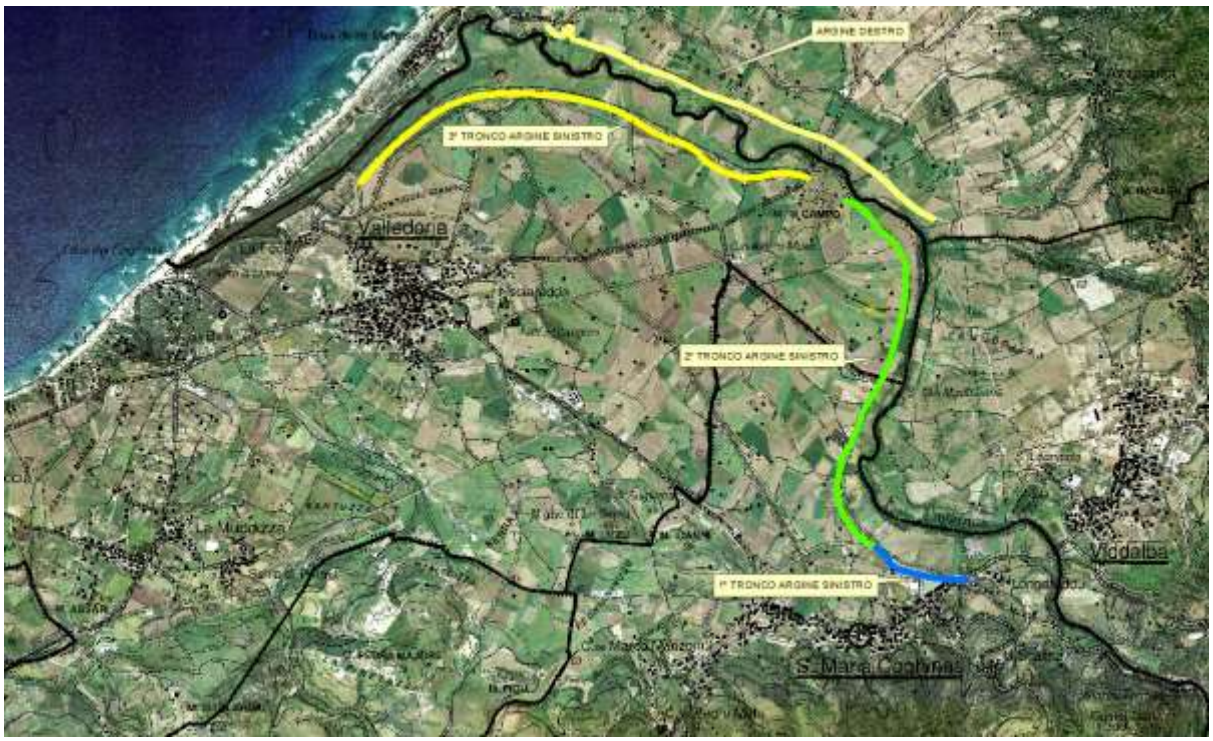

Figura 2 - I tre tronchi arginali

- il primo tronco della lunghezza 870 m da monte dell'abitato di S. Maria Coghinas fino alla zona "Su Lamaiu" alla periferia nord-est dell'abitato;
- il 2° tronco, connesso al primo, della lunghezza di 3238 m, fino al rilievo Monte di Campu prima del ponte della SP90;

- il 3° tronco, dalla ripresa a valle della SP90 fino all'idrovora, per una lunghezza di 4387 m.

Secondo quanto descritto nelle linee guida del Contratto di fiume della Bassa Valle del Coghinas si possono trarre elementi riguardanti lo stato ambientale del fiume nel suo complesso e del tratto alla foce, comprese alcune criticità.

Il tratto del fiume Coghinas a valle della Diga di Casteldoria fino alla foce è considerato un unico corpo idrico (0176-CF000106). La stazione di monitoraggio è localizzata a valle della confluenza del Riu Iscia Palma (in destra orografica, in Comune di Viddalba). Questo tratto del fiume, così come il corpo idrico fluviale compreso tra la diga di Muzzone e l'invaso di Casteldoria, è dichiarato nel Piano di Gestione (PdG) del SIC come "fortemente modificato" (HMWB, heavily modified water body), a causa delle alterazioni delle portate naturali causate dagli invasi. La Direttiva 2000/60 – così come il D.Lgs 152/06 che la recepisce nell'ordinamento Italiano – prevede che i corpi idrici "fortemente modificati" possano raggiungere obiettivi meno ambiziosi (il cosiddetto "potenziale ecologico" buono) rispetto al "buono stato" che è previsto sia raggiunto per tutti i corpi idrici dell'UE. Al momento – non essendo stato definito normativamente l'obiettivo di "buon potenziale ecologico" – il PdG prevede per il basso Coghinas il raggiungimento del "buono stato" entro il 2021. Lo stesso PdG prevede che, alla conclusione del terzo ciclo di pianificazione, si aggiorni l'obiettivo da raggiungere prevedendo il raggiungimento del buon potenziale ecologico.

Per attribuire lo stato ambientale (scadente, scarso, sufficiente, buono, elevato) ai corpi idrici fluviali è necessario determinarne lo stato ecologico e lo stato chimico. Per determinare lo stato ecologico vengono monitorati 4 elementi di qualità biologica (EQB: macrobenthos, fauna ittica, fitobenthos e macrofite acquatiche) oltre ad alcuni elementi chimici e idromorfologici a supporto degli elementi di qualità biologica. Per determinare lo stato chimico è sufficiente che, in base allo stato chimico, non vengano superati i limiti (standard di qualità per un elenco di sostanze che non si trovano naturalmente nelle acque dei fiumi) previsti dalla normativa. Analogamente, per attribuire lo stato dei corpi idrici marino costieri vengono monitorati 4 elementi di qualità biologica (diversi da quelli rilevati per i fiumi: macrobenthos, fitoplancton, fanerogame marine, macroalghe) e lo stato chimico.

Secondo gli ultimi dati disponibili (riportati nell'aggiornamento 2016 del PdG), il basso Coghinas presenta uno stato chimico buono ma uno stato ecologico lontano dall'obiettivo "buono". In particolare, il monitoraggio dello stato ecologico è per ora limitato a soli 2 dei 4 elementi di qualità biologica necessari: il macrobenthos e la fauna ittica; mancano quindi informazioni sul fitobenthos e sulle macrofite acquatiche. L'indicatore del macrobenthos

corrisponde allo stato “scarso” in tutti gli ultimi anni di rilevamento disponibili (2011-2013); mentre quello della fauna ittica (2011) corrisponde ad uno stato “sufficiente”. Per quanto riguarda gli elementi chimici “a supporto” è interessante notare che il LIMECO (un indicatore che integra i principali parametri che segnalano l’inquinamento delle acque) rilevato negli ultimi anni (2013 e 2014) nel basso Coghinas risulta equivalente ad un “buono stato”. Non sono ancora disponibili, invece, gli elementi idromorfologici “a supporto”, ma ARPAS ha effettuato i rilievi e quindi tali dati dovrebbero essere disponibili a breve.

Per quanto riguarda le acque costiere, il corpo idrico marino costiero di interesse, denominato “Foce del Coghinas” (codice 0176-MC01021) presenta uno stato chimico elevato ed uno stato ecologico “sufficiente” determinato dai valori dell’indice che misura il macrobenthos (2012-2015); non risultano rilevati gli EQB fanerogame e macroalghe. Da segnalare che il valore dell’indice che misura lo stato trofico delle acque (fitoplancton) risulta in “buono stato”.

I controlli di qualità delle acque costiere per la balneazione mostrano che le acque della foce del Coghinas (3 punti di campionamento) sono classificate di qualità eccellente. È opportuno sottolineare la classificazione delle acque per la balneazione è effettuata in base a due indicatori microbiologici di contaminazione fecale (Escherichia coli ed enterococchi intestinali) la cui presenza è rilevabile, nelle acque costiere, solo in presenza di scarichi di portata consistente, domestici o zootecnici non trattati o depurati, ma senza trattamento finale di disinfezione (n.b. il trattamento di disinfezione non è richiesto di norma dalla legge). La qualità delle acque di balneazione non è quindi correlabile con molti dei fattori di pressione significativi per il basso Coghinas.

Da informazioni raccolte presso la comunità locale, viene segnalata saltuariamente una elevata torbidità delle acque del fiume, presumibilmente correlata con i rilasci dalla diga a monte, e di colorazioni anomale nelle acque costiere prospicienti la foce, ma non sono attualmente disponibili dati di monitoraggio in merito.

Sempre dalle linee guida del Contratto di fiume della Bassa Valle del Coghinas emergono i fattori di pressione più significativi su entrambi i corpi idrici (quello fluviale e quello marino costiero):

- depuratori civili;
- depuratori industriali;
- discariche;
- carichi diffusi di origine agricola.

Per il solo corpo idrico fluviale il PdG segnala come significative le pressioni dovute a:

- prelievi idrici per diversi usi;
- alterazioni morfologiche dovute ad opere trasversali (dighe);
- alterazioni idrologiche (modifiche del regime delle portate in alveo).

Non sono segnalati come fattori di pressione dal PdG, né chiaramente identificati come criticità dal Piano di Gestione del SIC, tuttavia l'alterazione morfologica diretta dell'alveo (che almeno in parte del corpo idrico ha cambiato configurazione morfologica a seguito della costruzione delle dighe a monte) e della vegetazione riparia (le sponde sono in gran parte prive di vegetazione arborea-arbustiva e le golene a copertura prevalentemente erbacea) potrebbero costituire fattori di pressione significativi per il corpo idrico fluviale. La mancanza di vegetazione riparia che in condizioni naturali ombreggia le acque, ad esempio, può rappresentare un fattore di impatto determinante sulla temperatura dell'acqua nei mesi estivi, quando la portata è minore.

Per quanto riguarda il corpo idrico marino costiero è molto difficile stabilire l'importanza relativa dei fattori di pressione: una alterazione della comunità macrobentonica può dipendere dai carichi inquinanti (citati come fattori di pressione nel PdG, ma sulla cui intensità non si hanno informazioni sufficienti), ma anche da anomalie nei processi sedimentari (che pure esistono, secondo il Piano di Gestione del SIC). È invece possibile – per il corpo idrico fluviale – ipotizzare una "scala di priorità" dei fattori di pressione sulla base delle informazioni disponibili.

I rilasci dalla diga di Casteldoria: non sono attualmente disponibili misure dell'andamento delle portate in alveo nel basso Coghinas, ma – da informazioni reperite dalla comunità locale, dai sopralluoghi effettuati e dalle simulazioni riportate nel PdG e nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – pare che nessuna portata venga rilasciata a valle della diga, al di fuori degli sfiori in caso di piena e delle portate turbinate. Ulteriori contributi sono quindi esclusivamente dovuti alle "perdite" provenienti dall'invaso, alle sorgenti presenti immediatamente a valle della diga (acque termali) e al contributo dei piccoli affluenti che confluiscono nel Coghinas nel tratto terminale. Non sono state al momento acquisite informazioni sulle modalità di rilascio di portate liquide in occasione delle piene (es. se esista uno scarico di fondo o se le acque sfiorino dalla sommità della diga) ma è certo che comportino un aumento repentino del trasporto solido ed in particolare – come segnalato dal Piano di Gestione del SIC – della componente più fine (limi e argille), condizione che può avere un impatto fortissimo su alcuni elementi di qualità biologica, come il macrobenthos. Va inoltre evidenziato lo stato eutrofico dell'invaso, che può avere impatti significativi sulla qualità dell'acqua a valle in occasione dei rilasci, sebbene manchino dati quantitativi a supporto. Questo fattore di pressione è quindi certamente molto significativo,

perché agisce su aspetti di grande rilevanza per le comunità biologiche e di conseguenza sullo stato ecologico del fiume:

- in assenza di rilascio sulla capacità di diluizione dei carichi inquinanti, sulla temperatura, sulla salinità;
- in occasione dei rilasci sulla concentrazione di sedimenti fini (quindi sulla torbidità) e di nutrienti.

I carichi inquinanti puntiformi: non è stata mappata l'ubicazione precisa degli scarichi industriali ma la stazione di monitoraggio dello stato ecologico del basso Coghinas è posta a valle dello scarico del depuratore di Viddalba, mentre gli scarichi dei depuratori di Valledoria, Badesi e Santa Maria Coghinas recapitano sui canali che confluiscono nel Coghinas in prossimità della foce e non influenzano la qualità delle acque nel punto di monitoraggio. Peraltro i valori della qualità fisico chimica delle acque (LIMECO), non segnalano una situazione particolarmente critica. È possibile approfondire il problema acquisendo ulteriori informazioni, ma in prima approssimazione i fattori di pressione "depuratori" e "scarichi industriali" sembrerebbero decisamente meno significativi rispetto alle alterazioni della portata.
Discariche: l'impatto delle discariche sui corpi idrici – più frequente su quelli sotterranei che su quelli superficiali – è dovuto alla cattiva gestione del percolato, che può contenere concentrazioni elevatissime di composti organici persistenti ed ammoniaca e, più raramente, di metalli pesanti. Dai dati di monitoraggio riportati per il basso Coghinas, non è possibile evidenziare un simile impatto sulla qualità delle acque. È possibile considerare il fattore di pressione "discariche" più come un rischio potenziale (di contaminazione che potrebbe avvenire in occasione di piogge intense) che come una causa di impatto continuativo in grado di influenzare lo stato ecologico del corpo idrico.
Carichi diffusi di origine agricola: il carico generato dalle attività agricole che insistono sulla piana costiera del Coghinas viene drenato dalla rete di canali esistente, che recapita nel Coghinas immediatamente prima della foce in mare. Esso può quindi causare impatti sulle acque costiere ma non ha alcun effetto sullo stato ecologico del fiume così come valutato attraverso la stazione di monitoraggio posta alcuni Km a monte. L'irrilevanza del carico diffuso sullo stato ecologico del corpo idrico fluviale è confermata dai valori del LIMECO, che in contesti dove il carico diffuso è effettivamente rilevante evidenziano concentrazioni di nitrati decisamente elevate. È quindi evidente che questo fattore di pressione, pur potendo avere effetti sulla qualità del tratto a valle della stazione di monitoraggio, non può essere la causa del valore "scarso" registrato dall'EQB macrobenthos nel basso Coghinas.

Il deflusso minimo vitale del tratto di fiume compreso fra la diga di Casteldoria e la foce è uno dei temi più significativi e più complesso del Contratto di fiume per la bassa valle del Coghinas. Non è un aspetto esclusivamente ecologico, bensì strettamente connesso con l'ambito economico e sociale.

Il tratto di fiume sopra indicato dovrebbe vivere una sua supposta "normalità idrologica", derivante dall'assetto climatico-idrologico della Sardegna odierna, che possa garantire la salvaguardia degli aspetti naturalistici che sono alla base dell'istituzione dell'area SIC.

Tuttavia l'assetto climatico-idrologico è in continua evoluzione e pertanto ipotizzare l'esito a livello di comunità fluviali è alquanto problematico.

Il deflusso minimo vitale nel periodo estivo è stato ed è tutt'oggi oggetto di discussione tra il Comune di Valledoria e l'Enel. Di recente questo tema ha assunto connotati importanti con il manifestarsi nella linea di costa balneare di "discolorazioni" dell'acqua, fenomeno che il Comune ha attribuito alle acque inquinate del Fiume Coghinas. Tale circostanza ha comportato ricadute sull'Enel ha dovuto interrompere i turbinamenti nei mesi di luglio e agosto.

Si tratta dunque di un problema delicato che rende complesso trovare un "equilibrio" tra esigenze ecologiche, naturalistiche, qualità delle acque marine, balneazione etc. In qualunque caso prima di ipotizzare un DMV per cercare di raggiungere una determinata dinamica idrologica si devono conoscere le esigenze dei portatori di interesse che partecipano al Contratto di Fiume. Allo stesso tempo appare necessario avere un'idea precisa dello stato delle comunità fluviali attuali.

A livello comunitario, la Direttiva Quadro Acque (DIRETTIVA 2000/60/CE) ha individuato, nel deflusso ecologico (DE) o deflusso minimo vitale (DMV), il regime idrologico adeguato per raggiungere gli obiettivi ambientali di qualità delle acque. La Commissione Europea ha approvato il Piano di azione per la salvaguardia delle risorse idriche europee (Blueprint) che individua nell'assegnazione sproporzionata di acqua una delle maggiori pressioni che incide sullo stato ecologico dei corpi idrici. Il Blueprint chiarisce ulteriormente il concetto di Deflusso Ecologico (DE) "il volume di acqua necessario affinché l'ecosistema acquatico continui a prosperare e a fornire i servizi necessari".

Dal punto di vista della normativa nazionale, gli articoli 95 e 121 del Decreto Legislativo n. 152/2006 hanno affidato alla competenza delle Regioni, per il tramite del Piano di Tutela delle Acque, l'approvazione di misure specifiche necessarie alla tutela quantitativa della risorsa idrica, tra cui in particolare quelle riferite all'individuazione delle regole di calcolo e dei criteri applicativi del DMV.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, in riferimento alle indicazioni del Blueprint ha approvato le linee guida per le valutazioni ambientali ex ante delle derivazioni idriche in relazione agli obiettivi di qualità ambientale (Decreto della Direzione generale per la salvaguardia del territorio e delle acque n. 29 del 13/02/2017 (decreto STA 29/2017) e le linee guida per l'aggiornamento dei metodi di determinazione del Deflusso Minimo Vitale (DMV) al fine di garantire il mantenimento, nei corsi d'acqua, del Deflusso Ecologico (DE) (Decreto della Direzione generale per la salvaguardia del territorio e delle acque n. 30 del 13/02/2017.

A livello locale, l'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, ha istituito un Gruppo di Lavoro Distrettuale (GdL) finalizzato ad approfondire gli approcci metodologici per la determinazione del Deflusso Minimo Vitale (DMV) per al fine di assicurare il Deflusso Ecologico (DE) e per la valutazione ambientale ex ante delle derivazioni idriche.

I due grandi invasi presenti sul fiume Coghinas sono utilizzati anche per uso potabile e irriguo e sono gestiti da ENEL per la produzione di energia idroelettrica: la diga di Muzzone (a monte) serve una centrale da 22, 7 MW mentre quella di Casteldoria un impianto da 5 MW. La gestione dei rilasci dalla diga di Casteldoria altera fortemente le portate del Coghinas a valle, sebbene ad oggi non sia disponibile una valutazione quantitativa (es. tramite l'indice IARI) di questa alterazione. La presenza delle dighe determina inoltre una netta discontinuità longitudinale, sia in relazione al trasporto solido che al passaggio della fauna ittica.

Tutta la piana costiera del Coghinas è sede di una intensa attività agricola, principalmente per la produzione del carciofo, che usa le acque del fiume per irrigazione, ma anche in questo caso non sono disponibili valutazioni quantitative sull'alterazione conseguente.

Il turismo che insiste sull'area è prevalentemente balneare, ma la zona di foce del fiume è interessata da attività di turismo naturalistico, esercitato tra l'altro, anche con piccole imbarcazioni con cui operatori locali accompagnano i turisti nella visita agli ambienti salmastri di maggior interesse avifaunistico e vegetazionale. Tale attività di navigazione, apparentemente, può risultare periodicamente impraticabile a causa delle scarse portate che non permettono la navigabilità, tuttavia non sono disponibili dati quantitativi in merito.

L'esame del 6° Rapporto delle Imprese del Nord Sardegna (Edizione 2017), redatto dalla Camera di Commercio di Sassari, offre un quadro di sintesi sul mondo imprenditoriale che opera su questo territorio. L'analisi è condotta a scala provinciale ma viene anche realizzato un approfondimento a livello comunale, che ci consente di offrire uno spaccato sulla situazione attuale del tessuto economico dei quattro Comuni della bassa valle del Coghinas.

L’analisi è stata organizzata per settori di attività (agricoltura, manifatturiero, artigianato, costruzione, commercio, turismo) e si è basata sul numero di imprese esistenti.

Rispetto al numero totale di imprese, non vi sono sostanziali variazioni tra il 2016 e il 2015, anni presi in esame dal rapporto, fatta eccezione per il comune di Badesi che vede una lieve diminuzione del numero globale di imprese pari a 10 unità. Nell’anno 2016, i tre settori trainanti sono risultati l’artigianato, l’agricoltura e il commercio con valori pari rispettivamente al 21%, 19,4% e 18,30% del numero totale di imprese registrate. I due settori con gli indicatori più bassi, nel 2016, sono il manifatturiero con 4,27% e il turismo con il 8,85%. Il risultato non cambia, nella sostanza, panche per l’anno 2015.

Per quanto riguarda il numero di imprese del 2016, registrato per singolo Comune, Valledoria conta oltre 630 imprese mentre Viddalba ha il valore più basso con 198 e, anche in questo caso, il risultato è analogo per l’anno 2015.

All’interno di ogni singolo Comune, i settori di maggior rilievo rispecchiano la situazione generale del territorio dell’intera bassa valle con alcune leggere differenze correlate a peculiarità tipiche di ogni realtà locale.

Tabella 1 - Numero di Imprese nei comuni del sub bacino del Coghinas suddivise per settore di attività

	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	Variazione
Badesi	50	49	11	12	62	66	51	55	44	46	28	28	35	35	202	202	0
Santa Maria Coghinas	60	56	5	5	35	36	21	21	47	49	15	15	19	20	631	626	5
Valledoria	91	86	27	27	131	132	103	101	124	127	63	63	92	90	196	195	1
Viddalba	53	50	13	14	47	50	34	36	25	26	10	9	14	10	281	291	-10
Totale	**254**	**241**	**56**	**58**	**275**	**284**	**209**	**213**	**240**	**248**	**116**	**115**	**160**	**155**	1310	1314	

Tabella 2 - Rappresentazione percentuale del numero di imprese nei comuni del sub bacino del Coghinas suddivise per settore di attività

	Agricoltura		Manifatturiero		Artigianato		Costruzione		Commercio		Turismo		Servizi	
	%2016	%2015	%2016	%2015	%2016	%2015	%2016	%2015	%2016	%2015	%2016	%2015	%2016	%2015
Badesi	17,79	16,84	3,91	4,12	22,06	22,68	18,15	18,90	15,66	15,81	9,96	9,62	12,46	12,03
S. Maria Coghinas	29,70	27,72	2,48	2,48	17,33	17,82	10,40	10,40	23,27	24,26	7,43	7,43	9,41	9,90
Valledoria	14,42	13,74	4,28	4,31	20,76	21,09	16,32	16,13	19,65	20,29	9,98	10,06	14,58	14,38
Viddalba	29,70	27,72	6,63	7,18	23,98	25,64	17,35	18,46	12,76	13,33	5,10	4,62	7,14	5,13

Tabella 3 - Numero totale di imprese suddivise per settore di attività per l'intero sub bacino della bassa valle del Coghinas

Numero totale imprese per settore di attività				
	2016		***2015***	
	Numero	*%*	*Numero*	*%*
Agricoltura	254	19,39	241	18,34
Manifatturiero	56	4,27	58	4,41
Artigianato	275	20,99	284	21,61
Costruzioni	209	15,95	213	16,21
Commercio	240	18,32	248	18,87
Turismo	116	8,85	115	8,75
Servizi	160	12,21	155	11,80
Totale	**1310**		**1314**	

2. La Definizione degli obiettivi

In termini generali, i progetti ambientali mirano ad elevare i livelli di resilienza e sicurezza della società nel suo complesso, ovvero del capitale umano, naturale e fisso.
Le linee guida UE spiegano (pag.207) come tale finalità sia declinabile lungo i seguenti obiettivi specifici:
- Protezione della salute umana;
- Protezione di edifici e altri beni, inclusi quelli produttivi e di quelli di interesse storico e/o culturale;
- Adattamento al cambiamento climatico delle infrastrutture esistenti;
- Diminuzione della pressione sulle risorse naturali;
- Protezione di zone costiere, foreste e parchi naturali dai fenomeni di deterioramento;
- Aumento della resilienza dell'ecosistema.

Come riportato nella relazione tecnica (All.1) Gli interventi di cui al presente progetto sono finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico della Bassa Valle del Fiume Coghinas per eventi di piena con tempo di ritorno pari a 50 anni, in relazione alle valutazioni e previsioni contenute nel PGRA, che ne individua una priorità alta in relazione alla finalità dell'opera, poiché l'intervento si configura come un ampliamento di opere di 2^ categoria.
Questo è coerente con quanto riportato nello SISC Coghinas secondo cui per il quadro normativo vigente, l'obiettivo è quello della riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (art. 7 e Allegato I del D.L. 23 febbraio 2010 n. 49 e art. 7 della Direttiva 2007/60/CE).
A maggior chiarimento, la valutazione di questa tipologia di progetti rappresenta inoltre l'occasione per approfondire aspetti connessi alla:
- Prevenzione del cambiamento climatico, della perdita di biodiversità e dei rischi naturali nella pianificazione integrata dello sviluppo territoriale;
- Valutazione delle misure di gestione dei rischi per rendere le infrastrutture o altre strutture più resilienti rispetto ai rischi;
- Sensibilizzazione e formazione in merito all'importanza del cambiamento climatico, della biodiversità e della gestione del rischio di disastri.

Nello specifico il progetto mira a perseguire una duplice finalità: la riduzione del rischio idraulico e la riqualificazione paesaggistica ed ambientale del contesto.

Riduzione rischio idraulico

Il primo obiettivo che si intende perseguire è sicuramente quello di mitigare il rischio di allagamento, per eventi con tempo di ritorno 50 anni, dei centri abitati della Bassa Valle del Fiume Coghinas (Santa Maria Coghinas, Viddalba e Valledoria) in occasione di eventi di piena attraverso la riduzione della pericolosità idraulica associata all'asta fluviale.

La riduzione delle pericolosità idraulica, ha come obiettivi specifici:

- Aumentare la resilienza rispetto alle alluvioni delle aree soggette a disastri e più vulnerabili a eventi climatici estremi.
- Sostenere le economie locali (ad esempio, nei settori dell'agricoltura e della silvicoltura) riducendo la vulnerabilità ai rischi naturali, garantendo l'adattamento al cambiamento climatico, mantenendo mezzi di sussistenza sostenibili e promuovendo la crescita del verde

Riqualificazione paesaggistica e ambientale

Il secondo obiettivo consiste nella riqualificazione paesaggistica e ambientale dell'area che non può prescindere da uno studio specifico sull'asta fluviale. L'intervento proposto è inserito in un'analisi di contesto volta a valorizzare gli elementi presenti e a mitigare gli eventuali effetti indotti dall'opera stessa attraverso interventi strutturali e opere di ingegneria naturalistica, capaci di limitare al minimo l'impatto ambientale delle opere e garantendo una totale integrazione con l'ambiente circostante.

Nel Piano Paesaggistico Regionale l'area interessata ricade all'interno dell'Ambito di Paesaggio Costiero n.15 "Bassa Valle del Coghinas" ed è pertanto soggetta a vincolo paesaggistico. Da un'analisi del PPR si evince che tra gli indirizzi previsti per l'ambito di paesaggio in oggetto, assume una particolare rilevanza il seguente punto: "Conservare la funzionalità ecologica del fiume Coghinas, attraverso la ricostituzione della naturalità dell'alveo fluviale, anche mediante la valorizzazione degli argini in terra, la mitigazione delle interferenze generate dalle infrastrutture ed il recupero della percezione e delle funzioni di connessione ecologica del corridoio fluviale, in relazione alla pianura alluvionale circostante".

3. L'identificazione del progetto

Come definito dalla relazione metodologica realizzata per lo studio idraulico finalizzato alla predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni[3] sui principali corsi d'acqua del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna e in particolare per la Bassa Valle del Coghinas, sono state considerate le diverse tipologie di intervento, individuate come applicabili in relazione al contesto ambientale esistente, suddivisi in:

Interventi di costruzione e/o demolizione:

1. Realizzazione di nuove arginature e adeguamento delle quote di quelle esistenti.
    a. demolizione senza ricostruzione di ponti e attraversamenti stradali per carreggiate a una e a due corsie;
    b. Interventi sulla viabilità: varianti stradali

Interventi non strutturali (manutenzione ordinaria e/o straordinaria):

a. manutenzioni periodiche delle formazioni arginali esistenti;
b. manutenzioni periodiche delle nuove arginature.

La procedura di individuazione degli interventi per la salvaguardia delle aree territoriali dotate di pericolosità idraulica ha tenuto conto della mappatura di pericolosità contenuta nel PSFF che rappresenta il punto di riferimento per le analisi svolte nel SISC Coghinas, anche riguardo alle simulazioni idrauliche effettuate sulla base della situazione attuale.

Le caratteristiche dimensionali delle opere di arginatura del PGRA sono finalizzate al contenimento della piena aventi tempo di ritorno di 200 anni con il franco assegnato pari a 1.20 m; esse sono state quantificate anche in relazione alla presenza degli argini esistenti dei quali si prevede l'eventuale l'adeguamento plano-altimetrico.

Nel progetto oggetto di valutazione, pur restando analoghe le opere, il tempo di ritorno utilizzato per il loro dimensionamento è quello di 50 anni, considerando le piene previste dal PSFF. Questa è una differenza sostanziale che nasce da alcune valutazioni, che sono state concordate con i competenti uffici dell'ADIS di Cagliari.

La quota di adeguamento del rilevato arginale così ottenuta è stata incrementata, con un franco idraulico pari a 1,20 mt, conformemente a quanto previsto nel PGRA.

È stato inoltre verificato che l'altezza arginale così determinata rispetti la quota profilo dell'inviluppo di piena della portata con tempo di ritorno 200 anni senza alcun franco idraulico.

---

[3] Di seguito PGRA - Scenari di intervento strategico e coordinato: Coghinas – Relazione

Questa valutazione è stata fatta sulla base di due importanti considerazioni.

La prima è che le portate valutate nel PSFF non tengono affatto conto della capacità di laminazione delle piene che potrebbe svolgere la diga di Muzzone, come studiato nel SISC Coghinas, "Relazione integrativa: Verifica della possibilità di incremento della laminazione nell'invaso di Muzzone". Infatti siamo in una fase di studio per capire se la diga potrebbe svolgere questo ruolo (e la relazione integrativa dà una dice che lo potrebbe fare), riducendo gli effetti delle portate di piena a valle per i vari tempi di ritorno. Chiaramente attribuire questo ruolo alla diga significherebbe avere portate di piena inferiori a valle, con conseguente diminuzione delle dimensioni delle opere arginali attualmente previste dal PGRA. Pertanto realizzare oggi opere con portate sovrastimate rispetto a quelle reali porterebbe ad un significativo aggravio dei costi delle opere di difesa, senza nessun beneficio dal punto di vista idraulico.

La seconda valutazione, stante il momento di transizione e valutazione attuale, è che tutti gli interventi proposti siano comunque realizzati al fine di non pregiudicare l'efficacia, o addirittura la realizzazione, di futuri interventi per la riduzione del rischio di allagamento relativo a piene con tempi di ritorno di 200 anni come previsto dall'attuale PSFF. In questo modo i lavori attuali sarebbero uno step per giungere ad una realizzazione completa delle opere previste in PGRA, in caso non si volessero adottare nuove strategie di utilizzo della diga di Muzzone per la laminazione.

La conformità con gli strumenti di pianificazione e programmazione sovraordinati si attua anche nella definizione dei rilevati arginali che sono stati progettati conformemente alle indicazioni contenute nell'allegato 5 del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po "Quaderno delle opere tipo" sia relativamente alla forma del rilevato arginale che al contenimento della linea di imbibizione.

I rilievi dello stato attuale sono stati eseguiti sulla base del DTM (LIDAR), stimando il volume corrispondente alle geometrie di progetto sulla base dei risultati dell'analisi idraulica.

La loro geometria consente sia la percorribilità sommitale con uno stradello ricavato al colmo dell'argine per le attività di manutenzione e sorveglianza, da raccordarsi alla viabilità pedonale o ciclabile sia la fruizione pubblica dei piani arginali, agevolata dalla loro moderata pendenza trasversale (scarpa 2/1 su tutte le varianti tipologiche adottate).

Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria rappresentano il necessario impegno per garantire la funzionalità dell'opera per l'intero arco temporale di vita utile prevista e comprende anche interventi di risagomatura o ricarico dei rilevati, la pulizia dalla vegetazione, il recupero di rifiuti eventualmente presenti.

Accanto alle sopradescritti interventi di manutenzione sulle opere di difesa attiva, sono stati previsti alcuni interventi di demolizione di strutture di attraversamento esistenti che in relazione alla insufficiente luce libera determinano problemi al deflusso di piena, soprattutto in quanto questo è in pratica sempre accompagnato da materiale flottante di varia natura. Altri interventi riguardano la necessità di adeguamento del franco in corrispondenza dei ponti lungo la SP35 (sommerso) (rio Badu Crabile) e il ponte a campate sul f. Coghinas lungo la SP146 (franco annullato). Mentre per il primo, per il PRGA, non appare ipotizzabile un intervento di adeguamento in quanto l'intera struttura risulta soggiacente alla corrente idrica, nel secondo caso si presume che sia attuabile il ripristino del franco libero.
Di seguito si esaminano gli interventi progettuali previsti.

Intervento A1

Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rilevato arginale in fregio alla banchina stradale meridionale, con funzione di difesa arginale formazione, costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramenti in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

Intervento A2

Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)

L'intervento prevede la realizzazione di una difesa arginale costituita da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramenti in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

Intervento B1

Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rialzo e ringrosso arginale con formazione di banca intermedia e costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramento lato fiume in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile, e realizzazione di paramento lato campagna con struttura in terra rinforzata rinverdibile con inclinazione 60°. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

Intervento B2

Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)

L'intervento prevede la realizzazione di un rilevato arginale in fregio alla banchina stradale meridionale, con funzione di difesa arginale formazione, costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramenti in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile. Completa l'intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam e la sostituzione dell'esistente parapetto "a giorno" del ponte in prossimità dell'abitato di Santa Maria Coghinas con parapetto in cls rivestito in pietra.

Intervento C

Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas

Con particolare riferimento alle situazioni di insufficienza idraulica di sponda sinistra e al modesto gradiente altimetrico della piana esondata, per effetto della quale si hanno ampie aree allagate anche con modesti battenti idrici, si ipotizza la realizzazione di un argine trasversale posto a valle dell'abitato di Santa Maria Coghinas per prevenire che la lunghezza del profilo di esondazione del tratto di valle del fiume provochi l'allagamento delle aree a monte fino al centro abitato.

L'intervento prevede la realizzazione di una appendice arginale della lunghezza di circa 1050 m parallelamente alla SP 33bis a nord di S. Maria Coghinas, planimetricamente intestato

all’estremo di valle del 1° tronco arginale e su un modesto rilievo sulla sponda morfologica della valle in prossimità dell’innesto tra la SP33 e la SP33bis.
Si prevede un'altezza massima del colmo arginale sul piano di campagna pari a 3 m.

Intervento D

Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas

L’intervento connesso alla realizzazione del nuovo argine in terra a protezione di Santa Maria Coghinas, prevede anche la necessaria sistemazione idraulica del reticolo a monte della stessa arginatura, tra il centro abitato e l'arginatura stessa, in modo tale da poter garantire l'ordinato accesso dei deflussi provenienti da monte verso il loro recapiti naturali i quali attualmente consistono nel canale di dreno principale la cui testata arriva fino all'abitato di Santa Maria Coghinas. Per effetto della presenza del rilevato arginale di cui al punto precedente, il canale sarà deviato verso un canale colatore esterno per l’aggiramento dell’argine o con la realizzazione di un impianto idrovoro asservito alla rete di canali dell’area tributaria di monte. L'estensione stimata della zona oggetto di sistemazione ammonta a circa 100 ha all'interno della quale area si prevede la riapertura di nuovi canali con opere accessorie e la realizzazione di attraversamenti che consentono il ripristino delle viabilità eventualmente interrotte.

Intervento E1

Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da Lu Lamaiu al rilievo Monte di Campu (Lunghezza mt.3200,00 Hm= 1,20 m)

L’intervento prevede la realizzazione di un rialzo e ringrosso arginale con formazione di banca intermedia e costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramento lato fiume in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile, e realizzazione di paramento lato campagna con struttura in terra rinforzata rinverdibile con inclinazione 60°. Completa l’intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

Intervento E2

Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da rilievo Monte di Campu alla foce in Valledoria (Lunghezza mt.4390,00 Hm= 1,80 m)

L’intervento prevede la realizzazione di un rialzo e ringrosso arginale con formazione di banca intermedia e costituito da materiale inerte classificato a 2-4, 2-5 prevalentemente fornito, ma anche in parte proveniente da scavi (nella misura indicativa di circa il 20%), con formazione di paramento lato fiume in terra naturale inerbita con scarpa 2/1 e sottostante geocomposito bentonitico, a formazione di strato impermeabile, e realizzazione di paramento lato campagna con struttura in terra rinforzata rinverdibile con inclinazione 60°, previa posa di geogriglia di rinforzo per aumentare la capacità portante della sottofondazione. Completa l’intervento la realizzazione sulla sommità arginale di una strada di servizio in macadam.

Intervento F

Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba (già eseguito)

L'intervento di demolizione riguarda una struttura dismessa della lunghezza complessiva di circa 116 m e mai rimossa, posta in parallelo all'attuale ponte di collegamento sulla strada provinciale 146 all'ingresso dell'abitato di Viddalba, la quale consiste in un ponte a campate multiple fondate su pile disposte in alveo.

L'intervento prevede l'asportazione delle campate mediante demolizione oppure taglio e rimozione mediante attrezzature di sollevamento, la demolizione delle pile in alveo con l'asportazione delle fondazioni o riduzione delle stesse fino al piano di spiccato sia sulle sponde che sul alveo.

L'intervento comprende inoltre la pulizia delle sponde, la regolarizzazione delle scarpate in modo da favorire il ritorno alla naturalità delle aree di sedime.

Intervento G

Demolizione del ponte al km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)

In analogia con l'intervento definito al punto precedente anche in tal caso si tratta della demolizione di una struttura che rappresenta una duplicazione rispetto a quella esistente di nuova realizzazione.

Tale struttura, che attualmente è utilizzata nella viabilità alternativa di collegamento con Valledoria, ha una lunghezza di poco superiore ai 350 m ed è rappresentata da un ponte a campate multiple le quali poggiano su pile fondate in alveo con piano di carreggiata a due corsie.

Intervento O

Demolizione del ponte esistente sul Rio Badu Crabile lungo la SP 35 (ex SP 146) "Bordigiadas-Viddalba", realizzazione di nuovo ponte sul medesimo Rio e relativa variante stradale della SP 146 (Lunghezza mt.650,00)

L'intervento prevede la demolizione dell'esistente ponte sul Riu Badu e la formazione di nuovo ponte a circa 170 m a monte di quello esistente con una luce di circa 40,00 m e da realizzarsi conformemente alla Deliberazione n. 3 del 18/12/2014 "Indirizzi relativi all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" inerenti al franco idraulico degli attraversamenti dei corsi d'acqua" dell'Autorità di bacino regionale della Sardegna.

La variante stradale di raccordo tra il nuovo ponte e la SP146 esistente sarà realizzata conformemente alla piattaforma stradale Tipo C per strade extraurbane e sarà prevalentemente in rilevato.

Intervento Q1

Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00)

L'intervento prevede la posa sul paramento lato fiume dell'argine esistente di geocomposito bentonico, previa formazione di piano di posa, e successivo ricoprimento con strato di terra di coltura e inerbimento. Il rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna sarà realizzato con la posa di geogriglia tridimensionale in fibra di poliestere ad elevato modulo con rivestimento polimerico, previa formazione del piano di posa, e successivo intasamento con terra e semina a spaglio o idrosemina per il relativo inerbimento.

Intervento Q2

Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)

L'intervento prevede la posa sul paramento lato fiume dell'argine esistente di geocomposito bentonico, previa formazione di piano di posa, e successivo ricoprimento con strato di terra di coltura e inerbimento. Il rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna sarà realizzato con la posa di geogriglia tridimensionale in fibra di poliestere ad elevato modulo con

rivestimento polimerico, previa formazione del piano di posa, e successivo intasamento con terra e semina a spaglio o idrosemina per il relativo inerbimento.

Gli scenari

Sulla base degli interventi proposti sono stati costruiti e valutati quattro differenti scenari di intervento, alternativi tra loro, nei quali trovano corretta collocazione i singoli interventi illustrati precedentemente e ripresi anche dalla proposta progettuale oggetto della presente analisi.

Gli scenari trovano la loro prima giustificazione in relazione alle criticità idrauliche riscontrate nello stato attuale, espresse come pericolosità idraulica riscontrate ai diversi tempi di ritorno dall'analisi idraulica nel territorio in studio.

In analogia con l'ottica propria delle progettazioni preliminari, lo studio degli scenari di intervento prevede anche la formulazione di ipotesi progettuali alternative mettendo in evidenza la variabilità dei danni patiti (e dei benefici ritraibili in termini di loro riduzione) a fronte degli impegni economici sopportati.

Negli scenari, come evidenziato dagli esperti idraulici, particolare attenzione è stata riservata per le aree nelle quali sono presenti cespiti con danno potenziale elevato (edifici residenziali o commerciali, industriali, strade importanti e ferrovie, se presenti) prevedendo i conseguenti interventi di salvaguardia i quali hanno privilegiato l'adeguamento di opere già esistenti per limitare gli impatti derivanti dalla realizzazione di nuove infrastrutture. I cinque scenari di riferimento sono stati considerati, con una sintetica descrizione delle varie componenti sia dal punto di vista progettuale che dal punto di vista dell'analisi costi benefici: in particolare nella configurazione di intervento individuata come "scenario zero" sono stati inseriti gli interventi non strutturali (prescrizioni, manutenzioni, interventi di ripristino della funzionalità di opere già esistenti ivi comprese le demolizioni a carico di opere la cui procedura di dismissione non è stata completata). I rimanenti scenari presentano quindi sia interventi strutturali che gli interventi non strutturali di cui sopra, pertanto le soluzioni progettuali analizzate sono le seguenti:

Scenario 0 (stato attuale)

Nello scenario zero sono stati inseriti interventi di demolizione del vecchio ponte al km 13 della strada provinciale 90 in direzione Valledoria e l'impermeabilizzazione complessiva sul lato destro del Coghinas in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00).

Tali lavori si rendono necessari per il miglioramento delle condizioni deflusso dell'alveo fluviale senza interventi aggiuntivi se non quelli di ordinaria manutenzione, come previsti nell'apposita voce che prevede la manutenzione degli argini esistenti allo stato attuale.

G	Demolizione del ponte al km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)

Scenario 1

L'obiettivo principale dello scenario 1 è quello della salvaguardia dell’abitato di Viddalba conseguito con la creazione dell’arginatura per la protezione delle aree a ridosso del depuratore le quali sono attualmente presidiate da una modesta arginatura. Rispetto alla situazione attuale si osserva quindi una diminuzione dell’estensione delle aree allagate. Nello scenario 1 sono stati inseriti, oltre agli interventi già individuati nello scenario 0 (interventi G e Q), anche gli interventi A1 e A2, denominati adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba e Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba. Altre opere complementari sono anche la demolizione dell'attuale ponte sulla provinciale per Bortigiadas, la costruzione di una variante stradale per circa 1,6 km per la creazione di una viabilità alternativa.

A1	Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)
A2	Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)
G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)
O	Demolizione del ponte esistente sul Rio Badu Crabile lungo la SP 35 (ex SP 146) “Bordigiadas-Viddalba”, realizzazione di nuovo ponte sul medesimo Rio e relativa variante stradale della SP 146 (Lunghezza mt.650,00)

Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)

Scenario 2

Lo scenario 3 ha come obiettivo la protezione idraulica dell'abitat di Santa Maria Coghinas. Questo è da realizzarsi mediante opere di adeguamento di arginature già esistenti in sponda sinistra del fiume Coghinas e nella creazione di un nuovo argine in terra già individuato come intervento C). Completano lo scenario anche la sistemazione idraulica del reticolo a monte dell'argine di Santa Maria Coghinas, la demolizione ponte km 13 della SP90 sul Coghinas e l'impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula e in località Pischina Miali.

B1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)
B2	Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)
C	Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas
D	Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas
G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)

Scenario 3

Lo scenario 3 ha come obiettivo la protezione idraulica degli abitati di Santa Maria Coghinas e Viddalba. Questo è da realizzarsi mediante opere di adeguamento di arginature già esistenti in sponda sinistra e destra del fiume Coghinas e nella creazione di un nuovo argine in terra già individuato come intervento C), oltre alla sistemazione del tratto stradale di collegamento tra il centro abitato e quello di Viddalba con il sopraelevamento della sede stradale in modo da garantire anche il contenimento delle acque di piena all'interno delle fasce golenali. Completano lo scenario anche la sistemazione idraulica del reticolo a monte dell'argine di Santa Maria Coghinas, la demolizione ponte km 13 della SP90 sul Coghinas e l'impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula e in località Pischina Miali.

A1	Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)
A2	Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)
B1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)
B2	Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)
C	Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas
D	Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas
G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)

Scenario 4

Nello scenario 4 è stato affrontato l'obiettivo della protezione idraulica complessiva della Bassa Valle del Coghinas, degli abitati di Viddalba, di Santa Maria Coghinas e di Valledoria attraverso l'adeguamento dell'arginatura di sponda sinistra esistente mentre in sponda destra sono previsti gli interventi individuati ai punti A1 e A2 dell'elenco generale degli interventi ovvero il nuovo argine in terra a protezione di Viddalba con le opere annesse.

L'adeguamento dell'intero sviluppo arginale di sponda sinistra coinvolge 9120 m di lunghezza di opere esistenti e di nuove opere di contenimento nelle quali sono compresi anche 650 m di adeguamento altimetrico della SP33 tra S. Maria Coghinas e Viddalba.

Come è possibile osservare, non si prevede alcuna opera di protezione aggiuntiva sulla sponda destra a valle dell'abitato di Santa Maria Coghinas oltre a quelli previsti in loc. Pischina Miali e loc. Padula, al fine di evitare la formazione di un corridoio fluviale eccessivamente stretto per le portate più elevate come appare conformato dallo stato attuale del tracciato delle arginature. Tale considerazione mantiene una situazione di potenziale pericolosità in quelle aree che tuttavia appare sostenibile rispetto all'uso agricolo cui sono destinate.

A1	Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)
A2	Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)
B1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)
B2	Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)
E1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da Lu Lamaiu al rilievo Monte di Campu (Lunghezza mt.3200,00 Hm= 1,20 m)
E2	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da rilievo Monte di Campu alla foce in Valledoria (Lunghezza mt.4390,00 Hm= 1,80 m)

G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)
O	Demolizione del ponte esistente sul Rio Badu Crabile lungo la SP 35 (ex SP 146) “Bordigiadas-Viddalba”, realizzazione di nuovo ponte sul medesimo Rio e relativa variante stradale della SP 146 (Lunghezza mt.650,00)
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)

4. La fattibilità tecnica e la sostenibilità ambientale

Analisi della domanda

Per costruire una buona fattibilità tecnica e valutare la sostenibilità ambientale del progetto la prima cosa che occorre fare è quantificare chi e che cosa potrà beneficiare dell'intervento, in termini di protezione di aree territoriali, popolazione, edifici e attività economiche.

Questo aspetto riveste un'importanza particolare per i progetti di prevenzione dai rischi naturali. Il promotore del progetto dovrebbe analizzare con attenzione le caratteristiche strutturali delle aree per le quali il rischio naturale verrà ridotto grazie alla realizzazione del progetto. Ciò presuppone perlomeno una quantificazione delle superfici colpite e il numero di abitanti e degli edifici; in altre parole, i dati di uso del suolo - per quanto possibile dettagliati e suddivisi per funzioni (residenziale, commerciale, industriale, turistico, ecc.) - che saranno soggetti, in misura diversa, al rischio identificato prima e dopo l'attuazione del progetto.

Seguendo le indicazioni della legislazione vigente, il cui obiettivo è quello della riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (art. 7 e Allegato I del D.L. 23 febbraio 2010 n. 49 e art. 7 della Direttiva 2007/60/CE), lo studio è stato sviluppato con il fine di individuare criteri oggettivi per la valutazione del danno atteso per le zone a rischio di alluvione e coerentemente impostare una ACB nel giustificare la realizzazione delle opere di mitigazione della pericolosità idraulica.

Per ottenere risultati omogenei a livello nazionale, il 26 luglio 2011 in sede di Commissione Ambiente ed Energia della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome è stata posta l'esigenza di costituire un Gruppo di Lavoro finalizzato alla stesura di "Linee Guida, indirizzi omogenei e sperimentazioni" per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE.

In questo contesto ISPRA ha redatto un documento[4] atto a fornire indicazioni per rispondere agli obblighi di reporting verso la Commissione Europea e per affrontare alcune tematiche introdotte dalla Direttiva.

Sulla base del documento ISPRA è stato svolto nel documento SISC Coghinas (pagg. 29-31), un lavoro mirato a valutare i possibili danni del rischio. Per prima cosa il lavoro è stato dedicato

---

[4] Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio - Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni (Decreto Legislativo n.49/2010). – ISPRA, Roma novembre 2012, rev. luglio 2013.

alla realizzazione di un Data Base degli Elementi Esposti (DBEE) ove ogni voce presente nel database è stata codificata e classificata secondo una legenda che, allo stato attuale conta 201 voci. Questa è stata ottenuta attraverso l'incrocio di diversi database cartografici ed ortofoto, con la carta di uso del suolo, ed ha permesso così una buona classificazione degli elementi a rischio, che si è tradotta in una apposita cartografia.

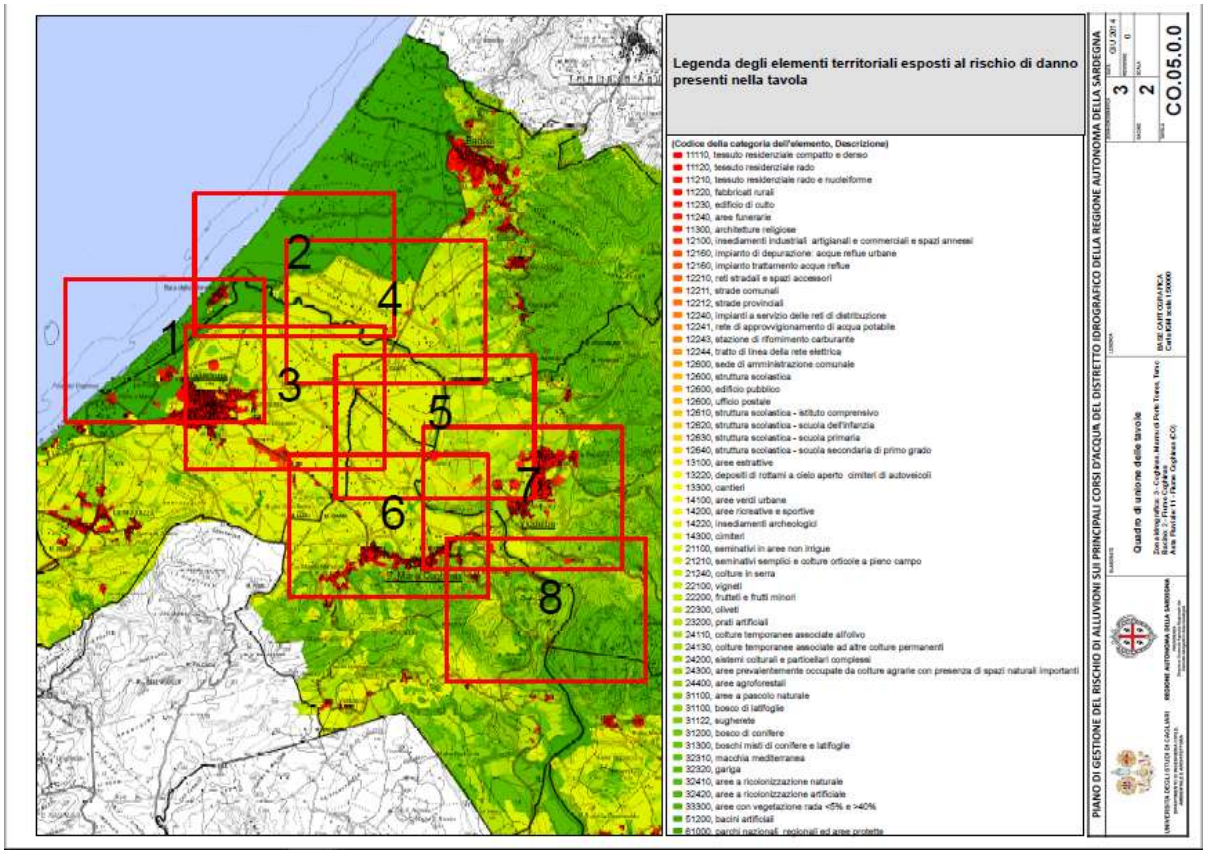

Figura 3 - Tav. CO.05.0.0 Quadro d'unione tavole- Legenda elementi territoriali esposti al danno

Di fatto si tratta di una carta di uso del suolo specifica per i territori interessati da pericolosità idraulica, la cui finalità è proprio la valutazione dei potenziali danni collegati a vari scenari relativi alla realizzazione di opere di protezione.

L'uso del suolo è poi stato "semplificato" in 12 categorie, per poter poi riuscire in maniera più diretta e sintetica ad esprimere le differenze rilevabili a livello di danno.

Tabella 4 - Classificazione degli elementi esposti

N°	DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL
1	Area con edificio residenziale	R
2	Area con edificio commerciale	C
3	Area con edificio industriale	I
4	Zona agricola	A
5	Strade comunali	N
6	Strade provinciali	P
7	Strade importanti	S
8	Area con elementi di infrastrutture a rete (idriche, elettriche)	T
9	Aree occupate da corpi idrici	H
10	Aree protette di pregio ambientale	J
11	Aree storiche e archeologiche	K
12	Altre aree con danni non tangibili	X

Per arrivare a determinare le superfici che potrebbero essere soggette a rischio, nel SISC Coghinas si sono redatte, per ogni scenario, le mappe di pericolosità idraulica relative ad eventi con tempi di ritorno di 50,100 e 200 anni.

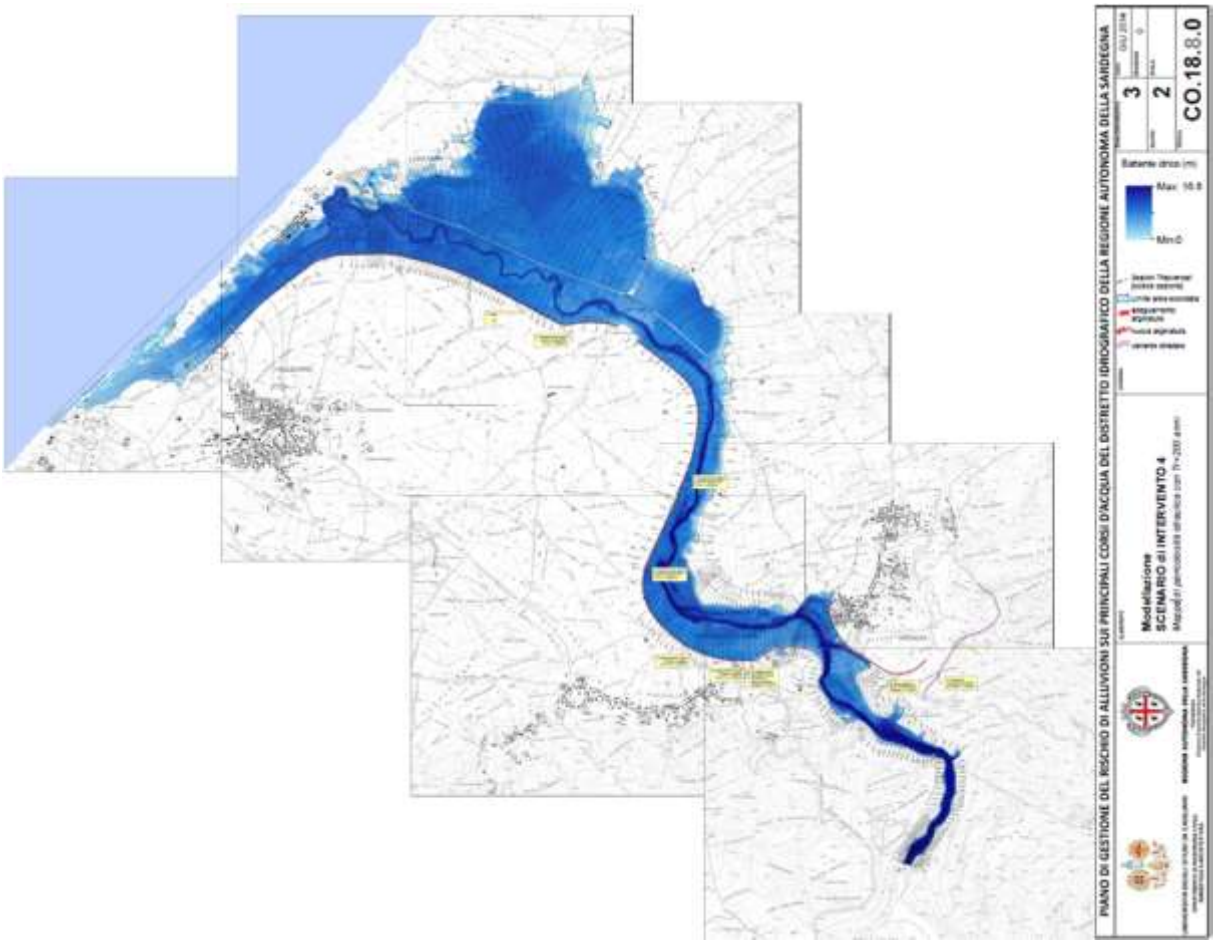

Figura 4 - SISC Coghinas - Tav. 05 - Modellazione Scenario 4 - Tr=200 anni

In questo modo si sono determinate le seguenti superfici, divise in 12 categorie, con le relative superfici esondabili.

Tabella 5 - Scenario 0. Aree esondabili per tipologia e tempo di ritorno evento

	SCENARIO 0		
	Evento Tr=50 anni	Evento Tr=100 anni	Evento Tr=200 anni
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)
A - AGRICOLA	13.055.381	13.219.059	13.319.222
C - COMMERCIALE	41.021	41.969	42.396
I - INDUSTRIALI	53.292	70.330	73.184
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.075.232	2.099.058	2.119.113
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	22.310	26.687	40.014
N - STRADE COMUNALI	42.576	45.321	45.786
P - STRADE PROVINCIALI	99.089	104.138	111.261
R - RESIDENZIALE	114.945	135.434	148.135
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE, ELETTRICHE)	213.333	217.036	220.499
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	634.887	656.570	673.836
Totale	16.352.066	16.615.603	16.793.446

Tabella 6 - Scenario 1 e 2. Aree esondabili per tipologia e tempo di ritorno evento

	SCENARIO 1			SCENARIO 2		
	Evento Tr=50 anni	Evento Tr=100 anni	Evento Tr=200 anni	Evento Tr=50 anni	Evento Tr=100 anni	Evento Tr=200 anni
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)
A - AGRICOLA	13.080.839	13.231.261	13.318.783	12.607.437	12.756.263	12.832.105
C - COMMERCIALE	43.209	43.472	43.661	18.831	19.095	19.283
I - INDUSTRIALI	48.191	52.067	64.783	47.430	51.305	64.021
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.176.178	2.234.914	2.275.779	2.175.939	2.234.691	2.275.356
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	53.090	54.376	55.492	52.896	54.177	55.494
N - STRADE COMUNALI	43.645	45.856	49.426	40.710	42.917	46.488
P - STRADE PROVINCIALI	94.053	99.954	106.090	79.991	84.695	90.615
R - RESIDENZIALE	110.852	123.504	136.586	63.883	71.633	78.279
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	207.301	211.788	214.758	197.923	202.244	204.874
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	643.342	659.554	673.203	640.518	657.807	672.209
Totale	16.500.700	16.756.746	16.938.561	15.925.557	16.174.828	16.338.725

Tabella 7 - Scenario 3 e 4. Aree esondabili per tipologia e tempo di ritorno evento

	SCENARIO 3			SCENARIO 4		
	Evento Tr=50 anni	Evento Tr=100 anni	Evento Tr=200 anni	Evento Tr=50 anni	Evento Tr=100 anni	Evento Tr=200 anni
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)	Area (mq)
A - AGRICOLA	12.533.933	12.677.043	12.749.326	4.319.298	4.357.614	4.396.981
C - COMMERCIALE	18.831	19.095	19.283	18.890	19.136	19.359
I - INDUSTRIALI	46.562	50.438	63.154	11.947	11.974	11.983
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.175.973	2.234.691	2.275.426	2.437.801	2.542.692	2.616.783
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	52.896	54.174	55.289	32.083	33.679	34.736
N - STRADE COMUNALI	40.710	42.917	46.488	27.529	27.667	28.629
P - STRADE PROVINCIALI	78.490	83.019	88.687	14.940	21.288	23.967
R - RESIDENZIALE	62.755	69.183	74.281	47.618	53.437	58.371
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	194.753	198.974	201.699	75.514	78.287	80.929

X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	640.612	657.993	672.406	618.436	635.210	648.948
Totale	15.845.515	16.087.527	16.246.038	7.604.057	7.780.984	7.920.688

Dalle tabelle si evince che globalmente, allo stato attuale, sono circa 17 ha le superfici che ad oggi sono potenzialmente minacciate da esondazioni del Coghinas nella bassa valle.

L'analisi delle opzioni

L'attuazione di qualsiasi progetto di investimento deve essere giustificata come quella più idonea tra una serie di opzioni alternative che consentono di raggiungere gli stessi obiettivi.

Per fare questa valutazione si sono messi in campo diversi ragionamenti, sia in relazione alle portate previste dal PSSF e implementate nel PGRA, sia rispetto alle stesse opere del PGRA, che in alcuni casi sono state modificate a livello di tecniche realizzative, o spostate o stralciate.

Pertanto prima di delineare le scelte progettuali già descritte al punto 3, si è proceduto a fare qualche valutazione per capire quali potrebbero essere le alternative, sia dal punto di vista strategico.

Una prima cosa discussa è stata relativa alla scelta delle alternative strategiche. Da una parte si sono valutate le possibilità di gestione della piena accettando esondazioni che non producano danni ingenti e dall'altra l'ipotesi di realizzazione di argini che le impediscano.

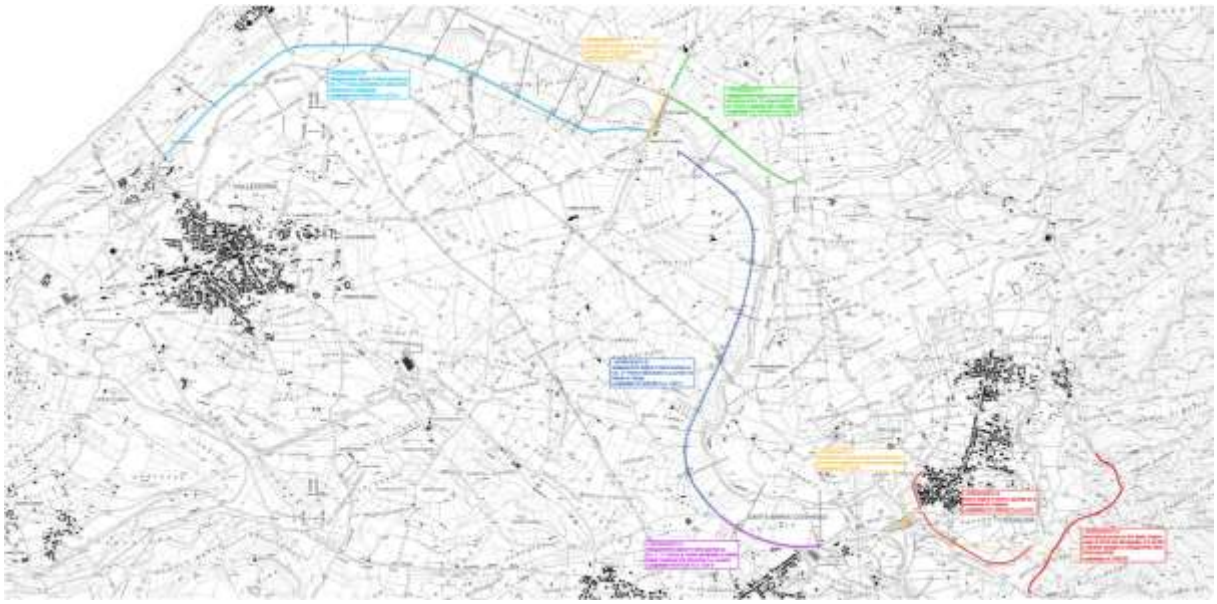

Figura 5 - Ipotesi di interventi di mitigazione del rischio idraulico con Tr 50 discussi con i funzionari di ADIS in data 15/05/2017

Alternative strategiche

Adeguamento argine in dx a monte del ponte 5.2.2 al km 13 della SP90 sul Fiume Coghinas

In sede di progettazione degli interventi per la mitigazione del rischio con Tr 50 anni, è stato valutato un intervento di adeguamento dell'argine in sponda idrografica destra del Fiume Coghinas nel tratto a monte del ponte al km 13 della SP90 sul corso d'acqua, intervento evidenziato in verde nello stralcio planimetrico sopra riportato.

L'intervento ipotizzato prevedeva il rialzo dell'argine esistente in destra idrografica del Fiume Coghinas per un tratto di lunghezza di circa 1.450,00 mt e per un'altezza media di circa 0,80 mt al fine di proteggere la sede stradale della SP90 da possibili esondazioni e consentirne la fruibilità anche nel corso di eventi di piena.
Nel citato incontro in data 15/05/2017 presso l'ADIS di Cagliari si è convenuto di stralciare tale intervento, in quanto potrà essere gestito con misure non strutturali di adozione di procedure di protezione civile che prevedano l'interdizione delle opere in condizione di piena per il corso d'acqua, a favore di un intervento di manutenzione straordinaria dell'intero argine in destra idrografica al fine di renderlo idoneo al sormonto, nelle zone coltivate esterne fino alla periferia di Valledoria.

Alternative tecniche

Demolizione del ponte sul Riu Badu Crabile lungo la SP35 per Bordigiadas e variante stradale

Nello scenario n.4 del PGRA è prevista la demolizione del ponte sul Riu Badu Crabile ed una variante stradale della SP 35 per risolvere la criticità idraulica dell'attraversamento stradale esistente. Da un'analisi dei profili altimetrici dei terreni, eseguita grazie all'integrazione del modello digitale del terreno disponibile, è stato possibile studiare più nel dettaglio la livelletta stradale della variante della SP35 prevista nel PGRA, che è risultata a mezza costa e pertanto richiede la realizzazione di muri di sostegno e opere d'arti particolari inoltre, prima della interconnessione con la SP35, dovrà comunque essere realizzato un ponte per l'attraversamento di un canale colatore.
Si è pertanto ritenuto opportuno studiare una alternativa tecnica per la risoluzione dei problemi di criticità idraulica dell'attraversamento stradale esistente che prevede la realizzazione di un nuovo ponte poco più a monte di quello esistente da demolire, ma con adeguato franco idraulico e relativa variante stradale di sensibile minor sviluppo, circa 650 m, rispetto alla precedente soluzione.

Modalità di adeguamento dei rilevati arginali esistenti e di realizzazione dei nuovi rilevati arginali

Nell'ambito della progettazione preliminare sono state valutate attentamente le modalità di realizzazione dei rialzi arginali (All.1, relazione tecnica pag.18 e seg.), con specifico riferimento alle pendenze dei paramenti, sia lato fiume che lato campagna, considerato che determinano occupazioni di suolo più o meno ampio, ed in particolare le seguenti tipologie, come rappresentate in Figura 6:

a) Rilevato in terra naturale con scarpa 2/1 simmetrico (colore verde)

b) Rilevato in terra armata con inclinazione 60° simmetrico (colore rosso)

c) Soluzione mista con rinforzo in terra armata 60° nel paramento lato campagna e terra naturale con scarpa 2/1 nel paramento lato fiume (colore blu)

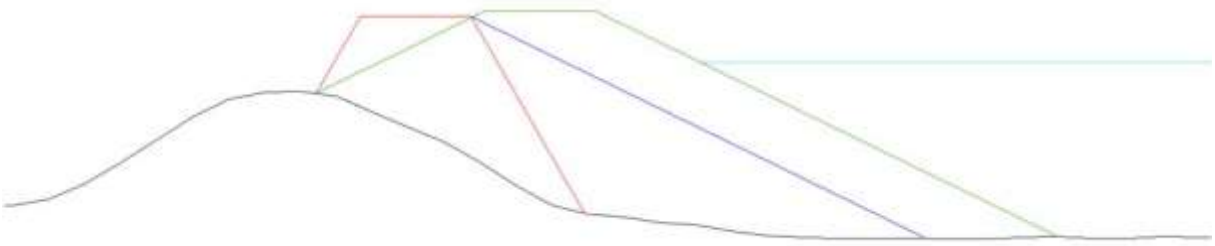

Figura 6 - Tipologie di rialzo arginale analizzate

Facendo un rapporto fra costi ed occupazioni di suolo relative ad ogni soluzione alla fine è stata ritenuta migliore la soluzione mista con rinforzo in terra armata a 60° sul paramento lato campagna e terra naturale con scarpa 2/1 sul paramento lato fiume. Nel caso invece di rialzi arginali modesti invece la soluzione progettuale adottata è quella con paramenti simmetrici in terra naturale con scarpa 2/1 simmetrico, perché meno costosi e poco invasivi a livello di occupazione di suolo.

Una ulteriore scelta tecnica sulla modalità di esecuzione degli argini è stata necessaria al momento della verifica della cadente piezometrica (pag. 21 All.1, Relazione Tecnica).

Il Quaderno delle opere tipo, Allegato 5 del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, evidenzia come le arginature non siano solo opere idrauliche atte a contrastare l'esondazione per sormonto, ma devono scongiurare il pericolo di rotte per sifonamento. Un ruolo predominante in tal senso è svolto dalla pendenza piezometrica, ovvero dalla linea di imbibizione che si determina all'interno del corpo arginale relativamente al paramento esterno, nonché dalla velocità di decrescita dei livelli per quanto concerne quello interno.

In prima approssimazione è stato ipotizzato, conformemente a quanto indicato al punto A.2.3 del Quaderno delle opere tipo del PAI, che la linea freatica abbia andamento rettilineo a partire dal livello di massima piena (TR 200 anni) con pendenza pari a 1/5.

È stato pertanto verificato se il paramento esterno del corpo arginale, così come risultante dal rialzo arginale previsto, sia sagomato in maniera tale da garantire che la linea freatica sia costantemente ricoperta da uno spessore di terreno non inferiore a 0,80 m: dalle verifiche

effettuate il rilevato arginale non garantisce tale ricoprimento. Peraltro si evidenzia che tale condizione si verifica anche nel caso si fosse adottata la modalità di adeguamento del rilevato arginale in terra naturale con scarpa 2/1 simmetrica.

Figura 7 - Stralcio PAI Autorità di Bacino del Fiume Po – Quaderno opere tipo – A.2.3. Difese arginali

Al fine di contenere la cadente piezometrica ed evitare fenomeni di filtrazione nel rilevato arginale, la soluzione progettuale adottata prevede la posa di un Geocomposito bentonitico sul paramento lato fiume del rilevato arginale, atteso che la modifica della sagoma del rilevato arginale necessaria per contenere comporterebbe un considerevole ingrosso lato campagna dell'opera di difesa idraulica con significativi impatti sia dal punto di vista delle aree da espropriare che dal punto di vista di inserimento paesaggistico-ambientale delle opere.

Come richiamato nelle premesse di questa relazione, tutti gli interventi delineati con la metodologia di seguito illustrata sono stati ritenuti coerenti con gli obiettivi esposti in premessa e ipotizzabili nel Piano di Gestione inteso come strumento di pianificazione territoriale sovraordinata, secondo quanto previsto dalle norme Comunitarie, Nazionali e regionali applicabili. Si richiamano pertanto le Norme di Attuazione del PAI della Regione Autonoma della Sardegna in particolare agli articoli 14 (Norme per la sistemazione della rete idrografica), 21 (Indirizzi per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture) e 24 (Studi di compatibilità idraulica).

Tale criterio, ovviamente, ammette il persistere di una pericolosità residua di livello moderato, in caso di insufficienza dell'opera, in considerazione della quale le Norme di Attuazione delegano agli strumenti urbanistici e ai piani di settore vigenti le prescrizioni sull'uso del territorio capaci di ridurre le pericolosità residue attraverso usi, tipologie e tecniche costruttive adatte allo scopo.

In sintesi viene di seguito esplicitata la metodologia adottata per la caratterizzazione degli interventi proposti e la loro aggregazione in scenari di intervento per la mitigazione della pericolosità:

A. analisi delle pericolosità allo stato attuale, definizione sulla base dei risultati delle simulazioni idrauliche effettuate ai diversi tempi di ritorno e conseguente quantificazione del danno medio annuo atteso; in tale fase è inoltre documentata la massima portata che può defluire nell'alveo allo stato attuale senza alcuna esondazione lungo il tronco studiato;

B. definizione tipologica degli interventi di salvaguardia e criteri per il dimensionamento delle opere in considerazione dell'impatto prevedibile e delle peculiarità ambientali;

C. individuazione dei singoli interventi mirati alla risoluzione di specifiche criticità e loro caratterizzazione dimensionale ed economica preliminare;

D. composizione dei singoli interventi in possibili scenari progettuali tra loro alternativi e loro caratterizzazione economica;

E. analisi di modellazione idraulica della configurazione con scenari progettuali, sia per evento critico preso a riferimento per la definizione dei requisiti dimensionali delle opere che per gli altri tempi di ritorno (tempo di ritorno di 50 e 100 anni) e corrispondente definizione delle eventuali aree residue con pericolosità idraulica;

F. comparazione tecnica economica tra le diverse alternative di intervento mediante l'analisi costi-benefici;

G. definizione di una ipotesi di phasing nella realizzazione degli interventi e scelta dello scenario di intervento in considerazione delle pericolosità affrontate.

5. L’analisi finanziaria

L'analisi finanziaria consente di:

- Valutare la redditività del progetto nel suo complesso;
- Valutare la redditività del progetto per il promotore e per i principali stakeholder;
- Verificare la sostenibilità finanziaria del progetto, una condizione chiave per la fattibilità di qualunque progetto;
- Delineare i flussi di cassa che sottendono al calcolo dei costi e dei benefici socio-economici

La metodologia dell'analisi finanziaria adottata è quella dei Flussi di Cassa Attualizzati (Discounted Cash Flow - DCF), conformemente a quanto previsto dalla sezione III (Metodo di calcolo delle entrate nette attualizzate delle operazioni che generano entrate nette) del Regolamento Delegato (UE) n. 480/2014 della Commissione. Questa metodologia prevede che siano utilizzate le seguenti regole:

- L’analisi prende in considerazione esclusivamente i flussi di cassa in entrata e in uscita; non entrano invece nell’analisi accantonamenti, ammortamenti e altre voci contabili che non corrispondono ad effettivi movimenti di cassa.
- L'analisi dovrebbe di norma essere eseguita dal punto di vista del proprietario dell'infrastruttura. Se, nella fornitura di un servizio di interesse generale, il proprietario e l'operatore non coincidono, dovrà essere eseguita un'analisi finanziaria consolidata, che esclude i flussi di cassa tra il proprietario e l'operatore, al fine di valutare la redditività effettiva dell'investimento al netto dei pagamenti interni. Ciò risulta particolarmente agevole in presenza di un unico operatore, che fornisce il servizio per conto del proprietario, normalmente in virtù di un contratto d'appalto in concessione.
- Il Valore Attuale dei flussi di cassa futuri è calcolato attraverso un appropriato Tasso di Sconto Finanziario (TSF), che riflette il costo opportunità del capitale.
- Le previsioni relative ai flussi di cassa devono coprire un periodo appropriato alla vita economicamente utile del progetto e ai suoi impatti di lungo termine. Il numero di anni per i quali vengono fornite le previsioni è definito orizzonte temporale del progetto (o periodo di riferimento). La scelta dell'orizzonte temporale influisce sui risultati della valutazione; per questo motivo, è opportuno fare riferimento a valori standard differenziati per settore e basati su pratiche accettate a livello internazionale.
- L'analisi finanziaria deve essere in genere eseguita utilizzando prezzi (reali) costanti, ovvero con prezzi fissati a un anno base. Il ricorso a prezzi (nominali) correnti [ovvero

prezzi adeguati sulla base dell'Indice dei prezzi al consumo (Consumer Price Index - CPI)] richiederebbe una previsione del CPI che complicherebbe l'analisi in maniera non necessaria. Quando invece si prevede un tasso di variazione dei prezzi diverso dal CPI per specifiche voci, questo tasso deve essere preso in considerazione nelle corrispondenti previsioni dei flussi di cassa.

- Quando l'analisi viene eseguita a prezzi costanti, il TSF verrà espresso in termini reali. Quando invece viene eseguita a prezzi correnti, verrà usato un TSF nominale.
- L'analisi deve essere eseguita al netto dell'IVA, sia per gli acquisti (costi) sia per le vendite (entrate), se questa può essere recuperata dal promotore del progetto. L'IVA deve invece essere inclusa quando non è recuperabile.
- Le imposte dirette (sul capitale, sulle entrate o altro) vengono considerate solo per la verifica della sostenibilità finanziaria e non per il calcolo della redditività finanziaria, che viene calcolata prima della deduzione di tali imposte. Questo, per evitare la complessità e la variabilità nel tempo e nei diversi Paesi delle normative relative alle imposte sul reddito.

Per l'analisi finanziaria ci si è basati inizialmente sugli scenari proposti dal PGRA, rimodulandoli, come visto in precedenza, sulla base degli interventi proposti dal progetto in analisi. Il medesimo ragionamento è stato fatto riguardo i tempi di ritorno associati alle portate stimate nell'area ed il relativo livello di pericolosità.

Per la bassa valle del Coghinas il PRGA sviluppa informazioni sulle aree attualmente a pericolosità di alluvione e riporta i risultati ottenuti con la modellazioni idrauliche aggiornate che consentono di stabilire che il collasso delle arginature, che viene fatto corrispondere al superamento della quota idrica corrispondente a un franco di altezza inferiore a 20 cm, avvenga già con portate di piena di circa 1900 m3/s (Qamm).

Per portate inferiori a Qamm si ha assenza di esondazioni. Nella situazione attuale di gestione dell'invaso di Muzzone si è ottenuto che il valore del tempo di ritorno associato alla portata Qamm=1900 m3/s è di circa 15 anni nella zona del 1° Tronco (parte più montana). Questo valore del tempo di ritorno può quindi essere assunto come indice di allertamento grave del territorio della bassa valle nella situazione attuale. Nella parte più valliva (2° e 3° Tronco) i tempi di ritorno dell'evento critico sono sensibilmente più alti.

Si assume quindi , per l'analisi, un orizzonte temporale di 15 anni.

Gli scenari analizzati in precedenza consentono di stimare i costi, oltre alle spese generali e agli oneri complessivi per la manutenzione.

Scenario 0

	INTERVENTI	IMPORTO
G	Demolizione del ponte al km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	€ 420.000,00
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)	€ 1.490.000,00
	TOTALE COSTI	€ 1.910.000,00
	in cifra tonda	€ 1.910.000,00
	ONERI MANUTENZIONE (per anno)	€ 118.742,00

Scenario 1

	INTERVENTI	IMPORTO
A1	Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)	€ 540.000,00
A2	Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)	€ 2.680.000,00
G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	€ 420.000,00
O	Demolizione del ponte esistente sul Rio Badu Crabile lungo la SP 35 (ex SP 146) “Bordigiadas-Viddalba”, realizzazione di nuovo ponte sul medesimo Rio e relativa variante stradale della SP 146 (Lunghezza mt.650,00)	€ 1.270.000,00
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)	€ 1.490.000,00
	TOTALE COSTI	€ 6.400.000,00
	in cifra tonda	€ 6.400.000,00
	ONERI MANUTENZIONE (per anno)	€ 154.882,00

Scenario 2

	INTERVENTI	IMPORTO
B1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)	€ 1.690.000,00
B2	Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)	€ 790.000,00
C	Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas	€ 3.370.000,00
D	Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas	€ 400.000,00
G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	€ 420.000,00
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)	€ 1.490.000,00
	TOTALE COSTI	€ 8.160.000,00
	in cifra tonda	€ 8.160.000,00
	ONERI MANUTENZIONE (per anno)	€ 165.776,00

Scenario 3

	INTERVENTI	IMPORTO
A1	Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)	€ 540.000,00
A2	Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)	€ 2.680.000,00
B1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)	€ 1.690.000,00
B2	Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)	€ 790.000,00
C	Nuovo argine in terra a protezione di S.M. Coghinas	€ 3.370.000,00

D	Sistemazione idraulica reticolo a monte dell'argine di SM Coghinas	€ 400.000,00
G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	€ 420.000,00
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)	€ 1.490.000,00
	TOTALE COSTI	€ 11.380.000,00
	in cifra tonda	€ 11.380.000,00
	ONERI MANUTENZIONE (per anno)	€ 201.916,00

Scenario 4

	INTERVENTI	IMPORTO
A1	Adeguamento rilevato stradale per difesa arginale in sponda dx del Fiume Coghinas fino al nuovo ponte sul fiume a protezione di Viddalba (Lunghezza mt. 490,00 Hm= 1,40 m)	€ 540.000,00
A2	Difesa arginale in sponda dx del Rio Badu a protezione di Viddalba (Lunghezza mt.950,00 Hm= 2,70 m)	€ 2.680.000,00
B1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sinistra del Fiume Coghinas dall'abitato di Santa Maria Coghinas fino a Lu Lamaiu (Lunghezza mt.880,00 Hm= 1,40 m)	€ 1.690.000,00
B2	Adeguamento rilevato stradale lungo la SP 33 dall'abitato di Santa Maria Coghinas al nuovo ponte sul fiume (Lunghezza mt.650,00 Hm= 1,40 m)	€ 790.000,00
E1	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da Lu Lamaiu al rilievo Monte di Campu (Lunghezza mt.3200,00 Hm= 1,20 m)	€ 5.150.000,00
E2	Adeguamento in sagoma e/o quota di difesa arginale esistente in sponda sx del Fiume Coghinas da rilievo Monte di Campu alla foce in Valledoria (Lunghezza mt.4390,00 Hm= 1,80 m)	€ 9.970.000,00

G	Demolizione ponte km 13 della SP90 sul F. Coghinas (Valledoria)	€ 420.000,00
O	Demolizione del ponte esistente sul Rio Badu Crabile lungo la SP 35 (ex SP 146) "Bordigiadas-Viddalba", realizzazione di nuovo ponte sul medesimo Rio e relativa variante stradale della SP 146 (Lunghezza mt.650,00)	€ 1.270.000,00
Q	Impermeabilizzazione del paramento lato fiume e rivestimento per il controllo erosivo del paramento lato campagna al fine di garantire il sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso relativamente all'argine in dx in località Padula (Lunghezza mt.900,00) e in località Pischina Miali (Lunghezza mt.2.500,00)	€ 1.490.000,00
	TOTALE COSTI	€ 24.000.000,00
	in cifra tonda	€ 24.000.000,00
	ONERI MANUTENZIONE (per anno)	€ 273.624,00

La stima dei costi è stata eseguita al netto dell'IVA, stimando che l'IVA stessa corrisponda a circa metà dei costi a disposizione dell'amministrazione appaltante.
I valori degli oneri sopra elencati saranno sempre sottratti agli oneri conseguenti agli scenari di intervento che saranno considerati di seguito.
La valutazione dei danni di piena riferita allo stato attuale è assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere considerate negli scenari di intervento. In definitiva, i benefici medi annui conseguenti dalla realizzazione degli scenari saranno valutati come differenza tra i danni medi annui attesi nello scenario zero e i danni medi annui attesi a seguito della realizzazione degli interventi.

6. L'analisi economica

La valutazione del danno

Per giungere alla stima del danno sulle aree alluvionabili il SISC Coghinas propone una metodologia che discende direttamente dal documento ISPRA e che si appoggia allo studio di HKV consultant[5].

In seguito all'analisi di diversi eventi alluvionali avvenuti nel territorio europeo, HKV ha individuato una procedura di valutazione del danno alluvionale potenziale. Il danno alluvionale si può manifestare come danno tangibile, ovvero monetizzabile, o danno intangibile, non monetizzabile. Il danno tangibile è ulteriormente distinto in danno tangibile diretto e indiretto, rispettivamente se causato o meno dal diretto contatto degli elementi con l'acqua. L'analisi del danno svolta da Huizinga (2007) per HKV considera nella classificazione suddetta solo il danno tangibile diretto, ovvero le valutazioni riguardano unicamente i danni alle aree associabili alle varie piene.

Il SISC Coghinas, seguendo questo tipo di approccio ha pertanto effettuato la ACB prendendo come benefici di ogni scenario solo quelli diretti tangibili e facilmente quantificabili, ovvero i mancati danni potenziali alle aree.

Questo è un approccio molto prudente, visto che sia l'ISPRA che altri studi analoghi (ad .es. WWF, 2004, Studio preliminare per l'individuazione di alternative alle casse di espansione previste nel medio corso del fiume Tagliamento – Aspetti idraulici, socio-economici e ambientali), indicano la in primo luogo necessità di valutare i danni alle persone, i danni ai beni culturali ed i danni ai beni ambientali. In seconda battuta vanno considerati alcuni danni indiretti collegati agli eventi di piena, quali i costi dell'emergenza ed il mancato utilizzo temporaneo delle infrastrutture.

Pertanto va detto che le valutazioni economiche collegate a questo tipo di danni evitati sottovalutano i benefici.

Rispetto al SISC Coghinas saranno valutati gli analoghi scenari, debitamente aggiornati, visto che uno degli interventi base si è modificato, così come, in generale, sono stati aggiornati i costi generali dell'opera, anche in considerazione di alcune correzioni apportate sulle scelte progettuali del PRGA, come discusso nell'analisi delle opzioni.

---

[5] Flood damage functions for EU member states, dell'azienda olandese HKV Consultants, sviluppato da H.J. Huizinga come richiesto dal Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2007.

Uno degli interventi di base del SISC (F. Demolizione vecchio ponte lungo SP146 sul F. Coghinas presso Viddalba) è inoltre già stato effettuato, per cui non compare nelle nostre analisi, dato che lo stato attuale è già trasformato.

Il documento ISPRA (SISC, pag.38) prevede di valutare l'impatto dell'inondazione con un livello di aggregazione delle informazioni riconducibile alla meso-scala. In termini pratici si consiglia un grid le cui celle hanno dimensione determinata dalla risoluzione del DEM. Per ogni scenario di pericolosità ad ogni cella deve essere associato un valore di battente idrico, possibilmente la velocità dell'acqua ed uso del suolo. Il risultato prevede la disponibilità di quattro grid, uno per ogni macrocategoria considerata.

Il danno, in quanto combinazione dell'elemento esposto al rischio e della sua vulnerabilità, può variare in funzione della magnitudo dell'evento e della significatività socio-economica del danno stesso. Sebbene un elemento possa ricadere all'interno dell'area di esondazione esso non necessariamente sarà soggetto a un danno. Infatti le caratteristiche spaziali e temporali dell'evento unite a fattori interni dell'elemento, come per esempio la resistenza se si parlasse di un'abitazione, sono determinanti nel computo del danno.

Il rischio specifico per la singola categoria di elementi esposti è stato, quindi, valutato in termini economici e deriva dalla combinazione di un fattore di danno specifico, valore economico massimo associato all'unità di superficie con un dato uso del suolo, e dalla probabilità associata allo scenario di pericolosità esaminato.

Per realizzare questa procedura, la mappa dell'esondazione è stata trasferita nel grid come battente idrico in modo che a ogni singola cella corrispondesse uno specifico valore di altezza idrica di esondazione. La successiva la sovrapposizione della mappa dell'uso del suolo, anch'essa in formato grid con celle delle stesse dimensioni delle celle della mappa dell'esondazione, ha permesso di valutare il danno di cella sulla base della categoria alla quale la cella appartiene.

Poiché l'analisi è essenzialmente di natura economica, è stato necessario individuare un valore economico di base per la valutazione del danno nelle diverse condizioni alluvionali (SISC Coghinas, pag.43). L'indicatore economico, considerato come rappresentativo della ricchezza della nazione, è il prodotto interno lordo per abitante e il potere d'acquisto della nazione stessa, sulla base delle ricerche fatte sui dati Eurostat e Worldbank. Mentre come indicatore idraulico del danno associato all'evento di piena si è considerato il battente idrico in un range che si sviluppa da zero a cinque metri. Il battente idrico è stato messo in relazione con il danno da alluvione ottenendo due tipologie di curve di danno:

- curva di danno assoluto (il danno espresso in €/mq);

- curva di danno relativo (il danno viene espresso con un fattore di danno 0-1).

La curva di danno assoluto valuta il danno in Euro a metro quadro ed è caratterizzata da un andamento crescente proporzionalmente al battente idrico.

La funzione di danno relativo esprime il coefficiente di danno, in un intervallo è tra zero e uno: è anch'esso crescente in modo proporzionale al battente idrico.

Come spiegato Il territorio è stato classificato sulla base della Corine Land Cover e sono individuate dodici categorie ad ognuna delle quali è stato associato un valore di danno assoluto.

Tabella 8 - Valori del danno assoluto.

	DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL	COSTO (€/m2)
1	area con edificio residenziale	R	618.00
2	area con edificio commerciale	C	511.00
3	area con edificio industriale	I	440.00
4	zona Agricola	A	0.63
5	strade comunali	N	10.00
6	strade provinciali	P	20.00
7	strade importanti	S	40.00
8	area con elementi di infrastrutture a rete (idriche,elettriche)	T	40.00
9	aree occupate da corpi idrici	H	0.00
10	aree protette di pregio ambientale	J	0.00
11	aree storiche e archeologiche	K	0.00
12	altre aree con danni non tangibili	X	0.00

La curva di danno assoluto esprime il danno economico determinato dalla piena sulla base del massimo battente idrico riscontrato, valutato sulla base della documentazione reperita.

Per completare la valutazione si è dovuto valutare il danno specifico massimo (perdita dell'area o del bene soggetto a rischio).

Per cui nel SISC si è associata ad ognuna delle categorie una curva del danno, di tipo polinomiale, che pone in relazione il danno con il battente idrico, come l'esempio riportato in figura.

Nelle valutazioni aggiornate sugli scenari che verranno fatte si utilizzeranno le curve del danno così come sono state determinate nel SISC Coghinas.

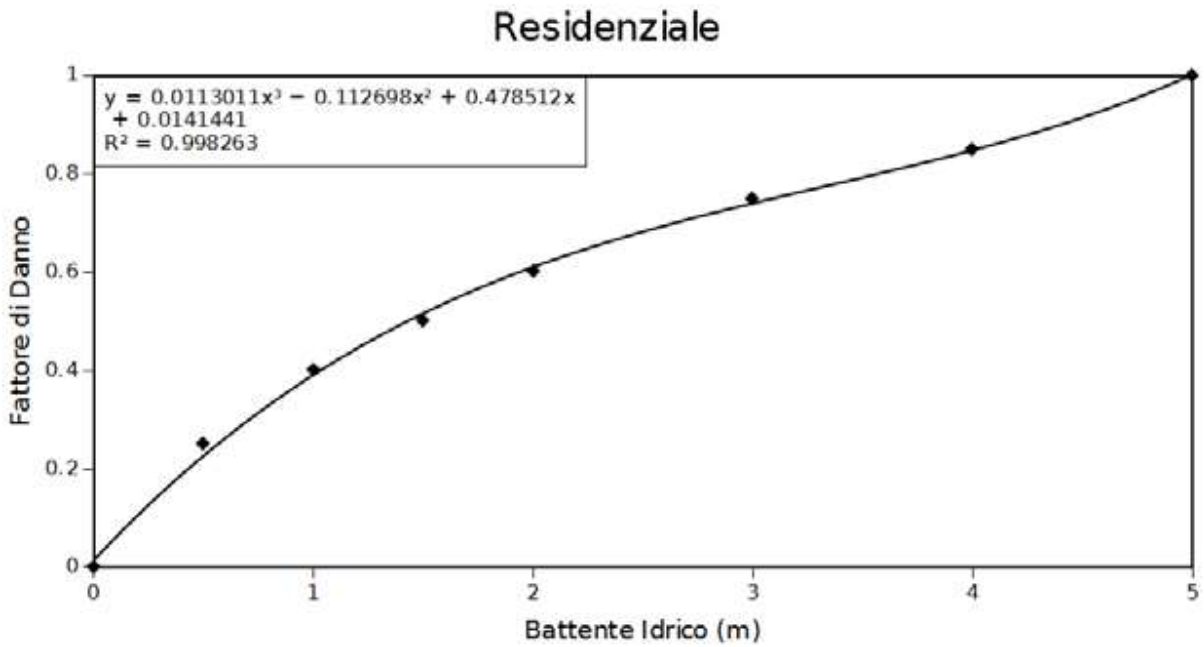

Figura 8 - Esempio - Curva di Danno Relativo Rielaborata per la categoria Residenziale (SISC Coghinas, pag. 52)

In un determinato scenario di pericolosità (con tempo di ritorno TR dell'evento di piena predefinito) il danno Di,k , atteso nella cella j con riferimento alla categoria di uso del suolo k, si ottiene (in Euro) moltiplicando il danno specifico massimo Dmaxk per l'uso per l'area della cella Ai,k e per il fattore di danno k che è funzione del battente idrico hi.

Si può quindi fare riferimento alla seguente espressione del danno da evento di piena nella cella iesima della categoria k-esima:

$$D_{i,k} = \alpha_k(h_i) A_{i,k} D_{\max_k} \qquad (6.3)$$

Noto il danno in ogni singola cella è possibile valutare il danno per categoria d'uso del suolo per l'intero territorio a rischio di esondazione considerando la somma del danno nelle celle

attribuite alla stessa categoria. Nella seguente espressione è effettuata la sommatoria estesa a tutte le celle Nk interessate dall'esondazione per la categoria k di uso del suolo:

$$D_k = \sum_{i=1,N_K} D_{k,i} \qquad (6.4)$$

Il danno totale a seguito di un evento meteorico caratterizzato da un tempo di ritorno TR sarà valutato dalla somma del danno computato per ogni categoria di uso del suolo.

Risulta pertanto:

$$D_{T_R} = \sum_{k=1,K} D_k \qquad (6.5)$$

dove con K si è indicato il numero di categorie nell'uso del suolo individuate come economicamente significative per il territorio a rischio di esondazione.

Il danno nel SISC Coghinas, attraverso la procedura sopra descritta è stato stimato per i diversi scenari presi in considerazione, e riportato sinteticamente qui sotto.

La valutazione dei danni relativi allo stato attuale in seguito è stata assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere strutturali individuate tra gli interventi precedentemente descritti. Sulla base di quanto detto in precedenza, per i benefici restano valide le considerazioni e le simulazioni del SISC Coghinas, pertanto le tabelle che seguono sono analoghe a quelle presenti nello studio.

Scenario 0

Costi di realizzazione: € 1.910.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 119.000,00

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	13.055.381	€ 5.221.925,00	13.219.059	€ 5.688.986,00	13.319.222	€ 6.019.251,00
C - COMMERCIALE	41.021	€ 7.581.223,00	41.969	€ 9.107.924,00	42.396	€10.304.961,00

I - INDUSTRIALI	**53.292**	**€ 7.193.880,00**	**70.330**	**€ 9.150.344,00**	**73.184**	**€10.950.897,00**
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	**2.075.232**	**-**	**2.099.058**	**-**	**2.119.113**	**-**
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	**22.310**	**-**	**26.687**	**-**	**40.014**	**-**
N - STRADE COMUNALI	**42.576**	**€ 168.716,00**	**45.321**	**€ 204.835,00**	**45.786**	**€ 232.406,00**
P - STRADE PROVINCIALI	**99.089**	**€ 802.391,00**	**104.138**	**€ 979.904,00**	**111.261**	**€ 1.137.800,00**
R - RESIDENZIALE	**114.945**	**€23.916.273,00**	**135.434**	**€31.182.354,00**	**148.135**	**€37.856.384,00**
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE, ELETTRICHE)	**213.333**	**€ 3.497.885,00**	**217.036**	**€ 4.054.690,00**	**220.499**	**€ 4.504.593,00**
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	**634.887**	**-**	**656.570**	**-**	**673.836**	**-**
Totale	**16.352.066**	**€48.382.292,00**	**16.615.603**	**€60.369.036,00**	**16.793.446**	**€71.006.292,00**

Scenario 1

Costi di realizzazione: € 6.400.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 155.000,00

	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	13.080.839	€5.050.304,00	13.231.261	€5.551.696,00	13.318.783	€5.906.546,00
C - COMMERCIALE	43.209	€8.603.950,00	43.472	€10.202.420,00	43.661	€11.463.247,00
I - INDUSTRIALI	48.191	€5.690.279,00	52.067	€7.115.488,00	64.783	€8.494.732,00

J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.176.178	-	2.234.914	-	2.275.779	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	53.090	-	54.376	-	55.492	-
N - STRADE COMUNALI	43.645	€159.764,00	45.856	€197.038,00	49.426	€226.932,00
P - STRADE PROVINCIALI	94.053	€632.530,00	99.954	€810.160,00	106.090	€955.043,00
R - RESIDENZIALE	110.852	€25.106.982,00	123.504	€31.167.719,00	136.586	€36.142.436,00
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE, ELETTRICHE)	207.301	€3.097.344,00	211.788	€3.604.655,00	214.758	€4.012.946,00
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	643.342	-	659.554	-	673.203	-
Totale	16.500.700	€48.341.153,00	16.756.746	€58.649.176,00	16.938.561	€67.201.884,00

Scenario 2

Costi di realizzazione: € 8.160.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 166.000,00

I danni collegati a questo scenario sono quelli riportati nella tabella seguente.

	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	12.607.437	€4.889.401,00	12.756.263	€5.375.035,00	12.832.105	€5.718.055,00
C - COMMERCIALE	18.831	€3.487.745,00	19.095	€4.198.369,00	19.283	€4.777.723,00
I - INDUSTRIALI	47.430	€5.581.607,00	51.305	€6.997.080,00	64.021	€8.370.146,00

J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.175.939	-	2.234.691	-	2.275.356	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	52.896	-	54.177	-	55.494	-
N - STRADE COMUNALI	40.710	€151.503,00	42.917	€186.318,00	46.488	€214.655,00
P - STRADE PROVINCIALI	79.991	€544.272,00	84.695	€697.972,00	90.615	€824.336,00
R - RESIDENZIALE	63.883	€15.125.937,00	71.633	€18.672.803,00	78.279	€21.658.433,00
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE, ELETTRICHE)	197.923	€3.001.685,00	202.244	€3.500.930,00	204.874	€3.904.487,00
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	640.518	-	657.807	-	672.209	-
Totale	15.925.557	€32.782.150,00	16.174.828	€39.628.507,00	16.338.725	€45.467.834,00

Scenario 3

Costi di realizzazione: € 11.380.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 202.000,00

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	12.533.933	€4.861.758,00	12.677.043	€5.340.898,00	12.749.326	€5.678.723,00
C - COMMERCIALE	18.831	€3.487.808,00	19.095	€4.198.423,00	19.283	€4.777.744,00
I - INDUSTRIALI	46.562	€5.412.460,00	50.438	€6.775.584,00	63.154	€8.109.361,00

J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.175.973	-	2.234.691	-	2.275.426	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	52.896	-	54.174	-	55.289	-
N - STRADE COMUNALI	40.710	€151.500,00	42.917	€186.315,00	46.488	€214.651,00
P - STRADE PROVINCIALI	78.490	€533.796,00	83.019	€681.296,00	88.687	€803.648,00
R - RESIDENZIALE	62.755	€14.956.483,00	69.183	€18.245.105,00	74.281	€20.902.660,00
T - INFRASTRUTTURE E RETI	194.753	€2.955.128,00	198.974	€3.435.161,00	201.699	€3.825.203,00
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	640.612	-	657.993	-	672.406	-
Totale	15.845.515	€32.358.933,00	16.087.527	€38.862.782,00	16.246.038	€44.311.991,00

Scenario 4

Costi di realizzazione: € 24.000.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 274.000,00

	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	4.319.298	2.427.457	4.357.614	2.542.281	4.396.981	2.634.604
C - COMMERCIALE	18.890	6.669.257	19.136	7.430.968	19.359	7.956.705

I - INDUSTRIALI	11.947	3.333.775	11.974	3.402.500	11.983	3.843.127
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	2.437.801	-	2.542.692	-	2.616.783	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	32.083	-	33.679	-	34.736	-
N - STRADE COMUNALI	27.529	218.202	27.667	235.546	28.629	252.514
P - STRADE PROVINCIALI	14.940	158.655	21.288	225.245	23.967	291.544
R - RESIDENZIALE	47.618	13.306.680	53.437	16.892.655	58.371	19.842.025
T - INFRASTRUTTURE E RETI	75.514	2.312.239	78.287	2.528.998	80.929	2.742.693
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	618.436	-	635.210	-	648.948	-
Totale	7.604.057	€28.426.264,00	7.780.984	€33.258.193,00	7.920.688	€37.563.213,00

L'analisi costi benefici

Nel seguito sono presentati gli aggiornamenti dei cinque scenari di riferimento che sono stati considerati, con una sintetica descrizione dell'analisi costi benefici: in particolare nella configurazione di intervento individuata come "scenario zero" sono stati inseriti gli interventi non strutturali (prescrizioni, manutenzioni, interventi di ripristino della funzionalità di opere già esistenti ivi comprese le demolizioni a carico di opere la cui procedura di dismissione non è stata completata). I rimanenti scenari presentano quindi sia interventi strutturali che gli interventi non strutturali di cui sopra secondo l'articolazione già descritta.

Nel SISC per l'ACB ci si rifà trattazione classica della massimizzazione del VAN impostando un modello di tipo matematico per la stima delle grandezze considerate. In sintesi si sono stati

stimati con le procedure precedentemente illustrate i benefici intesi come riduzione dei danni da alluvione e i costi delle opere di difesa, introducendo le necessarie procedure di attualizzazione dei flussi monetari. Per mantenere la comparabilità degli esiti quell'ACB con la presente la trattazione è stata svolta in maniera analoga.

La parte seguente è pertanto tratta dal SISC Coghinas (pag. 121-125) e riportata per meglio illustrare il metodo seguito.

Nel PGRA in esame, si considera conosciuta l'entità delle portate al colmo in funzione dei tempi di ritorno, ovvero delle probabilità di superamento, o di non superamento, degli eventi di piena alle sezioni di interesse. Si ricorda che la relazione tra tempi di ritorno Tr , probabilità di superamento Ps e non superamento Pns sono le seguenti:

$$P_s = \frac{1}{T_r} \quad ; \quad P_{ns} = 1 - \frac{1}{T_r} \qquad (11.2)$$

La stima del valore di danno annuo atteso con riferimento alla "situazione attuale" ed a seguito della realizzazione di un assegnato "scenario di intervento" nella realizzazione delle opere è data dall'area sotto la curva che rappresenta l'andamento del danno al variare della probabilità di superamento:

$$E(D) = \int_0^1 D_s \, d(P_s) \qquad (11.3)$$

Nella espressione (11.3) si è indicato con Ds il danno, valutato in termini economici, che si ha in corrispondenza delle probabilità di accadimento dell'evento di piena cui corrisponde la probabilità di superamento Ps .

L'espressione precedente si può modificare nella seguente:

$$E(D) = \int_0^\infty P_s \, d(D_s) \qquad (11.4)$$

Nei calcoli pratici si lavora per intervalli di tempi di ritorno: Tr1, Tr2 ... cui corrispondono probabilitá di superamento: Ps1 = 1/Tr1 , Ps2 = 1/Tr2 ...

L'espressione (11.4), operando su tempi di ritorno discreti, si modifica nella seguente:

$$E(D) = \sum_{i=1,N} \left[(D_i^{\inf} + D_i^{\sup})/2 \right] \left[(1/T_r^{\inf}) - (1/T_r^{\sup}) \right]_i \qquad (11.5)$$

nella quale Tr inf e Tr sup sono i valori del tempo di ritorno all'estremo superiore e inferiore

dell'intervallo di calcolo del danno atteso Di.

La funzione di produzione deve essere quindi intesa come la relazione che lega la portata di piena Qc attesa con un certo tempo di ritorno Tr, che si può ritenere controllata completamente dal sistema (alla quale corrisponde quindi un danno nullo) a seguito della realizzazione delle opere di difesa e di invaso.

Formalmente si può esprimere questa relazione nel seguente modo:

$$f(Q_{c,T_r}, x, y) = 0 \qquad (11.6)$$

Con x ed y si intendono i vettori delle variabili rappresentanti, in termini economici omogenei, i fattori produttivi (in questo caso i costi per la realizzazione delle opere di difesa da alluvione) ed i prodotti (in questo caso i benefici conseguenti sul territorio) considerati negli scenari di intervento.

La ricerca dell'insieme dei punti che per ogni livello di tempo di ritorno Tr , ovvero per ogni livello di probabilità Ps , garantisce il soddisfacimento della espressione di ottimalità marginale (11.1) definisce il cosiddetto "percorso di espansione ottima" ossia la combinazione delle opere di protezione x che fornisce il livello di riduzione dei danni piena y al minimo costo.

Nell'ambito di teorico dell'ottimizzazione economica dell'intervento pubblico, ossia ponendoci l'obiettivo di massimizzare il benessere della comunità, dovremmo prescindere dalla definizione a priori di un tempo di ritorno dell'intervento, anche se questo criterio non è sempre facilmente traducibile in criteri operativi per il pianificatore. Occorrerebbe, a questo punto ricavare la funzione che rappresenta i benefici lordi del progetto equiparati, per definizione, alla differenza fra il valori attesi del danno in presenza di opere di protezione o in assenza di esse. I benefici sono quindi definiti come riduzione del valore atteso del danno, valutati rispetto a quelli attesi precedentemente la realizzazione del progetto.

L'andamento della curva dei benefici lordi medi annui, assieme a quella dei costi medi annui di intervento, in funzione dell'entità dell'evento di piena per il quale si ha protezione completa consente di definire la soluzione corrispondente al massimo valore dei benefici netti medi annui che coincide con l'uguaglianza dei rispettivi valori marginali con la produzione marginale (PM) definibile con l'intervento:

$$\frac{CM_i}{BM_j} = PM_{j,i} \qquad (11.7)$$

In termini applicativi, per ognuno degli scenari di intervento precedentemente definiti nel è stato calcolato l'andamento del flusso attualizzato di costi e benefici e il valore finale del VAN.

Per eseguire correttamente l'analisi dei costi e dei benefici è necessario introdurre fattori di omogeneizzazione dei flussi finanziari che permettono di rendere i valori comparabili in un predefinito istante temporale, normalmente assunto coincidente con l'anno di inizio dell'investimento. I valori vengono "attualizzati", ossia resi omogenei utilizzando un "tasso di attualizzazione" del capitale o flusso di cassa Fi che si realizza nell'anno i-esimo che è attualizzato (scontato) all'anno zero con l'equazione:

$$F_0 = \left[\frac{1}{(1+r)^i}\right] F_i \qquad (11.8)$$

È ragionevole ritenere che l'investimento iniziale per la realizzazione dello scenario d'intervento dia luogo ad un unico flusso di cassa che si verifica all'anno zero. Similmente si può ritenere che tutti i flussi di cassa appartenenti allo stesso anno di esercizio siano concentrati al termine dell'esercizio stesso. Nell'analisi sono considerati i valori cumulati di costi e benefici per tutto l'orizzonte temporale. Come già detto il VAN è un metodo di valutazione economica che considera la

valutazione dei costi (flussi in uscita) e dei benefici (flussi in entrata) con le usuali regole di attualizzazione. I parametri necessari per le valutazioni sono:

n = numero di anni considerati nello scenario, spesso coincidente con la vita utile dell'opera;

r = tasso di interesse utilizzato.

Prendendo i costi collegati ai vari scenari valutati dall'analisi finanziaria e valutati i benefici non di mercato, è possibile attualizzare costi e benefici, che si manifestano in tempi diversi. Il tasso di sconto utilizzato nell'analisi economica è il Tasso di Sconto Sociale (TSS), che riflette il punto di vista sociale circa il grado di preferenza dei costi e dei benefici futuri rispetto a quelli presenti. Le linee guida ACB dell'Unione Europea danno come indicazione (pag.58) di porre il TSS pari al 5% per gli stati membri beneficiari del Fondo di Coesione e al 3% per gli altri stati membri. Attualmente l'Italia non è nell'elenco dei paesi beneficiari per il 2014-2020 per cui, coerentemente anche con quanto già fatto nel SISC Coghinas, utilizzeremo il tasso del 3%.

L'orizzonte temporale dell'analisi economica è stato assunto pari a 100 anni per tutti gli scenari di intervento esaminati. Considerata la tipologia delle opere questo scenario si ritiene coerente con le analisi da realizzare. Per alcuni interventi potranno essere considerati ulteriori oneri di sostituzione di apparecchiature o rifacimento di opere, quando necessari su questo arco temporale.

Per completezza di ragionamento si sono calcolati in maniera esplicita anche il Valore attuale Netto Economico (VANE) ed il Tasso di Rendimento Interno Economico (TRIE). Il primo

rappresenta sostanzialmente se e quanto un progetto è auspicabile da un punto di vista socio-economico. Questa condizione è valutata sulla base dei risultati dell'analisi economica e, in particolare, dalla presenza di un Valore Attuale Netto Economico (VANE) positivo. In caso contrario il progetto non ha nessuna convenienza ad essere realizzato.

Il TRIE rappresenta invece il tasso di sconto che renderebbe nullo il VANE. Più è grande, maggiore è la convenienza sociale a realizzare l'opera. Il metodo del TIR affianca ed è preferito a quello del VAN nei casi in cui il tasso di attualizzazione dei flussi è non noto o soggetto ad incertezza; in queste situazioni il TIR fornisce maggiori informazioni su un investimento di quanto possa fare il VAN.

Scenario 0

Costi di realizzazione: € 1.910.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 119.000,00

I valori dei oneri sopra forniti saranno sempre sottratti agli oneri conseguenti agli scenari di intervento che saranno considerati di seguito.

La valutazione dei danni di piena riferita allo stato attuale, è riportata per comodità nella tabella seguente, ed è assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere considerate negli scenari di intervento.

In definitiva, i benefici medi annui conseguenti dalla realizzazione degli scenari saranno valutati come differenza tra i danni medi annui attesi nello scenario zero e i danni medi annui attesi a seguito della realizzazione degli interventi.

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	16.352.066	€48.382.292,00	16.615.603	€60.369.036,00	16.793.446	€71.006.292,00

Scenario 1

Costi di realizzazione: € 6.400.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 155.000,00

Rispetto alla situazione attuale si riscontra la riduzione dell'estensione delle aree allagate. Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree vulnerate con la configurazione ipotizzata per tutti i tempi di ritorno, anche la valutazione dei danni conseguenti.

	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	16.500.700	€48.341.153,00	16.756.746	€58.649.176,00	16.938.561	€67.201.884,00

Valutando la differenza con lo scenario 0 e mettendola in relazione con i tempi di ritorno degli eventi valutati (15,50,100 e 200 anni) si ottiene il grafico da cui possiamo calcolare il valore del danno medio annuo tramite la formula (11.5), illustrata precedentemente.

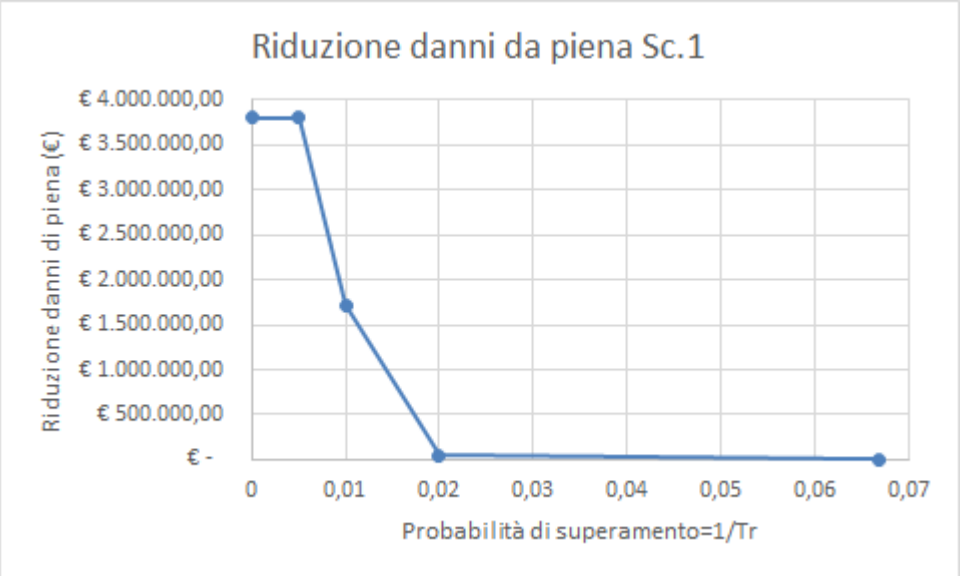

Figura 9 - Riduzione danni da piena Scenario 1

Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a circa 42.600 euro/anno.

La Figura 10 visualizza i flussi attualizzati di costi e benefici e come, nell'arco temporale esaminato, questo scenario non determina una convenienza economica conseguente alla sua realizzazione (non si raggiunge un incrocio fra le curve dei valori attualizzati).

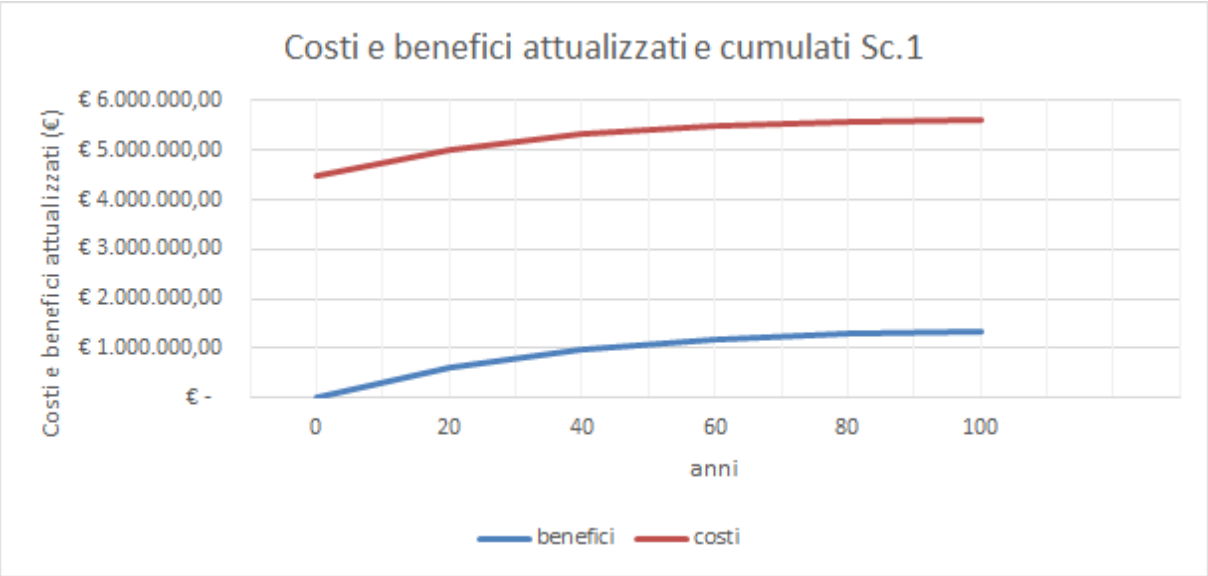

Figura 10 - Costi e benefici attualizzati e cumulati Scenario 1

VANE: € 4.281.522,59

TRIE: -3.03%

I due valori negativi ci dicono che non esiste mai convenienza economica ad attuare il progetto

Scenario 2

Costi di realizzazione: € 8.160.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 166.000,00

La realizzazione dell'opera consente la protezione dell'abitato e di un'area di circa 72 ettari compresi tra la ex SP146 e l'arginatura fluviale che, data la vicinanza con il centro abitato, ha una valenza elevata essendo attualmente interessata, oltre che da attività agricole, da un impianto sportivo (campo di calcio, tennis e strutture annesse) per circa 3 ettari, edifici rurali, linee elettriche e viabilità stradale.

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	15.925.557	€32.782.150,00	16.174.828	€39.628.507,00	16.338.725	€45.467.834,00

Come per lo scenario precedente si ottiene il grafico da cui possiamo calcolare il valore del danno medio annuo.

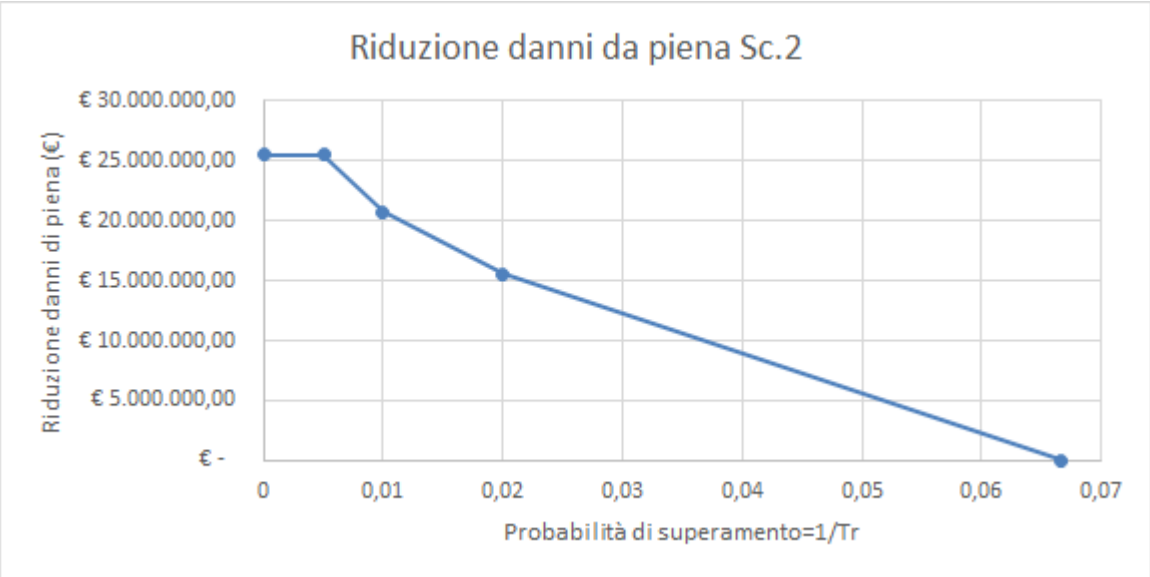

Figura 11 - Riduzione danni da piena Scenario 2

Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a 789.096,43 euro/anno.

La Figura 12 visualizza come questo scenario evidenzia una convenienza economica dalla sua realizzazione, raggiungendo una compensazione fra costi e benefici in 11 anni, e come sull'intero orizzonte temporale considerato il beneficio totale sia superiore ai 17 milioni di euro.

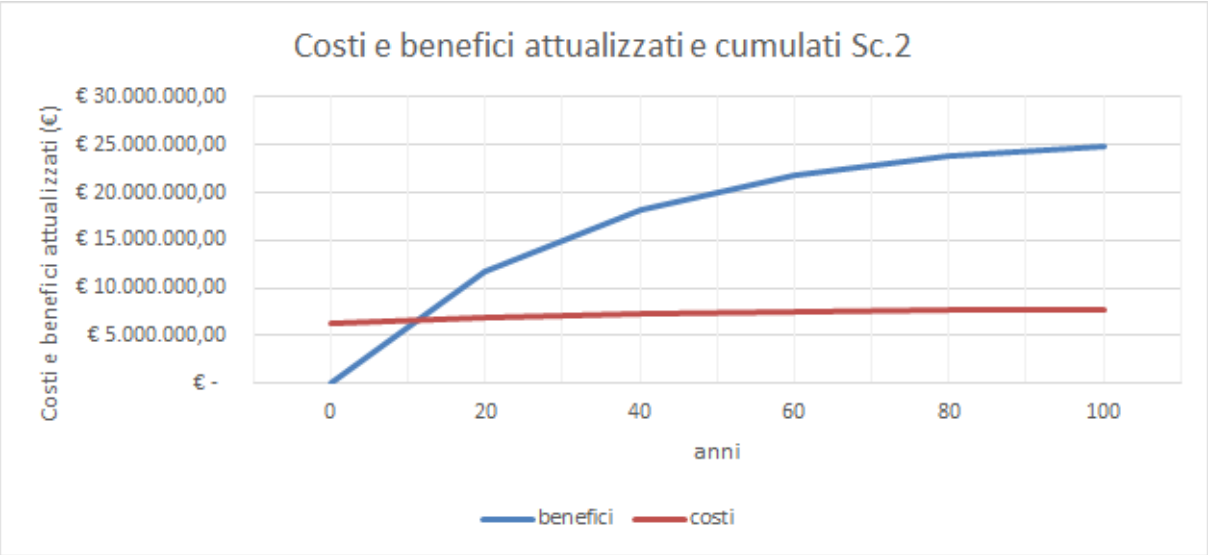

Figura 12 - Costi e benefici attualizzati e cumulati Scenario 2

VANE: € 17.199.434,71

TRIE: 11.87%

Sia VANE che TRIE sono ampiamente positivi. Un valore così elevato del TRIE ci mette anche al sicuro da variazioni del tasso di sconto utilizzato.

Scenario 3

Costi di realizzazione: € 11.380.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 202.000,00

Lo scenario 3 comprende gli interventi per la protezione degli abitati di Viddalba e di Santa Maria Coghinas e pertanto gli interventi inclusi nello scenario 3 sono quelli che risultano dalla composizione dello scenario 1 e dello scenario 2 precedentemente descritti (oltre che le opere previste per tutti gli scenari).

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	15.845.515	€32.358.933,00	16.087.527	€38.862.782,00	16.246.038	€44.311.991,00

Il grafico da cui possiamo calcolare il valore del danno medio annuo è il seguente.

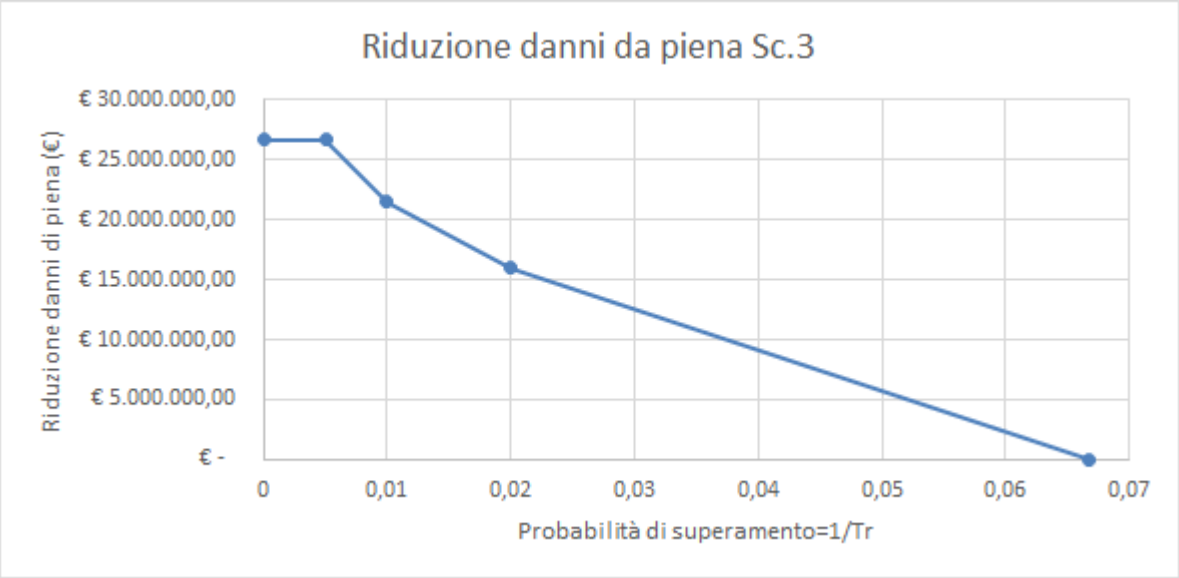

Figura 13 - Riduzioni danni da piena Scenario 3

Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a 815.500,00 euro/anno. La Figura 14 visualizza come anche questo scenario evidenzia una convenienza economica dalla sua realizzazione pur considerando un orizzonte temporale relativamente breve (18 anni circa).

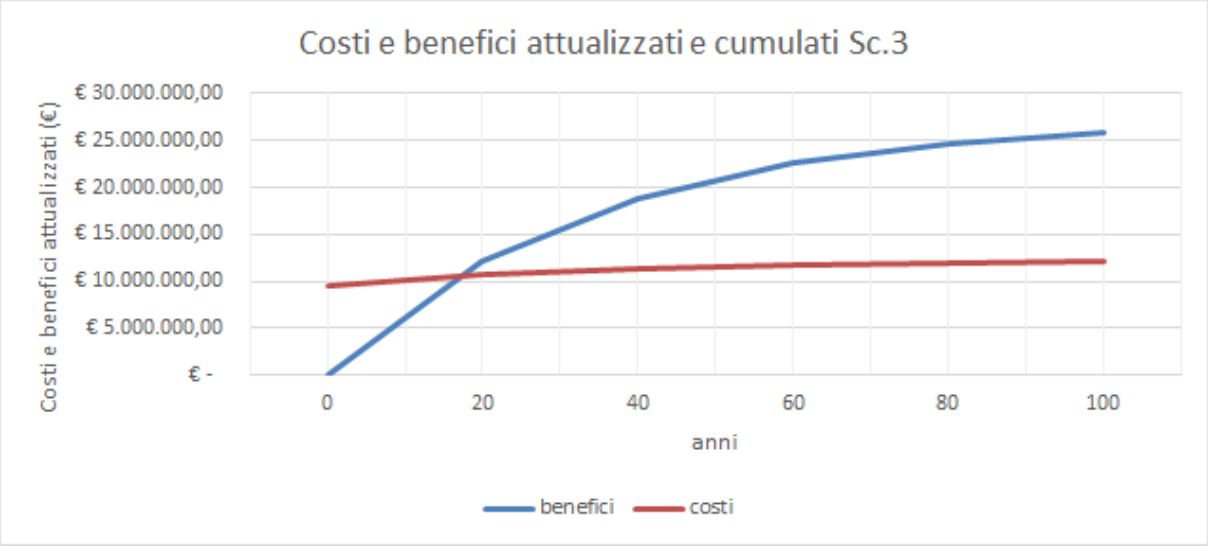

Figura 14 - Costi e benefici attualizzati e cumulati Scenario 3

VANE:€ 13.676.177,12

TRIE: 7.73%

Sia VANE che TRIE sono ampiamente positivi. Anche stavolta un valore così elevato del TRIE ci mette anche al sicuro da variazioni del tasso di sconto utilizzato.

Scenario 4

Costi di realizzazione: € 24.000.000,00

Oneri annui di manutenzione: € 274.000,00

Nello scenario 4 è stato affrontato l'obiettivo della protezione idraulica complessiva della Bassa Valle del fiume Coghinas, degli abitati di Viddalba, di Santa Maria Coghinas e di Valledoria con l'adeguamento dell'arginatura di sponda sinistra esistente mentre in sponda destra è previsto unicamente l'intervento individuato come scenario 1, ossia il nuovo argine a protezione di Viddalba con le opere annesse.

	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
CATEGORIA ELEMENTO	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	7.604.057	€28.426.264,00	7.780.984	€33.258.193,00	7.920.688	€37.563.213,00

Il grafico da cui possiamo calcolare il valore del danno medio annuo è il seguente.

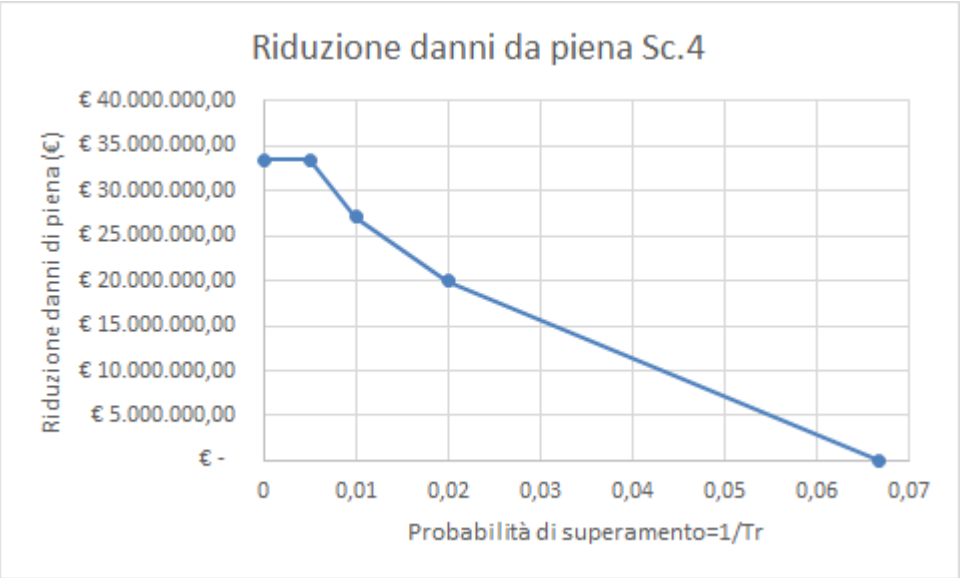

Figura 15 - Riduzione danni da piena Scenario 4

Conseguentemente all'impegno economico richiesto per questo scenario, il raggiungimento dell'equilibrio tra benefici e costi si ha solo dopo 50 anni dalla realizzazione dell'intervento.

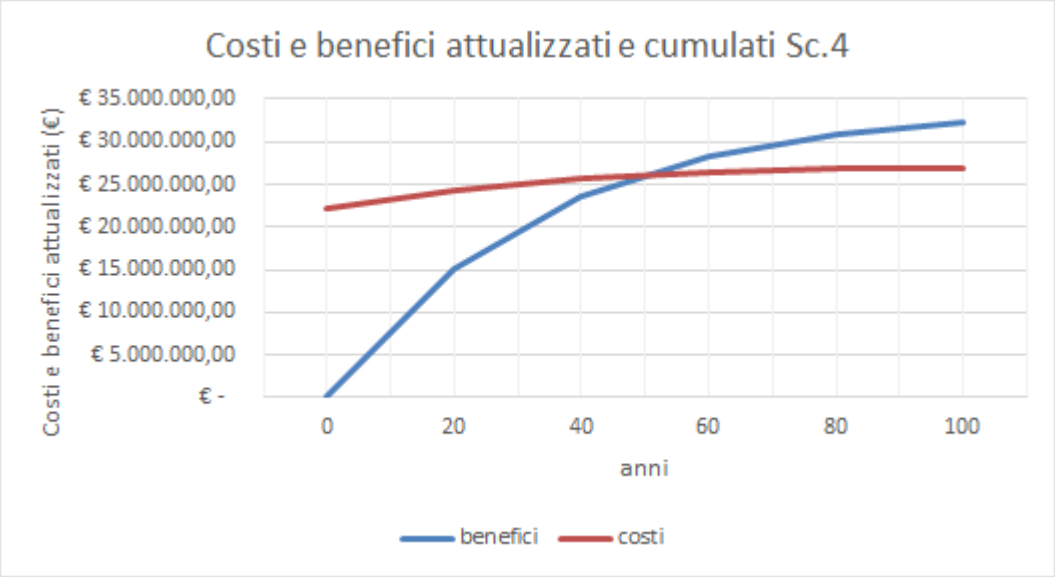

Figura 16 - Costi e benefici attualizzati e cumulati Scenario 4

VANE:€ 5.229.630,17

TRIE: 3.82%

Rispetto ai due casi precedenti questo progetto presenta valori inferiori di VANE e TRIE, che comunque si traducono in una convenienza socio-economica alla realizzazione del progetto, anche se con un orizzonte temporale di ritorno dell'investimento più ampio.

7. La valutazione dei rischi

Analisi di sensibilità

L'analisi di sensibilità consente di identificare le variabili critiche del progetto le cui variazioni, positive o negative, hanno il maggiore impatto sulle sue performance finanziarie e/o economiche.

L'analisi viene condotta modificando i valori associati a ciascuna singola variabile e valutando l'effetto di tale cambiamento sul VAN. Si consiglia, come criterio guida, di considerare 'critiche' quelle variabili per le quali una variazione di ± l'1% del valore adottato nel caso base dia luogo a una variazione di più dell'1% del valore del VAN.

Nel caso specifico abbiamo preso in considerazione 3 variabili:

1. Costi del progetto
2. Costi di manutenzione
3. Benefici (mancati danni)

L'elasticità calcolata per VANE rispetto alle variabili di input dell'analisi è riportata, per ogni scenario, nelle tabelle seguenti, unitamente ai relativi valori di rovesciamento

Scenario 1

Variabile	Elasticità VANE	Valore di rovesciamento
Costo del progetto	1.52%	-95%
Costi di manutenzione	1,16%	-87%
Benefici economici (mancati danni)	0,32%	+318

L'analisi di sensibilità mostra che, nell'analisi economica, i costi di investimento ed i costi di manutenzione rappresentano variabili critiche.

Data la mancata convenienza economica a realizzare questo scenario i valori di rovesciamento hanno scarso significato.

Scenario 2

Variabile	Elasticità VANE	Valore di rovesciamento
Costo del progetto	0.48%	275%
Costi di manutenzione	0.31%	328%
Benefici economici (mancati danni)	1.47%	-69%

L'analisi di sensibilità mostra che, nell'analisi economica, sono i benefici economici ad essere variabili critiche.

Lo scenario è estremamente positivo per cui solo grandi variazioni delle grandezze in gioco potrebbero renderlo non conveniente. La soluzione è stabilmente positiva, quindi poco sensibile a piccole variazioni delle grandezze stimate.

Scenario 3

Variabile	Elasticità VANE	Valore di rovesciamento
Costo del progetto	0.84%	144%
Costi di manutenzione	0.47%	214%
Benefici economici (mancati danni)	1.92%	-53%

L'analisi di sensibilità mostra che, nell'analisi economica, sono i benefici economici ad essere variabili critiche.

Come il precedente anche questo scenario è estremamente positivo per cui solo grandi variazioni delle grandezze in gioco potrebbero renderlo non conveniente. La soluzione è stabilmente positiva, quindi poco sensibile a piccole variazioni delle grandezze stimate.

Scenario 4

Variabile	Elasticità VANE	Valore di rovesciamento
Costo del progetto	4.81%	24%
Costi di manutenzione	1.68%	60%
Benefici economici (mancati danni)	6.57%	16%

L'analisi di sensibilità mostra che, nell'analisi economica, sono tutte le variabili prese in considerazione ad essere critiche. Ovvero una variazione dell'1% delle variabili comporta elasticità maggiori di uno sul VAN. Soprattutto per quanto riguarda la valutazione dei costi del progetto e la valutazione dei benefici economici.

Andando a vedere i valori di rovesciamento, anche per questo scenario si devono avere variazioni abbastanza significative delle variabili in gioco, per cui possiamo ritenere la sua valutazione positiva e stabile, come per i precedenti.

Analisi del Rischio

L'analisi qualitativa del rischio include i seguenti elementi:

- Un elenco degli eventi avversi cui il progetto è esposto;
- Una matrice di rischio per ciascun evento avverso indicante:
    - le possibili cause di insorgenza;
    - il collegamento con l'analisi di sensibilità, dove applicabile;
    - gli effetti negativi generati sul progetto;
    - la classificazione dei livelli di probabilità di insorgenza e di gravità dell'impatto;
    - il livello di rischio.
- Un'interpretazione della matrice di rischio che consente la valutazione dei livelli di rischio associati al progetto;
- Una descrizione delle misure di mitigazione e/o prevenzione dei rischi principali, indicando chi è responsabile dell'attuazione delle misure individuate, quando queste sono considerate necessarie.

La prima fase dell'esecuzione dell'analisi di rischio qualitativa richiede che siano preliminarmente identificati gli eventi avversi che il progetto potrebbe affrontare.

I possibili eventi e situazioni con implicazioni negative nell'esecuzione del progetto, con particolare riferimento al rischio di sforamento dei costi e di ritardi nella messa in servizio, sono molto vari e dipendono dalle specificità del progetto: eventi naturali, impatti avversi di eventi meteorologici estremi, mancato ottenimento di permessi, opposizione pubblica, contenziosi, ecc.

Una volta identificati i potenziali eventi avversi, è possibile creare la corrispondente matrice di rischio.

Innanzitutto è necessario osservare le possibili cause alla base della materializzazione del rischio. Si tratta dei principali pericoli che possono manifestarsi durante la vita del progetto.

A ciascun evento avverso viene attribuita una probabilità (P) di insorgenza. Di seguito si riporta una classificazione consigliata[6], anche se in linea di principio sono possibili altri tipi di classificazione:

A. Molto improbabile (probabilità 0-10%)

B. Improbabile (probabilità 10-33%)

C. Tanto improbabile quanto probabile (probabilità 33-66%)

D. Probabile (probabilità 66-90%)

E. Molto probabile (probabilità 90-100%).

A ciascun effetto viene quindi assegnato un impatto di gravità (S) da I (effetto nullo) a V (catastrofico), sulla base dei costi e/o delle perdite di benessere sociale generati. Questi valori consentono di definire una classificazione dei rischi, associati con la relativa probabilità di insorgenza. Di seguito si riporta una classificazione tipica:

---

[6] Si tratta della classificazione in linea con le disposizioni del rapporto dell'IPPCC (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico; http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf relativa alla valutazione di probabilità di un esito.

Rating	Significato
I	Nessun effetto rilevante sul benessere sociale, anche in assenza di azioni riparatrici.
II	Lieve perdita di benessere sociale generata dal progetto, che influisce in modo minimo sui suoi effetti di lungo periodo. Sono necessarie tuttavia misure correttive o riparatrici.
III	Moderata perdita di benessere sociale generata dal progetto; si tratta principalmente di danno finanziario, anche nel medio-lungo periodo. La messa in campo di azioni riparatrici può risolvere il problema.
IV	Critico: elevata perdita di benessere sociale generata dal progetto; l'insorgenza del rischio causa una perdita della funzione (o delle funzioni) primaria del progetto. L'esecuzione di azioni riparatrici, anche di ampia portata, non è sufficiente per evitare danni seri.
V	Catastrofico: insuccesso del progetto che può causare la grave o persino totale perdita delle sue funzioni. I principali effetti del progetto nel medio-lungo termine non si concretizzano. Non esistono misure di mitigazione.

Secondo le linee Guida Ue sull'ACB i principali rischi che dovrebbero essere valutati nei progetti di prevenzione dei disastri ambientali sono i seguenti.

- Fattori imprevisti di natura politica o normativa che incidono sul progetto
- Sondaggi e indagini inadeguati con conseguente inadeguatezza della progettazione tecnica
- Informazioni inadeguate in merito allo storico dei disastri
- Sottovalutazione della frequenza dei rischi naturali ovvero della probabilità che si verifichino disastri
- Sottovalutazione degli effetti del cambiamento climatico (ad esempio in merito alla correlazione "portata versus frequenza" degli eventi atmosferici)
- Ritardi procedurali/Ritardi nella realizzazione delle opere
- Fallimento dell'appaltatore, mancanza di risorse
- Costi di investimento e manutenzione

Sulla base di questi ragionamenti è stata predisposta una matrice di rischio per identificare le possibili misure da adottare in materia di prevenzione e mitigazione del rischio.

Descrizione del rischio	**Probabilità *(P)**	**Gravità (S)**	**Livello di rischio *(=P*S)**	**Misure di prevenzione / mitigazione del rischio**	**Rischio residuo a seguito delle misure di prevenzione / mitigazione del rischio**
Fattori imprevisti di natura politica o normativa che incidono sul progetto	A	II	Basso	Imprevisti di questo tipo non incidono sull'efficienza delle opere. E' altamente improbabile che variazioni simili modifichino la natura dei luoghi e delle opere previste	Basso
Sondaggi e indagini inadeguati con conseguente inadeguatezza della progettazione tecnica	B	III	Basso	Sono presenti numerosi studi sull'area di progetto a cui fare riferimento. E' plausibile che, durante il corso dei lavori, si possano effettuare revisioni progettuali migliorative	Basso
Informazioni inadeguate in merito allo storico dei disastri	B	II	Basso	La casistica relativa alla frequenza degli eventi disastrosi è nota al CBNS	Basso

Sottovalutazione della frequenza dei rischi naturali ovvero della probabilità che si verifichino disastri	C	III	Moderato	L'intervento in progetto si propone proprio di ridurre la probabilità che eventi disastrosi si presentino con le frequenze attuali. Il CBNS possiede le competenze sufficienti per provvedere al monitoraggio delle frequenze	Basso
Sottovalutazione degli effetti del cambiamento climatico (ad esempio in merito alla correlazione "portata versus frequenza" degli eventi atmosferici)	B	IV	Moderato	Esiste una casistica aggiornata degli eventi alluvionali recenti, anche in corrispondenza dell'incremento degli eventi piovosi. Il CBNS possiede le competenze sufficienti per provvedere al monitoraggio delle frequenze	Basso
Ritardi procedurali/Ritardi nella realizzazione delle opere	C	III	Moderato	Gli uffici del Consorzio di Bonifica del Nord Sardegna (CBNS) saranno supportati da assistenza tecnica specializzata. Le strategie di gara e la tempistica di cantiere sono affidabili e adeguate per consentire la realizzazione dell'investimento all'interno del periodo di eleggibilità della spesa.	Basso

Fallimento dell'appaltatore, mancanza di risorse	B	IV	Moderato	Il progetto è concepito per essere realizzato in stralci successivi, di importi e dimensioni notevolmente ridotti rispetto la concezione complessiva della pianificazione della messa in sicurezza dai rischi di alluvione. Difficilmente il fallimento dell'appaltatore comporterebbe un ostacolo alla realizzazione complessiva, così come l'improbabile mancanza di risorse	Basso
Costi di investimento e manutenzione	B	III	Moderato	La struttura dei costi esistente è solida e costituisce una buona base per le proiezioni. Il costo incrementale associato a nuovi investimenti è più incerto, ma rischia di compromettere solo una porzione relativamente piccola del costo operativo complessivo.	Basso

L'analisi qualitativa del rischio dimostra che i rischi residui per il progetto sono bassi, grazie alle misure previste per evitare il verificarsi dei rischi identificati e/o per mitigare il loro impatto negativo nel caso si concretizzino. Ciò consente di affermare che il livello complessivo di rischio residuo sia accettabile. Si può quindi concludere che, a condizione che le misure di mitigazione siano correttamente attuate, la probabilità che il progetto non raggiunga gli obiettivi prefissati è marginale.

Conclusioni

L'ACB qui presentata e condotta per scenari ha sostanzialmente ricalcato quella del PGRA, la cui VAS si è conclusa con il parere positivo della Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni ambientali del MATTM n. 1939 del 11 dicembre 2015 di compatibilità ambientale strategica sul Piano in oggetto, con suggerimenti e raccomandazioni.

Il progetto ha seguito la strada tracciata dal PGRA, per cui non rappresenta altro che una cantierizzazione dello scenario n°4.

Ovviamente nel passaggio da piano a progetto sono state fatte alcune variazioni, sia nel dettaglio delle opere che sul piano economico.

Per dare conto di queste variazioni si è dovuta aggiornare l'ACB. I risultati ottenuti sono comunque perfettamente in linea con quelli del PGRA, così come delineati nel documento SISC Coghinas.

Dei quattro scenari analizzati solo il primo risulta avere un bilancio costi-benefici negativo, mentre gli scenari 2, 3 e 4 hanno valutazioni positive sia sul piano del VAN che su quello del TRI.

Va ricordato peraltro quanto già affermato in precedenza, ovvero che l'analisi condotta, dal punto di vista della valutazione dei benefici, è senz'altro molto conservativa, perché non sono stati quantificati i danni ai beni culturali ed ambientali, non sono stati presi in considerazioni i costi diretti generati da un'emergenza a seguito di alluvione, non sono state prese in considerazioni rivalutazioni e possibili nuovi usi dei terreni la cui classificazione di rischio idrogeologico potrebbe essere abbassata a seguito delle opere proposte. Ultimo, ma non meno importante, non è stato valutato il danno alle persone, sia in termini di perdita di vite umane, che in termini di costi di cure o potenziali danni permanenti.

Tutto questo pertanto porta a dire che se già con i benefici stimati solo attraverso il metodo del danno diretto a cose e superfici, gli scenari 2,3 e 4 sono da ritenersi attuabili e positivi, se si valutassero tutti gli altri benefici si avrebbero senz'altro performance ancora migliori.

Specialmente ne beneficerebbe la performance dello scenario di progetto, che potrebbe vedere significativamente abbassato il tempo di ritorno dell'investimento che in questo studio è stato valutato pari a 50 anni.