

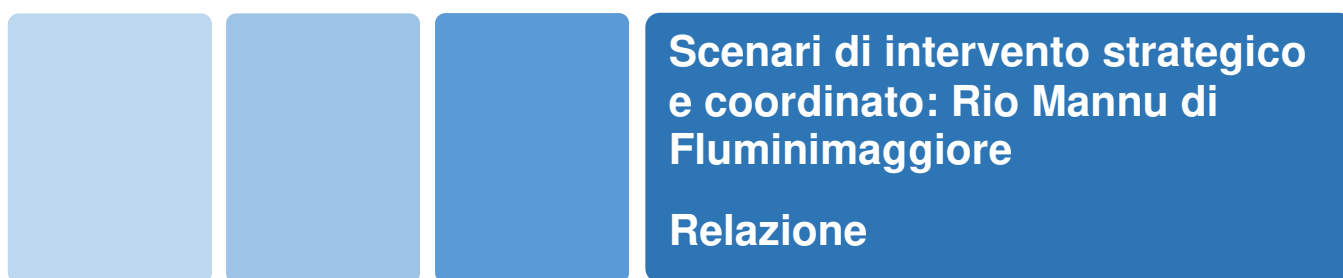


REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Piano di gestione del rischio di alluvioni

secondo ciclo di pianificazione



Allegato alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Autorità di Bacino della Sardegna

DIREZIONE GENERALE DELL'AGENZIA REGIONALE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA

Direttore Generale: Antonio Sanna

Direttore del Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni: Marco Melis

Coordinamento tecnico-amministrativo: Gianluigi Mancosu

Coordinamento operativo: Luisa Manigas

Elaborazioni GIS: Gian Luca Marras

Gruppo di lavoro: Giuseppe Canè, Piercarlo Ciabatti, Nicoletta Contis, Andrea Lazzari, Giovanni Luise, Maria Antonietta Murru Perra, Michela Olivari, Alessandra Pillai, Corrado Sechi, Riccardo Todde

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI – Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

Responsabile Scientifico: Giovanni Maria Sechi

Elaborazioni GIS: Giovanni Cocco

Gruppo di lavoro: Alessio Cera, Clorinda Cortis, Pino Frau, Saverio Liberatore, Mauro Piras, Emanuela Sassu

Con il contributo, per le parti di competenza, di:

DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Direttore Generale: Antonio Pasquale Belloi

Direttore del Servizio pianificazione e gestione delle emergenze: Mauro Merella

Direttore del Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti: Federico Ferrarese Ceruti

Gruppo di lavoro: Salvatore Cinus, Daniela Pani, Fabrizia Soi, Antonio Usai.

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI

Direttore Generale: Piero Dau

Direttore del Servizio opere idriche e idrogeologiche: Costantino Azzena

Gruppo di lavoro: Roberta Daino, Alberto Spano

Il presente documento costituisce un elaborato del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) della Sardegna aggiornato per il Secondo ciclo di pianificazione. Esso conferma i contenuti del corrispondente elaborato facente parte della prima stesura del PGRA, che è stata oggetto di approvazione con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino regionale della Sardegna n. 2 del 15/3/2016 e con DPCM del 27 ottobre 2016 (GURI n. 30 del 6 febbraio 2017).

Per tutti gli approfondimenti: www.regione.sardegna.it/pianogestionerischioalluvioni



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Sommario

1	Premesse	10
2	Descrizione sintetica del sistema idrografico: Rio Mannu di Fluminimaggiore	12
3	Sintesi delle opere di difesa idraulica nel tratto del Rio Mannu a monte e interno all'abitato di Fluminimaggiore	13
4	Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF	14
4.1	Delimitazione delle fasce fluviali	17
4.2	Quadro delle principali criticità	20
5	Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale e confronto con le mappature del PSFF 21	
5.1	Premessa	21
5.2	Criticità specifiche attuali	25
5.3	Volume di piena e aree esondate	26
6	Procedura operativa per il di calcolo del danno di piena nel Bacino del Rio Mannu di Fluminimaggiore	27
7	Quadro generale degli interventi di mitigazione del danno	30
7.1	Metodologia di individuazione degli interventi	30
7.2	Definizione tipologica delle opere di sistemazione idraulica	32
8	Descrizione degli scenari di intervento esaminati per la salvaguardia delle aree esondabili	33
8.1	Intervento A: Delocalizzazione di strutture edilizie in destra idraulica del rio Bau Porcos a monte del 1° ponte	33
8.2	Intervento B: Demolizione ponte Via Emilio Lussu sul Rio Bau Porcos	34
8.3	Intervento C: Spostamento linea fognaria in sinistra idraulica del Rio Bau Porcos a valle del 1° ponte	35
8.4	Intervento D: Demolizione e ricostruzione del muro di difesa in sponda sinistra e destra del Rio Bau Porcos	36
8.5	Intervento E: Delocalizzazione strutture edilizie in sinistra idraulica del Rio Bau Porcos a monte del 2° ponte	37
8.6	Intervento F: Consolidamento delle fondazioni del ponte sulla Via Vittorio Emanuele	38
8.7	Intervento G: Risagomatura dell'alveo	39
8.8	Intervento H: Adeguamento 1° ponte sul Rio Mannu	40
8.9	Intervento I: Adeguamento 2° ponte sul Rio Mannu	41
8.10	Intervento L: Demolizione 3° ponte sul Rio Mannu	42



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

9	Stima del costo di realizzazione degli interventi	46
10	Scenari di intervento	48
10.1	Criteri di individuazione.....	48
10.2	Scenario 0 (stato attuale)	49
10.3	Scenario 1 – Difesa dell’abitato di Fluminimaggiore	51
11	Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento	56



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Indice delle Figure

Figura 4-1 Tratto indagato nella modellazione idraulica dal PSFF.....	15
Figura 4-2 Criticità individuate dal PSFF	17
Figura 4-3 Aree individuate dal PSFF in corrispondenza dell'abitato	18
Figura 4-5 Aree individuate dal PSFF nel tratto focivo	19
Figura 5-1 Sezioni trasversali adoperate nel PSFF	22
Figura 5-2 Sezioni trasversali adoperate nel presente studio	23
Figura 5-3 Confronto delle aree allagate per Tr= 50 anni nel tratto a monte del 4° sul Rio Mannu (in rosso il PSFF).....	24
Figura 5-4 Confronto delle aree di allagamento per Tr= 50 anni tratto a valle del 4° ponte sul Rio Mannu (in rosso il PSFF).....	24
Figura 5-5 Livelli delle piene sul Ponte Vecchio in occasione di eventi estremi.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 6-1 Procedura di calcolo ALFA per la determinazione del danno per ciascuna categoria di elemento esposto: diagramma di flusso	28
Figura 8-1 Disposizione planimetrica dell'intervento.....	34
Figura 8-2 Vista degli edifici oggetto di demolizione	34
Figura 8-3 Ubicazione dell'intervento e vista del ponte.....	35
Figura 8-4 Ubicazione dell'intervento e vista del manufatto	35
Figura 8-5 Tratto a monte del 1° ponte.....	36
Figura 8-6 Inserimento planimetrico dell'intervento	36
Figura 8-7 Inserimento planimetrico dell'intervento	37
Figura 8-8 Vista degli edifici da demolire	37
Figura 8-9 Inserimento planimetrico dell'intervento	38
Figura 8-10 Vista del ponte da consolidare	38
Figura 8-11 Inserimento planimetrico dell'intervento	39
Figura 8-12 Confronto tra la sezione ante e post-operam	39
Figura 8-13 Ponte pedonale in corrispondenza del museo etnografico	40
Figura 8-14 Inserimento planimetrico dell'intervento	41
Figura 8-15 Ponte in prossimità dell'anfiteatro.....	41
Figura 8-16 Inserimento planimetrico dell'intervento	42
Figura 8-17 Passerella pedonale da demolire	43
Figura 8-18 Inserimento planimetrico dell'intervento	43
Figura 8-19 Inserimento planimetrico dell'intervento	44
Figura 8-20 Attuale muretto stradale in sponda destra	44
Figura 8-21 Inserimento planimetrico dell'intervento	45
Figura 8-22 Confronto tra la sezione ante e post-operam	45
Figura 10-1 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni.....	49
Figura 10-2 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni.....	49
Figura 10-3 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni.....	50
Figura 10-4 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni.....	51



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Figura 10-5 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni..... 52
Figura 10-6 Scenario 1- Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni 52



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Indice delle Tabelle

Tabella 5.1 - Volumi di allagamento allo stato attuale.....	26
Tabella 6.1 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo.....	27
Tabella 9.1 – Valutazione economica degli interventi.....	47
Tabella 10.2 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno	51
Tabella 10.3 - Valutazione dei costi relativi allo “Scenario 1”	54
Tabella 10.4 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno	55
Tabella 11.1 Scenario 0 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno	Errore. Il segnalibro non è definito.
Tabella 11.2 Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno ..	Errore. Il segnalibro non è definito.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Elenco degli Allegati

ZONA IDROGRAFICA 1 - Sulcis

Bacino : 21 – Fiume Mannu di Fluminimaggiore

Elaborati di Relazione

1.21.ML.R1.0	Relazione	
1.21. ML. R2.0	Relazione dello studio idraulico	
1.21. ML. R3.0	Sezioni trasversali	
1.21. ML. R4.0	Profili longitudinali	
1.21. ML. R5.0	Tabelle analitiche	
1.21. ML. R6.0	Quaderno delle opere tipo e stima dei costi	

Tavole

1.21. ML. 00-0	Quadro di unione delle tavole	1:40.000
1.21. ML. 01-0	Atlante cartografico delle Fasce Fluviali (Delibera Com. Ist. n.1 del 20.06.2013)	1:10.000
1.21. ML. 02-0	Modellazione SCENARIO 0-ATTUALE: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000
1.21. ML. 03-0	Modellazione SCENARIO 0- ATTUALE: mappe di pericolosità idraulica con Tr=100 anni	1:10.000
1.21. ML. 04-0	Modellazione SCENARIO 0- ATTUALE: mappe di pericolosità idraulica con Tr=200 anni	1:10000
1.21. ML. 05-0	Cartografia di uso del suolo per i territori interessati da pericolosità idraulica	1:10.000
1.21. ML. 06-0	Cartografia con aggregazione per Categorie degli elementi esposti ai danni di piena	1:40.000
1.21. ML. 07-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 1: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

1.21. ML. 08-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 1: mappe di pericolosità idraulica con $Tr=100$ anni	1:10.000
1.21. ML. 09-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 1: mappe di pericolosità idraulica con $Tr=200$ anni	1:10.000



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

1 Premesse

L'Accordo di collaborazione 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, formalizzato con convenzioni in data 23 Dicembre 2013 e 31 Marzo 2014, è finalizzato alla realizzazione di studi e ricerche per la *“predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni sui principali corsi d'acqua del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE in data 23.10.2007 e dell'art. 7 del Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49”*.

Nelle convenzioni i principali obiettivi della collaborazione scientifica sono definiti sinteticamente nei seguenti quattro punti:

- a. esame dell'attività di pianificazione già svolta in merito alla definizione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvioni;
- b. esame ed eventuale integrazione della pianificazione già svolta nel censimento delle opere di difesa idraulica e delle opere interferenti esistenti;
- c. studio e valutazione degli interventi non strutturali e delle azioni strutturali per la riduzione della pericolosità, e di conseguenza del rischio, comprese le azioni strutturali che si rende necessario effettuare nelle opere che interferiscono con i corsi d'acqua;
- d. definizione dell'ordine di priorità degli interventi sia per i diversi corsi d'acqua e tratti costieri analizzati e soggetti ad allagamento, che nell'ambito del singolo corso d'acqua.

In sintesi, con l'accordo ARDIS e DICAAR si sono impegnati a collaborare per la realizzazione delle attività e le prestazioni di interesse comune finalizzate **alla predisposizione del Piano di gestione del rischio di alluvione** relativo al Distretto Idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (art. 7 e Allegato I del D.L. 23 febbraio 2010 n. 49 e art. 7 della Direttiva 2007/60/CE). Pertanto, per le zone a pericolosità di esondazione a seguito di alluvione, così come definite negli studi già realizzati, l'accordo tra ARDIS e DICAAR prevede 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.

Le attività previste dall'Accordo rappresentano la **fase successiva (3° fase)** all'attività di pianificazione già svolta dall'Agenzia di Distretto Idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, che ha portato alla definizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni contenute nel Piano di Assetto idrogeologico (PAI) e nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF). Pertanto, in questa terza fase gli elementi conoscitivi e modellistici contenuti in **PAI e PSFF si intendono acquisiti come definitivi** per le valutazioni di caratterizzazione idrologica e per la definizione dei vincoli sul territorio derivanti dall'assetto di pericolosità allo stato attuale e non sono oggetto di ulteriori indagini se non, eventualmente, limitatamente alla variazione nella possibilità di laminazione delle onde di piena negli invasi, come sarà meglio definito nel seguito, ovvero per aggiornamenti specificatamente indicati da ARDIS e riscontrabili direttamente nelle modellazioni idrauliche già predisposte.

Dal punto di vista metodologico, al fine di tarare la metodologia di analisi, ARDIS e DICAAR hanno concordato di procedere prioritariamente all'analisi del **bacino idrografico pilota della bassa valle del fiume Coghinas** ricadente nel Sub-Bacino 3. Pertanto, nella presente relazione monografica del bacino del



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Rio Mannu di Fluminimaggiore si utilizzeranno procedure e metodologie di analisi che sono più estesamente illustrate nella Relazione metodologica già sviluppata e consegnata per il bacino pilota del fiume Coghinas.

Ai fini operativi, come sarà meglio precisato nel seguito, si è concordato di realizzare una **prima fase di modellazione** replicando il funzionamento del modello HER-RAS di simulazione idraulica utilizzato in PSFF e considerando la base dati disponibile in tale studio. In tal modo è possibile verificare la congruità tra i risultati e le mappature date nel PSFF e quelli ottenuti con i modelli utilizzati dal DICAAR nella stessa situazione. In particolare è esaminata in questa fase di verifica l'estensione delle aree di pericolosità idraulica ai diversi tempi di ritorno.

Nelle fasi successive di modellazione idraulica, finalizzata alla pianificazione degli interventi di mitigazione del rischio di alluvione, **si utilizzerà comunque di regola HEC-RAS**. Ovviamente, in tali fasi successive saranno introdotti nel modello tutti quegli elementi conoscitivi, in particolare il modello digitale del terreno, che consentono una maggiore aderenza e dettaglio nella mappatura delle aree di esondazione e nelle valutazioni tecnico economiche. In specifico, la modellazione idraulica dovrà essere in grado di definire i battenti idrici nelle aree soggette ad alluvione per ottenere un'adeguata valutazione del danno atteso.

Si ricorda che in convenzione è previsto che nei tronchi idrici esaminati saranno individuati e studiati, a livello di fattibilità, gli interventi di sistemazione idraulica che si rendono necessari realizzare ex novo, ovvero gli interventi necessari per adeguare e integrare le opere di difesa esistenti, di modo da riportare nel territorio limitrofo al corso d'acqua le condizioni di pericolosità a livello compatibile con il corretto sviluppo del territorio.

Il presente studio è propedeutico alla realizzazione finale del Piano ed è previsto che gli interventi siano esaminati a livello di **progetto di fattibilità** delle opere, per ognuno dei tronchi critici analizzati. Dovrà pertanto essere prodotta la descrizione degli interventi di cui si prevede la realizzazione, oneri conseguenti e eventuali soluzioni alternative esaminate considerando differenti **Scenari di intervento** che siano funzionalmente efficienti e possibilmente inseriti in un contesto di eventuale realizzazione anche per step funzionali successivi, ma che comunque mantengano, esaminati singolarmente, adeguata efficienza tecnica nel mitigare la pericolosità da eventi di piena.

Con riferimento ai contenuti della relazione monografica, di seguito si darà una descrizione sintetica dell'idrografia e principali caratteristiche del bacino del Rio Mannu di Fluminimaggiore, principali criticità con elementi di documentazione delle criticità riscontrate storicamente e nella modellazione idraulica, scenari di intervento previsti e loro giustificazione tecnico-economica.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

2 Descrizione sintetica del sistema idrografico: Rio Mannu di Fluminimaggiore

Il bacino del Rio Mannu è quasi interamente contenuto nel territorio amministrativo di Fluminimaggiore, e risulta confinato da Punta Su de su Coloru (656.65 m) al limite tra Iglesias, Buggerru e Fluminimaggiore, dal Monte Gennargentu (651.70 m) e dal Monte Argentu (501.54 m) sul lato ovest, mentre sul lato est il suo confine è individuato da Punta Genna Aragosta (777.13 m), Punta De Baueddu (895.80 m), Punta Nebidedda (829.90 m) e Punta Casa Massaius (639.55 m).

La rete idrografica è costituita dall'asta principale del Rio Mannu che costeggia la SS 126 Sud Occidentale Sarda, e che dal km 59 verso monte prende il nome di Rio Antas. Esso riceve in destra le acque del Rio Is Arrus a monte dell'abitato di Fluminimaggiore, e quelle del Rio Bau Porcos che attraversa il centro abitato.

A valle del ponte sulla SS 126 esso si sviluppa poi in sinistra idraulica rispetto al paese, per poi sviluppare in direzione est-ovest verso la foce in Comune di Buggerru.

L'alveo si presenta più incassato nel tratto a monte e interno all'abitato di Fluminimaggiore, con pendenza dell'asta pari a 1.5%, e tende ad allargarsi nel tratto vallivo, con pendenze più moderate e pressoché costanti.

Il Rio Bau Porcos ha un bacino di circa 18 kmq con sezione di chiusura individuata immediatamente a monte della confluenza con il Rio Mannu: l'asta principale ha una lunghezza di circa 8 km, e si sviluppa in direzione est-ovest immettendosi nel Rio Mannu in corrispondenza della parte sud dell'abitato di Fluminimaggiore. Sul suo corso sono presenti due attraversamenti, uno su Via Emilio Lussu e l'altro su Via Vittorio Emanuele: l'alveo risulta molto incassato nei primi 5 km, mentre si allarga negli ultimi 2 km.

Infine, il bacino del Rio Is Arrais ha un'estensione di 26 kmq con sezione di chiusura a monte dell'immissione sul Rio Mannu: l'alveo è confinato per gran parte della lunghezza ed una struttura meandriforme.

Si rimanda alla ampia documentazione contenuta nelle relazione del PSFF per una più dettagliata descrizione del sistema idrografico. Di seguito si focalizzerà l'attenzione sulla descrizione delle opere di protezione idraulica dalle piene realizzate, in fase di realizzazione e ipotizzate negli scenari di intervento.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

3 Sintesi delle opere di difesa idraulica nel tratto del Rio Mannu a monte e interno all'abitato di Fluminimaggiore

Di seguito si consegna una descrizione delle opere esistenti nel tratto del Rio Mannu interno all'abitato. Si precisa che parte delle informazioni e indicazioni riportate di seguito sono tratte dalle monografie del PSFF.

Il censimento delle opere idrauliche lungo i circa 12 km dell'asta del riu Mannu di Fluminimaggiore ha permesso di individuare 2 opere puntuali e 41 opere lineari: 17 difese longitudinali, 16 briglie/soglie, 5 argini, 2 traverse e 1 muro arginale.

La concentrazione maggiore delle opere censite si ha nel tratto in corrispondenza dell'attraversamento del centro abitato di Fluminimaggiore: qui si alternano opere di protezione delle sponde da fenomeni erosivi e di contenimento dei livelli idrici (difese longitudinali in muratura, in gabbioni e in massi e muro arginale), con opere di controllo del trasporto di fondo (briglie e/o soglie). Tali opere non sembrano però garantire una buona efficacia contro gli effetti provocati da fenomeni alluvionali intensi in quanto, realizzate in tempi e modi diversi, sono disomogenee, discontinue e localmente dissestate.

Tra le difese longitudinali censite, numerose hanno la funzione di protezione dei rilevati stradali della statale SS 126 e della provinciale SP 83 da fenomeni erosivi: prima l'una e poi l'altra strada, infatti, percorrono la vallata affiancando alveo e aree golenali del riu Mannu. Tali opere, prevalentemente in massi di cava intasati, sono state realizzate a difesa del rilevato stradale: in particolar modo a monte di Fluminimaggiore, dove la valle è incisa e stretta, il rilevato stradale ha fondazioni in alveo ed è esposto direttamente all'azione della corrente nel corso degli eventi alluvionali più intensi.

A valle della confluenza col rio Bega l'alveo appare, a tratti, regimato: la sezione di deflusso è stata risagomata ed allargata e il profilo di fondo controllato con briglie. La discontinuità e la disomogeneità degli interventi riducono l'efficacia idraulica delle opere realizzate: in particolar modo le difese longitudinali, in massi di cava sciolti, appaiono già fortemente dissestate.

Anche gli argini censiti, realizzati a difesa di aree agricole recuperate all'alveo di piena, appaiono generalmente dissestati, spesso erosi al piede e ricoperti da una rigogliosa vegetazione arbustiva.

Le uniche due traverse esistenti hanno scopo irriguo e sono entrambe in calcestruzzo e senza paratoie mobili: la prima, circa 800 m a monte di Fluminimaggiore, determina un piccolo bacino idrico, mentre la seconda, ubicata nei pressi dell'azienda Petromili, adduce acqua ad un canale di derivazione in destra.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

4 Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF

Come richiamato nella relazione metodologica a corredo dell'analisi del bacino Pilota del fiume Coghinas, nello sviluppo delle attività a supporto della predisposizione del Piano di Gestione del rischio di Alluvioni si è operata una **prima fase di modellazione** replicando nel presente studio il funzionamento del modello Hec-RAS utilizzato in PSFF, considerando pertanto la base dati disponibile in tale studio. In tal modo è possibile verificare la congruità tra i risultati PSFF e quelli ottenuti con i modelli utilizzati dal DICAAR nella stessa situazione. In particolare si è esaminata e riscontrata, in questa fase, l'estensione delle aree di pericolosità idraulica ai diversi tempi di ritorno particolarmente al fine di quantificare l'entità dei danni attesi.

Lo studio idraulico ha analizzato il comportamento del tronco fluviale constatando come le opere di difesa idraulica presenti lungo l'alveo siano in grado di contenere generalmente le portate associate ai tempi di ritorno minori. Per ottenere questo risultato, nel modello idraulico realizzato con HecRAS è stata utilizzata l'opzione *levee* (argine) sulle medesime opere, la quale consente di modellare la presenza di un'opera di contenimento della corrente idrica.

In generale, come effetto di tale opzione (cui è sempre associata una quota topografica) si ha che:

- se la corrente idrica non supera la quota indicata, la sezione idraulica considerata nella simulazione sarà quella delimitata dall'opera di difesa e dalle sponde naturali;
- nel caso in cui le quote idriche calcolate fossero maggiori della quota di levee, il calcolo idraulico considera come sezione attiva quella delle sole sponde naturali, ignorando la presenza dell'azione di contenimento dell'opera di difesa anche se morfologicamente presente. Questa condizione evidenzia, come risultato, l'esondazione nella sponda sovrastata dalla corrente idrica, prescindendo dal contenimento della corrente per opere insufficienti.

Relativamente alla prima ipotesi sopra indicata (situazioni di non superamento delle quota arginali) il modello idraulico del PSFF è stato denominato "ad argini non sormontabili". Esso è ottenuto considerando l'opzione *levee* nel senso sopra esposto, specificando come quota topografica non quella propria dell'arginatura fisicamente esistente ma una quota fittizia, molto più elevata, in grado di poter contenere il profilo di corrente corrispondente all'evento simulato e di poter determinare, in una prospettiva di progetto, quale sia la ipotetica quota arginale di contenimento della corrente stessa.

Relativamente alla seconda ipotesi come sopra indicata (superamento delle quote arginali), il modello del PSFF è stato denominato "ad argini sormontabili", ottenuto senza considerare l'opzione *levee* anzidetta e quindi ipotizzando l'assenza della funzione di ritenuta delle arginature in terra esistenti. Questa configurazione modellistica è stata utilizzata per delimitare le aree esondabili.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Sostanzialmente, il PSFF individua come cause dei fenomeni di allagamento del bacino del Rio Mannu l'inadeguatezza della sezione d'alveo e le insufficienze dimensionali delle luci degli attraversamenti fluviali.

Secondo quanto definito all'interno della relazione monografica allegata al PSFF, il Rio Mannu è stato studiato analizzando il tratto compreso tra la confluenza del Rio Is Arrus e la foce.

Gli affluenti principali del fiume sono stati analizzati mediante considerazione di carattere geomorfologiche.

Di seguito si richiamano le considerazioni svolte all'interno del progetto di Piano Stralcio delle fasce Fluviali in merito alle caratteristiche della modellazione effettuata all'interno dello studio.

L'analisi idraulica ha preso in considerazione il tratto di fiume compreso tra la confluenza del Rio Is Arrus e la foce, per una lunghezza di circa 12 km.

Sul tratto indicato sono state condotte le simulazioni idrauliche propedeutiche alla delimitazione della fasce fluviali, con riferimento alle portate con tempo di ritorno di 2, 50, 100, 200 e 500 anni determinate attraverso l'analisi idrologica.

Le caratteristiche geomorfologiche del riu Mannu di Fluminimaggiore possono essere così sintetizzate: il riu Mannu presenta due tratti ben distinti, posti rispettivamente a monte e a valle del centro abitato di Fluminimaggiore: nel tratto di monte l'alveo si sviluppa vincolato in un fondovalle stretto, inciso tra ripidi versanti rocciosi, con pendenze di fondo elevate e palesa un comportamento tipicamente torrentizio; a valle della confluenza del riu Bau Porcus (abitato di Fluminimaggiore), l'ambito fluviale si amplia, la pendenza diminuisce, i depositi di materiale si fanno via via più fini, tuttavia l'alveo si mantiene morfologicamente stabile anche se una serie di interventi di regimazione testimoniano la crescente pressione antropica lungo le sponde (centri abitati e reti stradali).

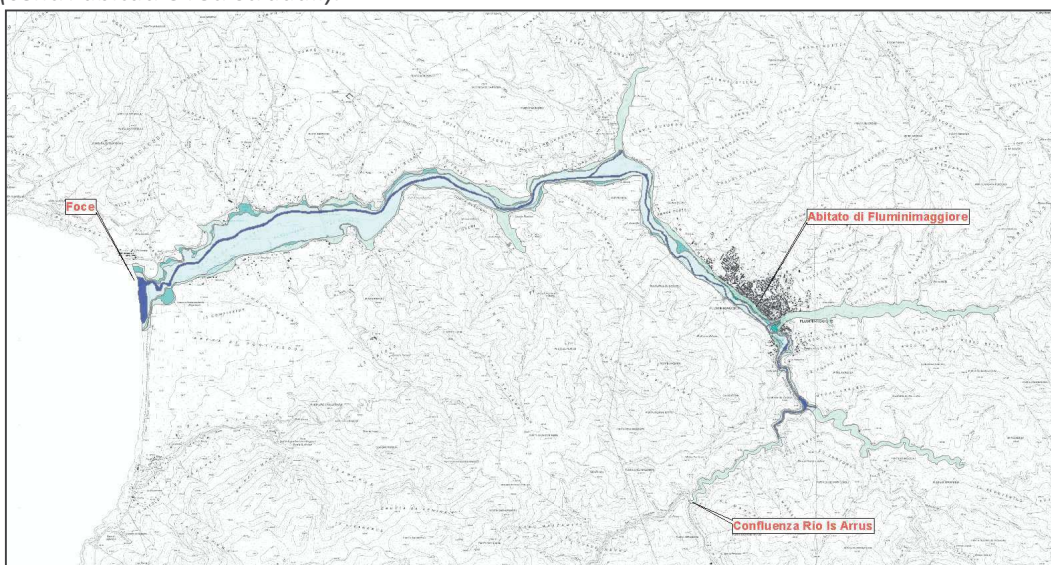


Figura 4-1 Tratto indagato nella modellazione idraulica dal PSFF



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

L'assetto idraulico attuale del corso d'acqua è caratterizzato da una serie di interventi di regimazione eseguiti in corrispondenza del centro di Fluminimaggiore, in prossimità di attraversamenti e vie di comunicazione e nel tratto focivo, dove le opere idrauliche realizzate sono funzionali alla bonifica della piana che precede lo sbocco in mare.

Le opere longitudinali esistenti sono finalizzate al controllo dell'instabilità planimetrica mentre alcune traverse e diverse briglie, oltre a stabilizzare il profilo di fondo, permettono l'utilizzo della risorsa idrica per fini irrigui.

Il corso d'acqua attraversa l'abitato di Fluminimaggiore, situato circa 9 km a monte della foce; in tale tratto sono presenti 3 attraversamenti ed alcune difese spondali che non hanno funzione di contenimento dei livelli di piena.

Nel tratto a monte di Fluminimaggiore l'alveo si presenta più inciso e meno largo rispetto al tratto terminale, con pendenze dell'ordine dell' 1.5%. A valle dell'abitato il corso d'acqua presenta invece una pendenza pressoché costante, pari allo 0,6%. L'alveo inciso ha una larghezza media di circa 30 m ed un'altezza tra il fondo alveo e le sponde generalmente compresa tra 3 e 5 m.

L'alveo principale ed i piani golenali sono caratterizzati dalla forte presenza di vegetazione, prevalentemente arbustiva, che costituisce un ostacolo al deflusso della corrente in piena. Le scabrezze assunte per la simulazione idraulica sono piuttosto elevate, in particolare nella porzione di sezione maggiormente vegetata corrispondente al settore spondale e perifluviale di pertinenza demaniale.

Anche i piani golenali presentano valori di scabrezza elevata, pur inferiore alle zone spondali, data la minore densità di vegetazione.

L'analisi idraulica ha evidenziato come il tratto in studio risulti generalmente adeguato al deflusso della portata con tempo di ritorno 2 anni, sempre contenuta nell'alveo inciso.

Eventi di piena più gravosi, a partire dal tempo di ritorno di 50 anni, risultano invece interessare sempre i piani golenali:

- a monte dell'abitato di Fluminimaggiore anche gli eventi di piena maggiormente gravosi sono contenuti in una fascia di pertinenza fluviale relativamente stretta, vincolata da ripidi versanti rocciosi;*
- nella parte centrale del tratto di studio la fascia interessata dal deflusso delle portate più elevate risulta crescere progressivamente, pur mantenendosi entro valori contenuti, mediamente pari a 100 m; in corrispondenza di Fluminimaggiore i livelli di piena, anche a causa dell'effetto di sovralzato indotto dai diversi ponti non adeguati, sono tali da coinvolgere le aree abitate sia in sponda sinistra più a monte che in sponda destra a valle, determinando quindi un elevato grado di criticità per l'area;*
- la fascia si allarga progressivamente procedendo verso la foce, dove è presente, nel tratto compreso tra il ponte su Amadori e l'attraversamento della S.P. su Buggerru, un'arginatura in terra, non adeguata al contenimento dei livelli di piena. Tale arginatura presenta un'altezza variabile compresa tra 1 e 4 m, generalmente più elevata in sponda sinistra, date le quote inferiori del piano campagna; l'opera potrebbe essere meglio classificata come rialzo spondale piuttosto che arginatura vera e propria, dato lo sviluppo fortemente irregolare della stessa e la modesta larghezza dell'alveo compreso tra le due sponde, anche inferiore a 10 m, inadeguato al deflusso delle portate di riferimento. In corrispondenza di tale tratto si registra quindi il sormonto degli argini presenti ed il conseguente allagamento delle aree golenali*



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

retrostanti, in questo tratto più ampie data la prossimità della foce. Tali aree presentano tiranti sul piano campagna molto elevati, anche superiori a 4 m per l'evento duecentennale nelle porzioni di territorio maggiormente depresse, in particolare in sponda sinistra.

I profili idraulici risultanti dalle simulazioni sono condizionati, oltre che dalla particolare distribuzione delle scabrezze sopra richiamata, dagli effetti di rigurgito degli attraversamenti, che risultano sempre non adeguati già al deflusso della portata cinquantennale.

Tra questi risultano particolarmente critici il ponte della strada Buggerru - Portixeddu (sez ML 015), che determina un significativo innalzamento dei livelli a monte, con l'interessamento di un'ampia porzione di territorio in sponda destra e l'allagamento della stessa sede stradale, con livelli idrici sul con livelli idrici sul piano campagna anche superiori a 3 m, ed il ponte della SS 126, a monte del centro di Fluminimaggiore.

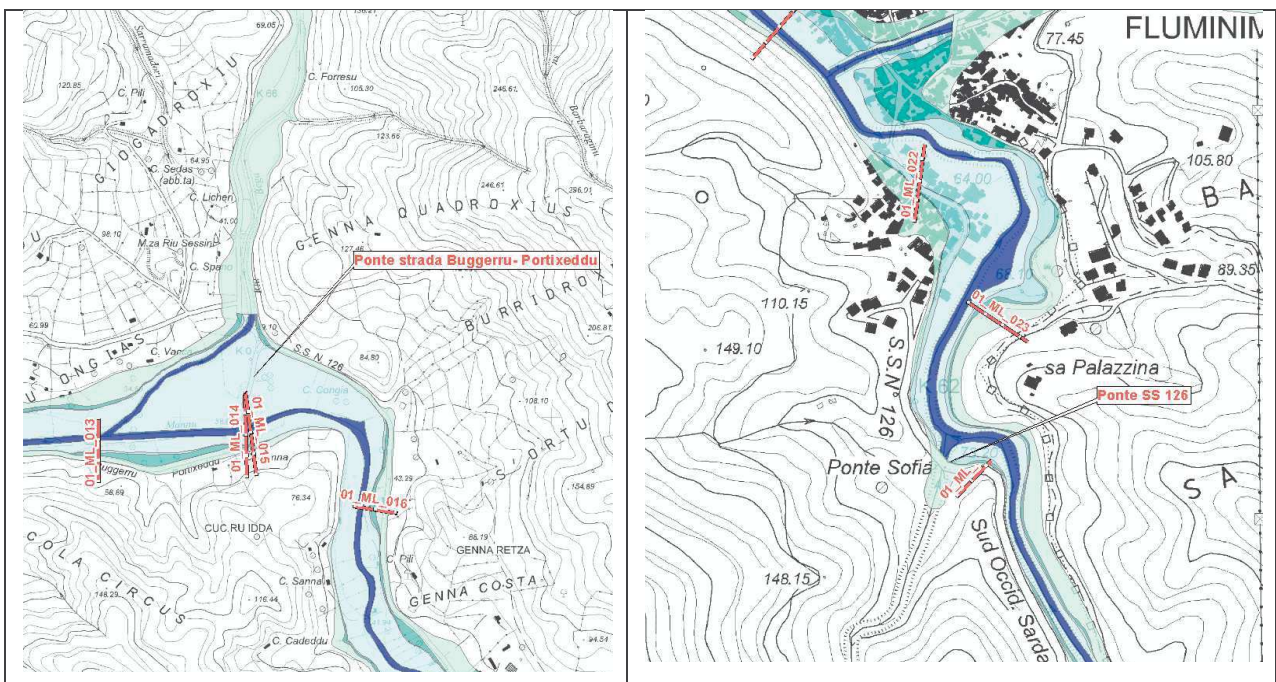


Figura 4-2 Criticità individuate dal PSFF

4.1 DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI

Nel seguito, per tratti omogenei, viene fornita una breve descrizione delle caratteristiche principali delle fasce fluviali individuate.

Tratto tra località Laveria e l'abitato di Fluminimaggiore (sez. ML 027 – ML 023)

Le fasce definite sono sempre delimitate, in destra, dalle scarpate nette dei rilievi rocciosi, che caratterizzano tutto il tratto, e dal rilevato della SS 126 in sinistra; per eventi estremi (TR 200 e 500) il corso d'acqua tende ad inondare l'intero fondovalle (ampiezza massima fascia C pari a 50 - 70 m) senza coinvolgere abitati.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Tratto in corrispondenza dell'abitato di Fluminimaggiore (sez. ML 023 – ML 018)

In corrispondenza del centro urbano, il corso d'acqua, ricevute le acque del suo affluente di destra riu Bau Porcus, si sviluppa compreso tra il ripido versante roccioso in sinistra e il sistema difensivo, discontinuo e disomogeneo, a protezione dell'abitato; in occasione di eventi estremi, la fascia d'esonazione coinvolge buona parte degli insediamenti compresi tra l'alveo e la SS 126. I tre attraversamenti esistenti, inadeguati già al transito dell'evento cinquantennale, favoriscono l'inondazione delle aree circostanti; in particolare il ponte della SS 126 (sez. ML 022) acuisce la criticità dell'area in confluenza tra i due rii, che per l'evento TR 200 è inondata con tiranti dell'ordine di 0,5 m.

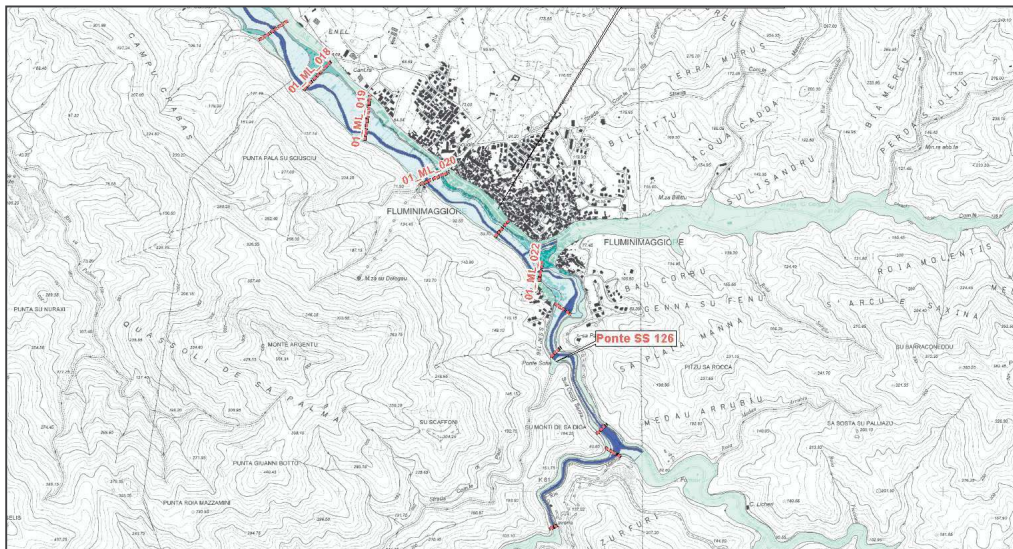


Figura 4-3 Aree individuate dal PSFF in corrispondenza dell'abitato

Tratto tra Fluminimaggiore e Ponte Su Amadori (sez. ML 018 – ML 006)

In questo tratto, l'ambito fluviale si amplia progressivamente verso valle ma rimane compreso tra il versante, in sinistra, e la SS 126, in destra fino alla confluenza del riu Bega, e, successivamente, tra le due strade che percorrono la valle, l'una diretta a Portixeddu (in destra), l'altra a Buggerru.

La fascia d'esonazione si mantiene, in occasione di un evento duecentennale, prossima a 150 – 200 m e non coinvolge né abitati né infrastrutture. Le principali criticità sono connesse con le due opere di attraversamento presenti (sez ML 017 e sez ML 015) nel tratto, inadeguate al transito di eventi di piena con tempo di ritorno pari o superiore a 50 anni; in particolare l'ostacolo ai deflussi di piena dovuto al ponte della strada per Buggerru (sez ML 015) favorisce l'esonazione in sponda destra, dove possono essere coinvolti alcuni insediamenti isolati e il rilevato stesso della strada, prima del raccordo alla SS 126.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

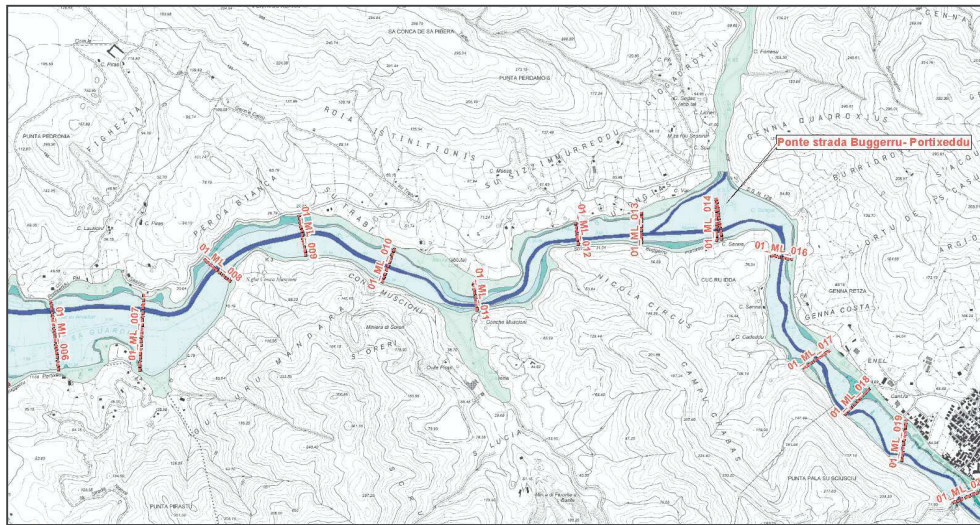


Figura 4-4 Aree individuate dal PSFF tra Fluminimaggiore e il ponte Su Amadori

Tratto tra ponte su Amadori e foce (sez. ML 006 – ML 001)

A valle del ponte citato, il corso d'acqua entra nel tratto focivo, dove l'assetto idraulico è caratterizzato dagli interventi di regimazione eseguiti per evitare la divagazione dell'alveo; l'alveo è arginato lungo entrambe le sponde anche se, in destra, il rilevato non è continuo e talvolta, nel suo sviluppo longitudinale, si raccorda direttamente al terrazzo fluviale.

Il ponte su Amadori, adeguato rispetto al franco idraulico anche per eventi estremi, può essere aggirato da monte, in sinistra, dove il rilevato d'accesso si raccorda alla zona golenale, depressa rispetto ai livelli di massima piena.

In questo tratto la fascia d'ondazione per eventi estremi si mantiene compresa tra 400 e 600 m, coinvolgendo tuttavia solo qualche isolata abitazione e alcune strade minori; i tiranti idrici sul piano golenale possono raggiungere i 3 m.

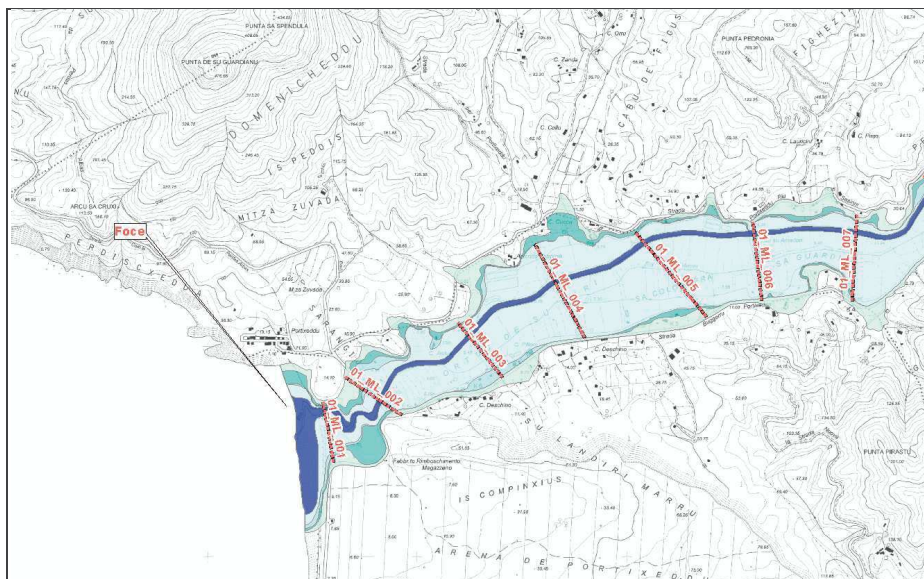


Figura 4-5 Aree individuate dal PSFF nel tratto focivo



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

4.2 QUADRO DELLE PRINCIPALI CRITICITÀ

La principale criticità che caratterizza l'attuale assetto del Rio Mannu riguarda l'insufficienza idraulica dell'alveo presso l'abitato di Fluminimaggiore in sponda destra, mentre per il suo affluente in destra Rio Bau essa è relativa sia alla sponda destra che a quella sinistra.

In particolare, nel tratto indagato del Rio Mannu la conformazione dell'alveo non è in grado di garantire il contenimento dei livelli di piena già a partire dagli eventi con $T = 50$ anni: fortunatamente, solo una piccola parte dell'abitato di Fluminimaggiore, edificato nelle aree golenali del rio, è interessato dagli allagamenti.

Inoltre, sia nel caso del Rio Bau Porcos che in quello del Rio Mannu, sono presenti diversi attraversamenti che costituiscono un vero e proprio ostacolo al deflusso della corrente, con conseguenti fenomeni di rigurgito a monte degli stessi a danno delle abitazioni limitrofe.

Lungo il loro sviluppo sono presenti dei muretti stradali che non hanno alcuna carattere di difesa idraulica, ma costituiscono dei semplici manufatti a servizio dell'infrastruttura stradale adiacente, comportando la necessità di intervenire con opere più funzionali.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

5 Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale e confronto con le mappature del PSFF

5.1 PREMESSA

La modellazione idraulica effettuata nell'ambito del presente studio ha potuto fruire, come peraltro la versione finale del PSFF, dell'informazione desunta dal DTM a maglia 1.0 m.

Nella nuova modellazione, si è ritenuto necessario rispondere ad alcune esigenze operative legate essenzialmente allo sviluppo metodologico dell'analisi costi-benefici che sarà utilizzata per dare giustificazione degli interventi proposti. Il presente studio si propone, pertanto, di **valutare il danno di piena prendendo in considerazione le effettive quote idriche di allagamento riscontrabili ai diversi tempi di ritorno degli eventi attesi in relazione a diversi scenari d'intervento.**

Il nuovo modello unidimensionale del corso d'acqua ha considerato il medesimo tronco fluviale analizzato dal PSFF, mantenendo qualitativamente gli stessi valori dei coefficienti di scabrezza, e le stesse condizioni al contorno assunte nel Piano, ovvero si è assunta l'altezza critica nella sezione di monte e la quota di 1.80 m slm come quota di restituzione a mare.

Coerentemente con quanto indicato nel PSFF, è stata conservata anche la geometria delle strutture trasversali di attraversamento, in quanto dichiaratamente originata da un accurato rilievo locale. Infine, si è tenuto conto di tutte le opere esistenti e già collaudate alla data attuale.

Complessivamente il modello geometrico assunto si sviluppa per 12 km compresi tra la confluenza del Rio Is Arrus e la foce, mentre il presente studio ha modellato il tratto tra il ponte Sofia e la località Genna Costa, poco a valle del centro abitato di Fluminimaggiore; la scelta è legata alla sostanziale inesistenza di elementi a rischio rilevanti tra le due dighe. La differenza fra i due modelli idraulici, nei tratti comuni pertanto, è sostanzialmente concentrata nella numerosità e dettaglio delle sezioni trasversali utilizzate: nel PSFF sono state utilizzate 8 sezioni principali piane normali all'asse del fiume; nel presente studio sono state adoperate 235 sezioni. L'analisi idraulica è stata ugualmente eseguita per eventi con i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni come nel PSFF.

Riguardo alla conformazione dell'alveo, il modello aggiornato ne ha valutato il contenimento della corrente di piena purché la quota del pelo libero non superi quella corrispondente al franco di 20 cm rispetto al ciglio dell'alveo. Nel caso in cui il franco idraulico si dovesse ridurre rispetto al limite indicato, il ciglio verrà considerato sormontato (opzione *levee* non applicata).

Per quanto attiene i valori di portata, sono stati utilizzati i valori del PSFF, così come di seguito riportati (in m³/s):

River	Reach	RS	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
Fluminimaggiore	MonteConfluenza	2993.2	129	157	184
Fluminimaggiore	MonteConfluenza	2757.6	172	209	246



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

River	Reach	RS	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
Fluminimaggiore	ValleConfluenza	2037.0	185	225	264
Fluminimaggiore	ValleConfluenza	1444.9	185	225	264

Sul Bau Porcos sono invece state adottate le portate utilizzate nell'ambito di un piano generale di riordino e difesa idraulica dell'abitato di Fluminimaggiore

River	Reach	RS	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
RioBauPorcos	RioBauPorcos	1566.2	106	118	131

Non sono emerse significative differenze tra le aree di esondazione conseguenti alla modellazione effettuata nell'ambito del PSFF e nel presente studio; le differenze più rilevanti sono emerse in corrispondenza del tratto a monte del ponte sulla SS 126, in sponda sinistra, e in gran parte della sponda destra a valle di esso. Le rappresentazioni grafiche date nelle Figure seguenti mettono a confronto la planimetria relativa alle sezioni considerate modello idraulico prodotto in ambito PSFF e quello generato nell'ambito del presente studio.

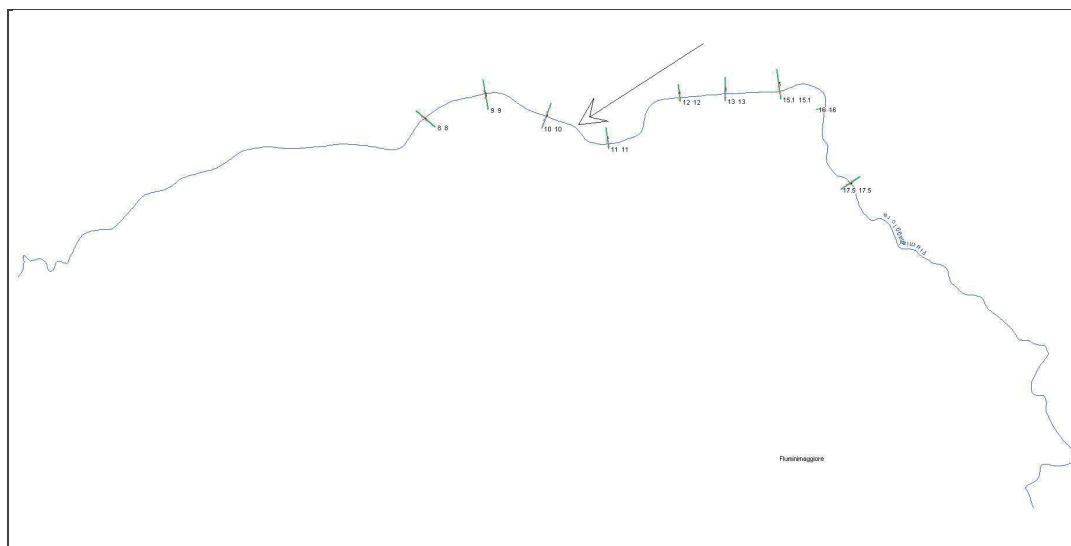


Figura 5-1 Sezioni trasversali adoperate nel PSFF



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

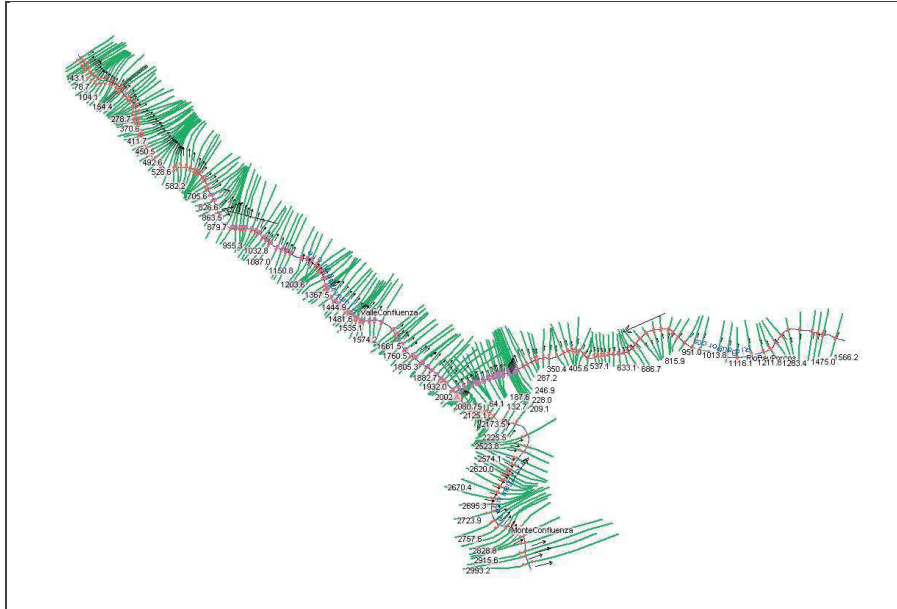


Figura 5-2 Sezioni trasversali adoperate nel presente studio

Come richiamato in precedenza, le variazioni di mappatura non sono risultati particolarmente rilevanti, e sono legate essenzialmente ad una maggiore intensificazione delle sezioni e ad una loro maggiore estensione.

Le figure di seguito, riportano in rosso i limiti delle mappe di pericolosità del PSFF, e in colore pieno quelle relative al presente studio entrambe per $Tr=50$ anni; come si evince le differenze più significative hanno riguardato le seguenti zone:

1) Tratto a monte del 4° ponte sul Rio Mannu, Figura 5-3.

- Come evidenziato nella figura, risulta una differenza sostanziale della mappatura in corrispondenza del tratto a monte del ponte sulla SS 126: in particolare, gran parte degli edifici presenti tra la statale e l'alveo, che nel PSFF risultavano interne alle aree di pericolosità idraulica $Hi4$, risultano invece franche dall'allagamento derivante dalla modellazione del presente studio.
- L'altro punto da analizzare riguarda la piazza ubicata di fronte al municipio, che non viene interessata dall'esonazione in destra idraulica del Rio Mannu, a differenza di quanto indicato dal PSFF, che invece includeva la stessa nelle aree di allagamento con tempo di ritorno 50 anni. Per la restante parte del tratto analizzato non si riscontrano sostanziali variazioni di mappatura.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

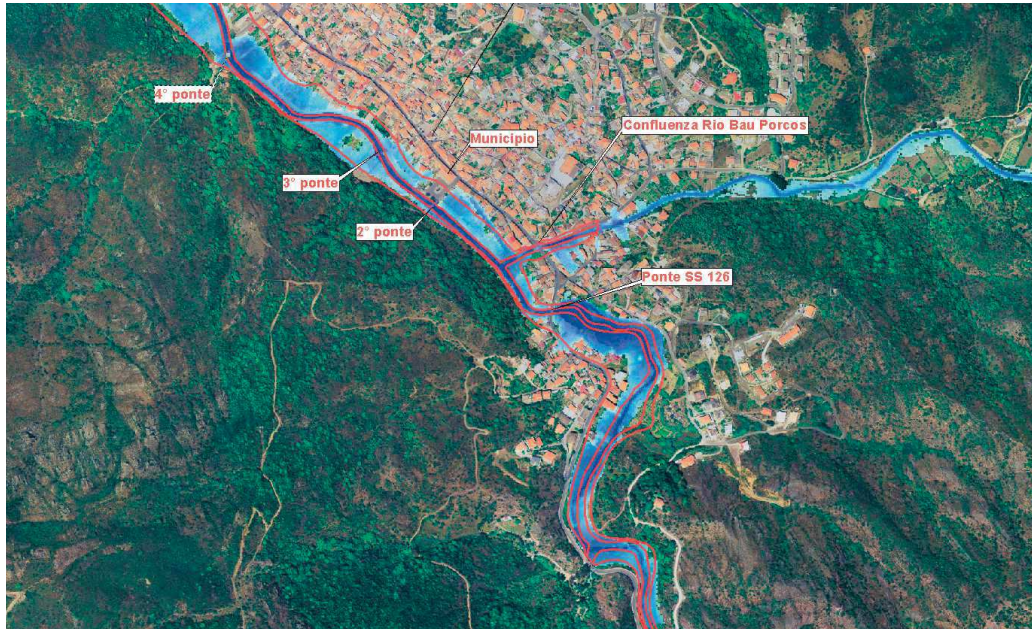


Figura 5-3 Confronto delle aree allagate per $Tr=50$ anni nel tratto a monte del 4° sul Rio Mannu (in rosso il PSFF)

2) Tratto a valle del 4° ponte;

Le differenze hanno riguardato essenzialmente:

- In sponda destra alcune leggere differenze legate al maggior infittimento delle sezioni ha determinato una maggiore e migliore lettura dell'orografia del terreno;
- un'area in sponda sinistra in prossimità della località Genna Costa.

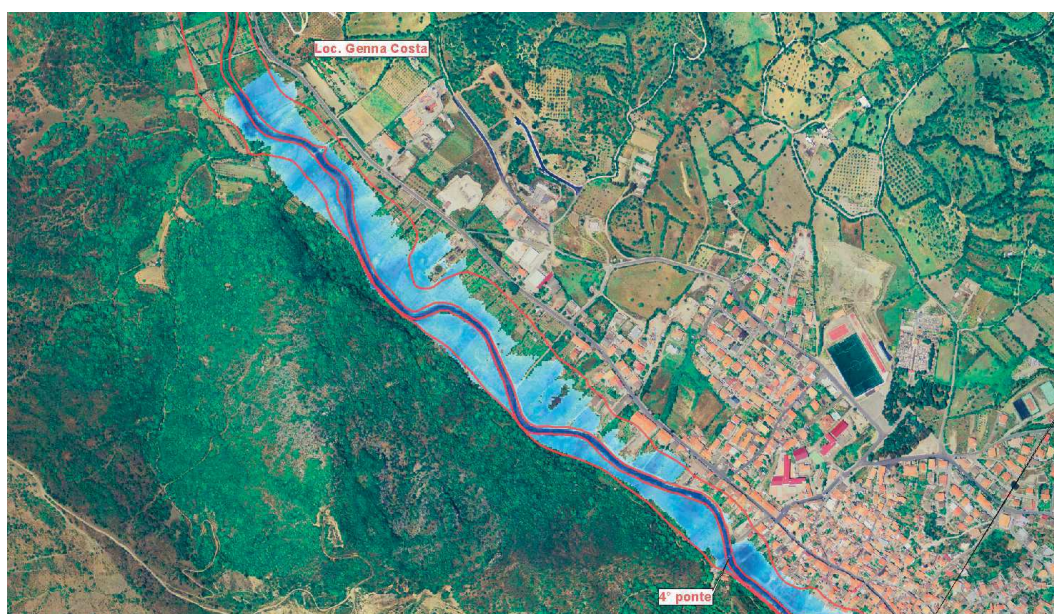


Figura 5-4 Confronto delle aree di allagamento per $Tr=50$ anni tratto a valle del 4° ponte sul Rio Mannu (in rosso il PSFF)



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Per rappresentare adeguatamente lo stato attuale, i dati topografici sono stati integrati con i dati geometrici dei manufatti presenti in PSFF.

Di seguito si forniscono ulteriori dettagli sui risultati ottenuti con la modellazione idraulica nella situazione attuale, fornendo alcuni confronti tra le criticità evidenziate dal modello ed i riscontri storicamente disponibili, documentati in occasione di recenti eventi di piena.

5.2 CRITICITÀ SPECIFICHE ATTUALI

Nel presente studio non viene contemplata l'ipotesi del collasso di opere di difesa in quanto le uniche presenti lungo il tratto indagato sono delle semplici opere a servizio delle strade adiacenti che, come già detto, non presentano alcun carattere di difesa idraulica.

La valutazione delle criticità verrà quindi effettuata in condizioni di opere esistenti, verificando la condizione che induce al superamento del ciglio dell'alveo corrispondente a un franco minimo di ampiezza minore o uguale a 20 cm¹.

La portata di piena Q_{amm} corrispondente a tale valore limite è stata valutata mediante l'analisi idraulica del tronco fluviale del Rio Mannu e del Rio Bau Porcos, ripetuta sistematicamente per valori differenti e per intervalli costanti, individuando di volta in volta le sezioni che presentano il franco idraulico minore.

I risultati dell'indagine consentono di stimare le portate massime convogliabili considerando il tratto del Rio Bau Porcos e quello del Rio Mannu a valle della confluenza con esso. Nelle tabelle che seguono sono indicati i tempi di ritorno relativi alle portate massime convogliabili nell'alveo in situazione attuale. Sono indicate sia le portate che determinano il franco idraulico di 20 cm che l'annullamento dello stesso nella sezione maggiormente critica, riportando per completezza il risultato della modellazione idraulica.

¹Tale scelta è in linea con l'orientamento di altre Autorità di Distretto idrografico (per. es. vedasi Distr. Idr. Alpi Orientali. *Predisposizione delle mappe di allagabilità e rischio* - Documento di sintesi - 2013 pag. 16)



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA


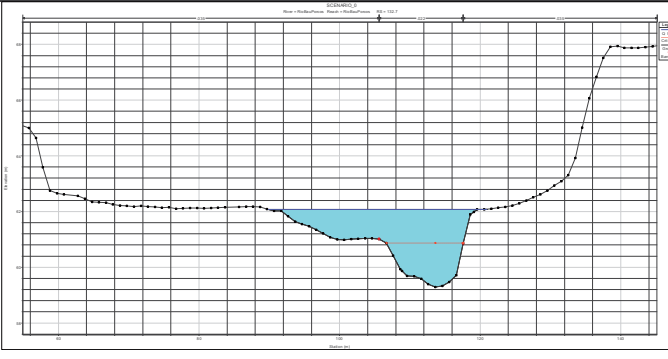
PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA


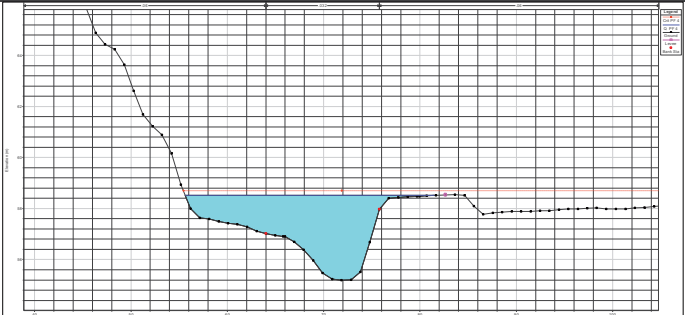
1° Tronco: Rio Bau Porcos:

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m ³ /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda sinistra)	132.7	35	< 2
franco annullato	132.7	40	< 2

2° Tronco: Rio Mannu a valle della confluenza con il Rio Bau Porcos:

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m ³ /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda destra)	1932	110	< 2
franco annullato	1932	140	< 10

5.3 VOLUME DI PIENA E AREE ESONDATE

Sulla base delle analisi idrauliche effettuate, sono stati calcolati i volumi idrici che determinano l'allagamento delle aree perimetrate: il valore è stato ottenuto sommando i valori del battente idrico calcolati come indicati nel dataset di allagamento (in formato GRID) per ciascuno dei tempi di ritorno di calcolo.

Tabella 5.1 - Volumi di allagamento allo stato attuale

Tr (anni)	W (m ³)
50	0.25 x 10 ⁶
100	0.31 x 10 ⁶
200	0.36 x 10 ⁶



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

6 Procedura operativa per il di calcolo del danno di piena nel Bacino del Rio Mannu di Fluminimaggiore

Si rimanda alla relazione metodologica predisposta per il bacino pilota del fiume Coghinas per una descrizione più puntuale della metodologia di calcolo del danno di piena. Di seguito si espongono aspetti principali ed i risultati ottenuti dalla applicazione della procedura per la determinazione del danno di piena nel bacino del Rio Mannu.

Il principio di base consiste nel partire da un'indicazione del valore del danno massimo associato ad un evento limite, e, successivamente, determinare il valore associato ad un danno corrispondente ad un evento di entità minore mediante l'inserimento di un coefficiente riduttivo; per evento di entità minore si intende un livello di sommersione, e quindi di battente idrico, inferiore a quello definito limite.

La procedura per la determinazione del danno massimo in un areale geografico ha come informazione di base il database DBEE degli elementi d'uso fornito dalla RAS; gli elementi d'uso del suolo presenti del database sono stati riclassificati in categorie di danno secondo 12 macro categorie.

Ad ogni categoria è associato un costo del danno massimo su una superficie di un metro quadrato ed è quello corrispondente ad una sommersione di sei metri (v. Tabella 6.1).

Tabella 6.1 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo

	DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL	COSTO (€/m ²)
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

Si precisa che per le elaborazioni per la definizione del DBEE si è fatto riferimento alla carta dell'uso del suolo della Regione, strutturato come database territoriale utilizzando i dati della carta tecnica regionale numerica (CTR) in scala 1:10'000, e altre informazioni sulla utilizzazione dei suoli. Queste provengono dall'ortofotocarta realizzata dall'AGEA, dalle ortofoto a colori del 2000, da immagini Landsat5 sia estive che invernali, dalla carta forestale realizzata dalla ex Stazione Sperimentale del Sughero, dall'Atlante dell'irrigazione delle regioni meridionali (INEA, 2001) e infine dai dati sulle aree percorse da incendi raccolti dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale. Nel database dell'uso del suolo sono state mantenute le precisioni geometriche degli elementi lineari relativi all'idrografia, alla viabilità e alle linee di costa, individuando le unità territoriali minime fino a 1.56 ettari per il territorio extraurbano e di 1 ettaro per le



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

aree urbane. I successivi aggiornamenti effettuati sulla base delle ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 200, hanno anche portato la risoluzione spaziale dell'unità cartografica a 0,5 ettari all'interno dell'area urbana e 0,75 ettari nell'area extra urbana.

E' già stato anche precisato come l'organizzazione delle informazioni territoriali contenute nel database dell'uso del suolo segue l'impostazione originaria del progetto Corine Land Cover, organizzata secondo una legenda articolata in tre livelli gerarchici via via modificati per tenere conto delle specificità della regione per giungere, con la legenda finale riportata nelle tabelle date precedentemente.

Un ulteriore strato informativo di base per la valutazione del danno è rappresentato dalla mappa batimetrica delle aree allagate relativa all'evento con assegnato tempo di ritorno, avente la medesima risoluzione spaziale del modello digitale di terreno (DTM) utilizzato per la costruzione del modello idraulico.

La cartografia dei battenti idrici è sviluppata per tutti i tempi di ritorno (50, 100, 200 anni) e per tutti gli scenari ipotizzati.

Per poter associare a ciascun elemento della mappa allagabile la destinazione d'uso propria della mappa degli elementi esposti del DBEE è necessario effettuare la sovrapposizione con lo strato informativo batimetrico per un assegnato tempo di ritorno. Il risultato è rappresentato da uno strato contenente la batimetria dell'allagamento, ad elementi quadrangolari ciascuno avente area minore o al più uguale a 9 m².

Di seguito viene consegnato il grafico a flussi della procedura utilizzata.

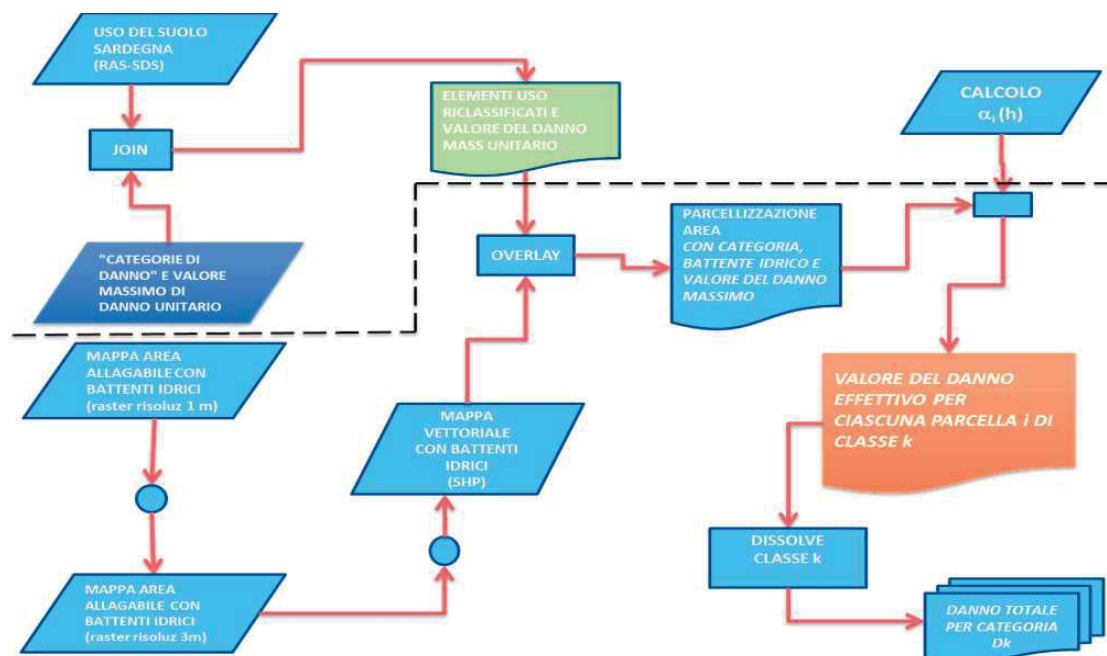


Figura 6-1 Procedura di calcolo ALFA per la determinazione del danno per ciascuna categoria di elemento esposto: diagramma di flusso

Mediante la procedura di intersezione (overlay) degli strati informativi è stato creato un tema che contiene per ciascun record presente oltre alla categoria di danno del bene stesso, anche il battente idrico che insiste sulla medesima parcella territoriale individuata nella batimetria.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

A ciascun record presente nello strato informativo degli elementi esposti corrisponde un coefficiente di parcellizzazione del valore del danno di piena, coefficiente $\alpha_k(h_i)$, il quale dipende dalla k -esima categoria di danno dell'elemento esposto e dal battente idrico presente nella i -esima parcella di territorio occupata dal bene stesso. Per la sua definizione si rimanda ai paragrafi precedenti.

La procedura sviluppata nello Studio determina quindi, preliminarmente, il valore del coefficiente di parzializzazione di piena $\alpha_k(h_i)$ in relazione alla categoria k di appartenenza dell'elemento del rischio secondo la classificazione in 12 classi come esplicitato nella tabella precedente. La determinazione del coefficiente di parzializzazione è affidata ad altrettante espressioni le quali esprimono con un'espressione polinomiale le curve di danno in funzione del battente idrico, come descritto nei paragrafi precedenti. Si osserva che per battenti idrici maggiori di 5 m il coefficiente alfa assume il valore unitario mentre battenti idrici inferiori a 1 cm si associano a un valore nullo dello stesso coefficiente. Si osservi inoltre che le categorie cui corrisponde un costo non-tangibile (aree protette di pregio ambientale, aree storiche e archeologiche, aree occupate da corpi idrici, altre aree con danni non tangibili) corrisponderà anche coefficiente di danno di piena nullo.

La **procedura di calcolo ALFA** esegue la stima del valore del coefficiente di parzializzazione di danno in funzione del battente idrico per ciascun record presente nello strato informativo: il valore del danno effettivo per ciascuna parcella i -esima occupata dall'elemento classificato in k è data dal prodotto dell'area allagata della parcella A_i per il valore del danno massimo unitario D_k moltiplicato ancora il valore del coefficiente di parzializzazione di danno $\alpha_j(h_i)$ in funzione del battente idrico.

Infine, attraverso una procedura informatica di aggregazione nelle varie classi delle categorie $k = 1, K$ di danno (*dissolving*) è quindi possibile calcolare il danno totale associato per ciascuna categoria. La procedura di determinazione del danno è rappresentata mediante il diagramma di flusso in Figura 6-1.

Una specifica considerazione va rimarcata per quanto concerne la valutazione del danno a seguito degli interventi: come più volte espresso, le opere sono state dimensionate per una portata di calcolo pari a 1025 m³/s², un valore di portata che si inserisce tra le portate cinquantenarie e centenarie stimate all'interno del P.S.F.F. Come conseguenza di questa valutazione, emerge che le opere mettono in sicurezza le aree violate dalle sole portate cinquantenarie, risultando del tutto ininfluenti per le rimanenti portate di calcolo.

Sulla base di quanto sopra, il danno residuo a seguito degli interventi rimarrà immutato rispetto allo stato attuale per le portate centenarie e duecentenarie, mentre, si avvertirà una riduzione del valore per la sola portata cinquantenaria.

² le considerazioni di dettaglio sono alla pagina successiva e sulla relazione specifica sulla regolazione della diga



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

7 Quadro generale degli interventi di mitigazione del danno

7.1 METODOLOGIA DI INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI

Come richiamato nelle premesse, tutti gli interventi delineati con la metodologia di seguito illustrata sono stati condivisi tra il DICAAR e l'ARDIS in quanto 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).

La procedura di individuazione degli interventi per la salvaguardia delle aree territoriali dotate di pericolosità idraulica ha tenuto conto della mappatura di pericolosità inizialmente contenuta nel PSFF la quale, come più volte rimarcato, rappresenta il punto di riferimento per le analisi svolte nel presente studio, anche riguardo alle simulazioni idrauliche effettuate sulla base della situazione attuale. Eventuali differenze riscontrate in termini di pericolosità di livello medio, elevato o molto elevato, nelle aree studiate rispetto a quanto rappresentato nel PSFF sono state analizzate e risolte sempre in vista della migliore tutela delle popolazioni e dei beni presenti nei territori interessati.

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, 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, 100, 200) 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.**



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

A seguito dell'individuazione della proposta di intervento e delle fasi realizzative in forma condivisa tra ARDIS e DICAAR, si può dar luogo all'avvio delle **procedure di valutazione ambientale strategica(VAS)** nelle sedi competenti al fine di accogliere i riscontri rilevati e attuare la previsione di eventuali interventi compensativi degli impatti accertati.

I risultati contenuti nelle elaborazioni saranno considerati preliminari al previsto studio di compatibilità idraulica o in alternativa equivalenti ad esso come previsto all'Art.24 delle Norme di Attuazione.

Inoltre, lo studio potrà essere considerato come documento preliminare alla progettazione ai sensi dell'inserimento dell'opera nel programma delle opere pubbliche in vista di una fase successiva nella quale saranno sviluppati i vari livelli progettuali.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

7.2 DEFINIZIONE TIPOLOGICA DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

In considerazione della situazione specifica del territorio e della sua vulnerabilità, sono state considerate le seguenti tipologie di intervento, individuate come applicabili in relazione al contesto ambientale esistente, suddivisi in :

1. interventi strutturali di costruzione e/o demolizione:

- a. demolizione dei muretti stradali esistenti e realizzazione di muri di sponda, demolizione di alcuni attraversamenti esistenti, adeguamento di alcuni attraversamenti esistenti, demolizione di edifici a rischio e ricostruzione degli stessi in siti idonei ed infine consolidamento delle fondazioni del ponte sulla Via Vittorio Emanuele.

2. interventi non strutturali (manutenzione ordinaria e/o straordinaria):

- a. manutenzioni periodiche dell'alveo.

Le caratteristiche dimensionali delle **opere di difesa idraulica che sono qui definite**, come richiamato anche in precedenza, sono funzionali alla sola messa in sicurezza dell'abitato, e comportano la deperimetrazione della pericolosità idraulica rispetto allo scenario attuale solo nel caso della portata di 50 anni, in quanto per gli altri tempi di ritorno analizzati non viene rispettato il franco idraulico.

Il franco assunto nel dimensionamento del muro di sponda risulta di 20 cm.

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.

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 ricarica dei rilevati, la pulizia dalla vegetazione, il recupero di rifiuti eventualmente presenti.

Nella predisposizione dello scenario di intervento sono inoltre valutati i progetti che nel recente passato sono stati predisposti per la difesa idraulica del centro abitato; in particolare il Progetto di Fattibilità Generale dell'intervento denominato "*Sistemazione Idraulica Generale del Sistema Bau Porcos -Antas-Mannu*".

L'intervento prevede la delocalizzazione di svariati edifici posti in prossimità dell'alveo, il rifacimento di alcuni attraversamenti insufficienti e l'allargamento delle sezioni idrauliche dei rii (Bau Porcos con una sezione superiore ai 20m, Rio Mannu con una sezione superiore ai 25m)

In questa sede si è cercato di predisporre una serie di interventi di minore impatto e rispettosi delle caratteristiche ambientali e paesaggistiche del delicato sistema.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8 Descrizione degli scenari di intervento esaminati per la salvaguardia delle aree esondabili

Gran parte delle opere inserite negli scenari di intervento del presente studio riprendono quanto previsto nel Piano Generale e dai suoi documenti attuativi previsti dall'Assessorato Regionale dei LLPP e descritti al paragrafo precedente.

In generale l'articolazione degli scenari, nei quali trovano corretta collocazione i singoli interventi, segue il criterio di verifica della fattibilità tecnica, giustificazione economica e possibilità di realizzazione in *step* funzionali successivi. Ovviamente gli scenari trovano la loro prima giustificazione in relazione alle criticità idrauliche riscontrate nello stato attuale, espresse come pericolosità idraulica ai diversi tempi di ritorno derivanti dalla modellazione idraulica nel territorio in studio.

In analogia con l'ottica propria delle progettazioni preliminari, lo studio degli scenari di intervento deve prevedere 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. Per quanto possibile, nella definizione degli scenari di intervento, si è anche assunto il criterio di definire una ripartizione territoriale omogenea nel considerare set di opere e misure tali da garantire un determinato livello di protezione in partizioni omogenee dell'area esaminata..

Di seguito sono illustrati singolarmente gli interventi tipologici previsti all'interno del presente studio; successivamente saranno individuati alcuni scenari che derivano dalla combinazione degli interventi che di seguito verranno descritti.

Sommariamente gli interventi saranno sostanzialmente: nuovi muri di contenimento, demolizione di attraversamenti, risagomatura dell'alveo e delocalizzazione di edifici a rischio.

Sarà esaminato oltre allo **Scenario 0**, relativo lo stato attuale, il seguente ulteriore scenario:

Scenario 1: In gran parte riprende quanto indicato nel progetto di riordino idraulico predisposto dall'Amministrazione comunale, considerando , per quanto possibile, interventi con minore impatto sul territorio e riducendo le demolizioni ivi previste.

Come descritto nella relazione metodologica di Piano, gli scenari sono definiti come articolazione di interventi tipologici; nello specifico sono previsti all'interno dello scenario gli interventi descritti di seguito.

8.1 INTERVENTO A: DELOCALIZZAZIONE DI STRUTTURE EDILIZIE IN DESTRA IDRAULICA DEL RIO BAU PORCOS A MONTE DEL 1° PONTE

Come si evince dalla Figura 8-1, nel tratto del Rio Bau Porcos immediatamente a monte del 1° ponte, sono ubicati in destra idraulica alcuni edifici che parzializzano in modo inaccettabile la sezione idraulica, con conseguenti interazioni con il regolare deflusso delle acque.

L'intervento prevede dunque la demolizione dei due edifici più prossimi all'attraversamento, e successiva ricostruzione in altro sito naturalmente franco dalle esondazioni.

La Figura 8-2 mostra chiaramente come gli edifici in oggetto ostruiscano la sezione idraulica, comportando problemi di rigurgito, anche a seguito della presenza dell'attraversamento, nel tratto interessato.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 8-1 Disposizione planimetrica dell'intervento di demolizione

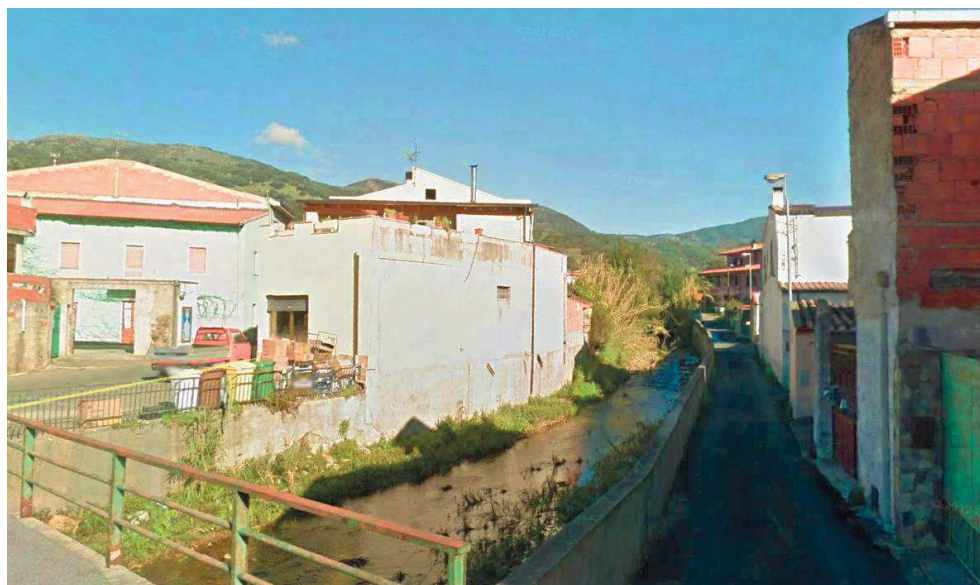


Figura 8-2 Vista degli edifici oggetto di demolizione

8.2 INTERVENTO B: DEMOLIZIONE PONTE VIA EMILIO LUSSU SUL RIO BAU PORCOS

Immediatamente a valle degli edifici di cui al punto precedente, si trova il primo ponte del Rio Bau Porcos nel tratto interno al centro abitato: si tratta di un ponte a sezione rettangolare, di lunghezza 15 m e luce di 10 m.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Dalla simulazione idraulica dello stato attuale, emerge come l'attraversamento sia insufficiente al transito delle portate analizzate, comportando fenomeni di rigurgito a monte, e rappresentando una vera e propria ostruzione al deflusso delle acque.

L'intervento in oggetto prevede dunque la demolizione dell'intero attraversamento, al fine di migliorare le condizioni di deflusso.



Figura 8-3 Ubicazione dell'intervento e vista del ponte

8.3 INTERVENTO C: SPOSTAMENTO LINEA FOGNARIA IN SINISTRA IDRAULICA DEL RIO BAU PORCOS A VALLE DEL 1° PONTE

Per dare continuità alla aumentata capacità di deflusso determinata dalla demolizione degli edifici a monte del ponte, si prevede anche lo spostamento della linea fognaria esistente in sinistra idraulica in prossimità dello stesso: attualmente è infatti presente una condotta in gres DN 400 incassata sotto il piano di scorrimento del Rio per una lunghezza di circa 160 m. Nella Figura 8-4 si può notare infatti la presenza di un manufatto in cls che comporta una parzializzazione della sezione idraulica, ostacolando il naturale deflusso delle acque.



Figura 8-4 Ubicazione dell'intervento e vista del manufatto



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8.4 INTERVENTO D: DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL MURO DI DIFESA IN SPONDA SINISTRA E DESTRA DEL RIO BAU PORCOS

Lungo il tratto del Rio Bau Porcos interno al centro abitato, è presente un muretto in cls in sponda sinistra, come mostra la Figura 8-5: in realtà non si tratta di un'opera di difesa longitudinale ma di un semplice muretto stradale, che quindi non ha alcuna efficacia ai sensi della protezione idraulica.

L'intervento prevede dunque la demolizione del suddetto muro, e la sua ricostruzione con adeguate caratteristiche di tenuta idraulica e con altezza innalzata a 1.2 m dal piano stradale. Tale intervento ha inizio 50 m a monte del 1° ponte e finisce in corrispondenza della confluenza con il Rio Mannu, con lunghezza complessiva di 220 m. L'opera è stata dimensionata per contenere la sola portata cinquantenaria, mentre risulta insufficiente per le portate con tempi di ritorno maggiori.



Figura 8-5 Tratto a monte del 1° ponte



Figura 8-6 Inserimento planimetrico dell'intervento



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8.5 INTERVENTO E: DELOCALIZZAZIONE STRUTTURE EDILIZIE IN SINISTRA IDRAULICA DEL RIO BAU PORCOS A MONTE DEL 2° PONTE

Analogamente a quanto visto nel tratto a monte del 1° ponte, l'intervento prevede la demolizione, e ricostruzione in altro idoneo sito, degli edifici posti in sinistra idraulica a monte del 2° attraversamento sul Rio Bau Porcos.

L'intervento consentirà di migliorare il deflusso delle acque, che attualmente è limitato sia dalla presenza del ponte che delle strutture edilizie in oggetto, in quanto la loro presenza comporta una parzializzazione della sezione idraulica.



Figura 8-7 Inserimento planimetrico dell'intervento

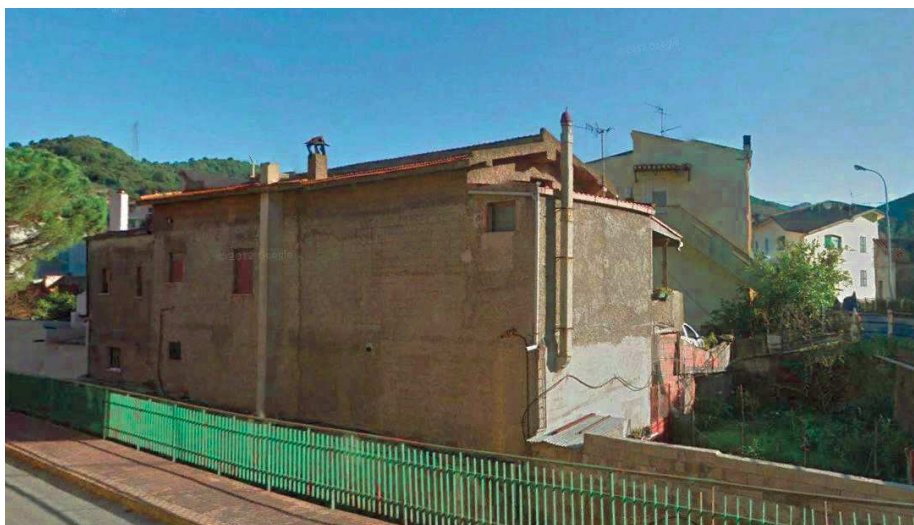


Figura 8-8 Vista degli edifici da demolire



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8.6 INTERVENTO F: CONSOLIDAMENTO DELLE FONDAZIONI DEL PONTE SULLA VIA VITTORIO EMANUELE

Coerentemente con la risagomatura dell'alveo, della quale si dirà al punto seguente,, si prevede di realizzare una protezione delle fondazioni del ponte sulla via Vittorio Emanuele: l'intervento di risagomatura dell'alveo comporta, infatti, come conseguenza, quella di mettere a nudo i plinti di fondazione, e deve necessariamente essere associato ad un intervento di protezione degli stessi.

L'opera prevede quindi iniezioni nel substrato dell'alveo di miscela cementizia, cosiddetto jet-grouting, realizzata ad opportuna distanza dalle spalle al fine di non alterarne lo stato di tensione.



Figura 8-9 Inserimento planimetrico dell'intervento



Figura 8-10 Vista del ponte da consolidare



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8.7 INTERVENTO G: RISAGOMATURA DELL'ALVEO

Un intervento essenziale che è stato previsto al fine di migliorare le condizioni di deflusso delle portate è quello di operare una regolarizzazione della sezione dell'alveo lungo il tratto di 220 m interessato dalla realizzazione del muro di sponda, del quale si è detto ai punti precedenti..

Come mostra la Figura 8-12, la sezione regolarizzata sarà di forma trapezia con scarpe comprese tra 45° e 60°, altezza media di 2.2 m e larghezza alla base di 5.5 m.



Figura 8-11 Inserimento planimetrico dell'intervento

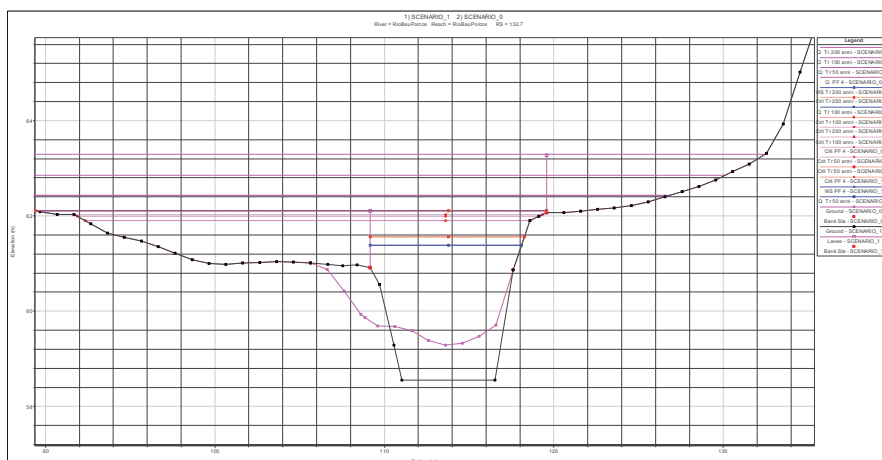


Figura 8-12 Confronto tra la sezione ante e post-operam



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8.8 INTERVENTO H: ADEGUAMENTO 1° PONTE SUL RIO MANNU

Il ponte in oggetto presenta una struttura ad arco, realizzato in legno, dedicato al transito pedonale, ed è ubicato in prossimità della piazza retrostante il Municipio, Piazza Gramsci, e ha lo scopo di raggiungere il Museo Etnografico posto in sinistra idraulica del Rio Mannu, ed ha una lunghezza pari a 18 m circa.

Tale attraversamento, tuttavia, non verifica il franco idraulico per la portata di 200 anni. L'intervento previsto consiste quindi nel sollevamento e adeguamento in quota dell'attuale struttura, con realizzazione di plinti di appoggio in c.a. e rampe in legno di accesso alla struttura, progettate anche per il transito degli utenti diversamente abili.

Con l'intervento di sollevamento tale opera consente dunque che sia rispettato il franco idraulico richiesto dalle norme regionali per un attraversamento.



Figura 8-13 Ponte pedonale in corrispondenza del museo etnografico



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 8-14 Inserimento planimetrico dell'intervento

8.9 INTERVENTO I: ADEGUAMENTO 2° PONTE SUL RIO MANNU

Procedendo verso valle si incontra il secondo attraversamento sul Rio Mannu, anch'esso ad arco e struttura lignea dedicato, a differenza del precedente, anche al transito veicolare: di lunghezza pari a 12 m circa, si trova 130 m a valle del primo, ed è utilizzato per collegare l'abitato di Fluminimaggiore all'anfiteatro del paese.

La simulazione ha evidenziato l'insufficienza idraulica dell'opera, e lo scenario di intervento ne prevede la ricostruzione.



Figura 8-15 Ponte in prossimità dell'anfiteatro



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 8-16 Inserimento planimetrico dell'intervento

Pertanto, a differenza del primo ponte, lo scenario di intervento prevede la completa sostituzione del ponte in legno in quanto quello esistente ha dimensioni inferiori alla larghezza dell'alveo che si avrà a seguito della risagomatura dell'alveo in questo tratto. La nuova struttura sarà quindi di luce maggiore, coerentemente con la sezione dell'alveo più larga.

8.10 INTERVENTO L: DEMOLIZIONE 3° PONTE SUL RIO MANNU

L'ultimo attraversamento da demolire è ubicato 350 m a valle del secondo ponte, ed è costituito da una passerella pedonale in metallo poggiata su due piloni in cls armato, che costituiscono un ostacolo al naturale deflusso delle acque.

L'intervento prevede la rimozione di tutte le opere in ferro, costituite dai parapetti e dalle lastre che costituiscono la passerella, oltre alla demolizione delle pile in c.a.

L'attuale struttura, peraltro abusiva, consente l'accesso a un lotto privato ubicato in sinistra idraulica: verrà dunque valutata la possibilità di raggiungere l'edificio tramite un percorso in sinistra con origine in corrispondenza dell'anfiteatro del paese.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 8-17 Passerella pedonale da demolire



Figura 8-18 Inserimento planimetrico dell'intervento

8.10.1 INTERVENTO M: DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL MURO DI DIFESA IN SPONDA DESTRA SUL RIO MANNU

Come nel caso del Rio Bau Porcos, anche sul Rio Mannu è presente un muretto di sponda in destra idraulica alto 0.5 m circa.

Nella configurazione attuale tale opera risulta insufficiente a contenere tutte le portate analizzate, mentre l'intervento prevede di realizzare un muro di altezza 1.2 m per una lunghezza di 1240 m circa dalla confluenza con il Rio Bau Porcos fino alla località Genna e Costa, in corrispondenza della fine del centro abitato.

L'opera è stata dimensionata per contenere la sola portata cinquantenaria, come mostrano le tavole allegate.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 8-19 Inserimento planimetrico dell'intervento

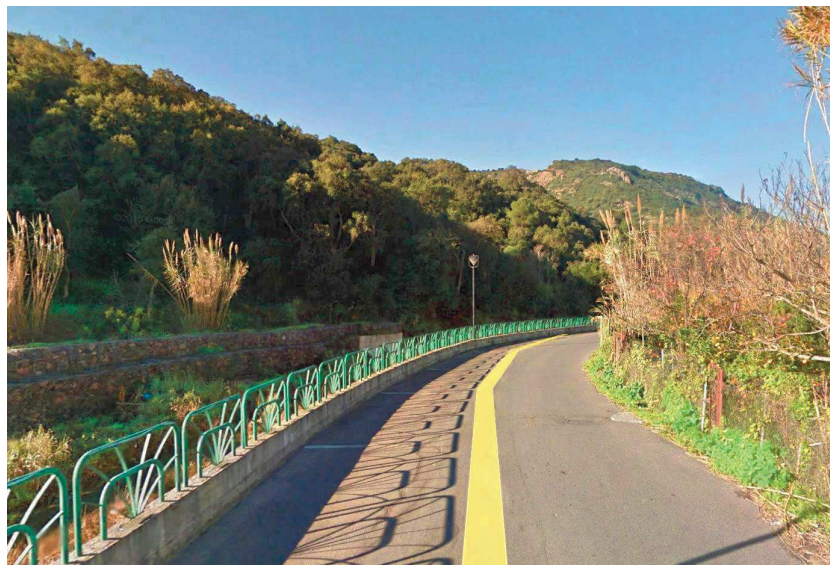


Figura 8-20 Attuale muretto stradale in sponda destra



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

8.10.2 INTERVENTO N: RISAGOMATURA DELL'ALVEO DEL RIO MANNU

Per garantire la continuità degli interventi finora previsti, la configurazione post-operam prevede la risagoma del Rio Mannu, in analogia con quanto visto per il Rio Bau Porcos.

La sezione di progetto è rettangolare con larghezza di 10 m e altezza media di 2.5 m. con conseguente miglioramento delle condizioni di deflusso delle portate di piena.



Figura 8-21 Inserimento planimetrico dell'intervento

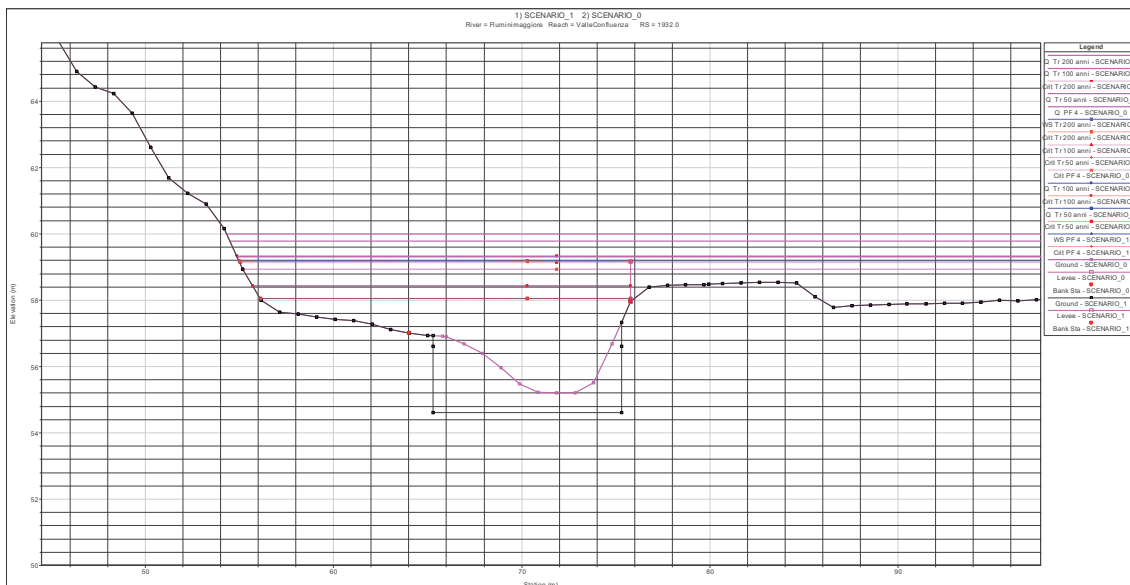


Figura 8-22 Confronto tra la sezione ante e post-operam



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

9 Stima del costo di realizzazione degli interventi

La necessità di ottenere una valutazione degli interventi coerente con il livello di dettaglio consentito in questa fase di pianificazione degli interventi, ha indotto a considerare le necessarie generalizzazioni per la stima del costo delle opere.

A tale scopo è stata adottata una procedura di determinazione geometrica delle quantità che utilizza, per quanto possibile, il modello digitale di terreno LIDAR ad alta risoluzione per la predisposizione di elaborati che implicano la realizzazione di profili di terreno (profili longitudinali, sezioni trasversali etc) necessari a definire con la migliore approssimazione disponibile la geometria dell'opera attualmente esistente e quella in progetto.

La stima dei costi degli interventi sulle arginature è stata effettuata considerando la geometria relativa alla dell'opera in progetto sulla base delle tipologie precostituite e indicate nell'allegato R6, ove il prezzo di analisi è valutato riportando all'unità di misura dimensionalmente tipica per l'opera in progetto (unità di lunghezza per le opere lineari, unità di superficie per gli interventi areali). In particolare, nell'ambito del progetto di adeguamento delle arginature, queste sono state valutate sulla base dell'incidenza media (in metri cubi a metro) del volume dell'opera in relazione alla lunghezza di progetto. Pertanto eventuali variazioni in più o in meno della lunghezza di progetto introdotte nell'analisi- benefici non hanno comportato la necessità di ripetere il computo metrico dell'opera.

Per la stima economica si è fatto riferimento:

- al prezziario regionale delle opere pubbliche,
- a prezziari ed elenchi pubblicati in sede di gara d'appalto per la realizzazione di opere simili nel territorio isolano da parte di amministrazioni, enti pubblici o società di gestione.

Nella tabella successiva sono sintetizzate le descrizioni degli interventi come sopra sinteticamente illustrati e sono inoltre riportate le stime dei costi per ciascuno, rimandando il prospetto analitico di computo all'allegato R6 specifico.

Nella valutazione complessiva degli interventi, oltre ai costi di realizzazione delle opere, sono stati considerati i costi relativi alle spese generali quantificati in sede di valutazione degli scenari specifici di intervento come descritti nel seguito della relazione.

Per ciascuno scenario, nella valutazione economica delle spese generali sono state considerate le somme per espropri, oneri per l'attuazione della normativa sulla sicurezza, per i rilievi, indagini geognostiche e per le spese tecniche. La quantificazione degli imprevisti è stata stimata nel 5 % mentre la stima complessiva delle spese generali è stata pertanto valutata in circa il 15%-16% del valore delle opere iscritte nel quadro economico.

Si ipotizza che l'origine dei finanziamenti per la realizzazione delle opere designate sia di provenienza statale e pertanto non si è ritenuto corretto, per la procedura di individuazione dello scenario progettuale economicamente e finanziariamente sostenibile, considerare l'IVA nel quadro economico.

Nel quadro economico generale dello scenario un capitolo di spesa separato riguarda gli oneri di manutenzione delle opere esistenti e quelle previste. Questi oneri di manutenzione appaiono pertanto evidenziati e riferiti a un intervallo temporale annuale pur considerando che, in relazione a particolari



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

condizioni, questi si potrebbero presentare più o meno frequentemente (due interventi all'anno, un intervento ogni due anni oppure tre anni eccetera) nella programmazione dei lavori di manutenzione.

Tabella 9.1 – Valutazione economica degli interventi

	Descrizione	Importo
1	A. Delocalizzazione strutture edilizie in destra idraulica del Rio Bau Porcos a monte del 1° ponte	927 600.00
2	B. Demolizione 1° ponte sul Rio Bau Porcos (Via Emilio Lussu)	102 874.50
3	C. Spostamento linea fognaria in sinistra idraulica del Rio Bau Porcos a valle del 1° ponte	40 000.00
4	D. Demolizione muro cls esistente e ricostruzione nuovo muro in sponda destra e sinistra del Rio Bau Porcos (dal 1° ponte all'immissione sul Rio Mannu)	86 944.50
5	E. Delocalizzazione strutture edilizie in sinistra idraulica del Rio Bau Porcos a monte del 2° ponte	146 870.00
6	F. Consolidamento delle fondazioni delle spalle del ponte sulla SS126	33 758.40
7	G. Risagomatura alveo del Rio Bau Porcos (dal 1° ponte all'immissione sul Rio Mannu)	102 960.00
8	H. Adeguamento 1° ponte sul Rio Mannu	21 311.00
9	I. Adeguamento 2° ponte sul Rio Mannu	54 918.00
10	L. Demolizione 3° ponte sul Rio Mannu	23 447.00
11	M. Demolizione muro cls esistente e ricostruzione nuovo muro in sponda destra del Rio Mannu (dall'immissione del Rio Bau Porcos alla loc. Genna Costa)	239 580.40
12	N. Risagomatura alveo del Rio Mannu (dall'immissione del Rio Bau Porcos alla loc. Genna Costa)	332 208.40
13	O. Manutenzione del Rio Bau Porcos (dal ponte su via E. Lussu alla confluenza con il Rio Mannu)	4 620.00
14	P. Manutenzione del Rio Mannu (dalla confluenza con il Rio Bau Porcos alla loc. Genna Costa)	55 800.00



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

10 Scenari di intervento

10.1 CRITERI DI INDIVIDUAZIONE

Come già detto, l'articolazione degli scenari nei quali trovano corretta collocazione i singoli interventi illustrati precedentemente, segue il criterio di verifica della fattibilità tecnica, giustificazione economica e possibilità di realizzazione in *step* funzionali successivi. Ovviamente gli scenari trovano la loro prima giustificazione come conseguenza delle criticità idrauliche riscontrate nello stato attuale, espresse come pericolosità idraulica valutata 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.

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. Nella modulazione degli scenari si è tenuto in considerazione l'esigenza di procedere nella realizzazione per lotti funzionali che, pur nella loro parzialità, garantiscano un adeguato controllo e prevenzione delle pericolosità idrauliche.

Nel seguito sono presentati gli scenari di riferimento che 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). Il rimanente scenario presenta quindi sia interventi strutturali che gli interventi non strutturali di cui sopra secondo una articolazione descritta di seguito.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

10.2 SCENARIO 0 (STATO ATTUALE)

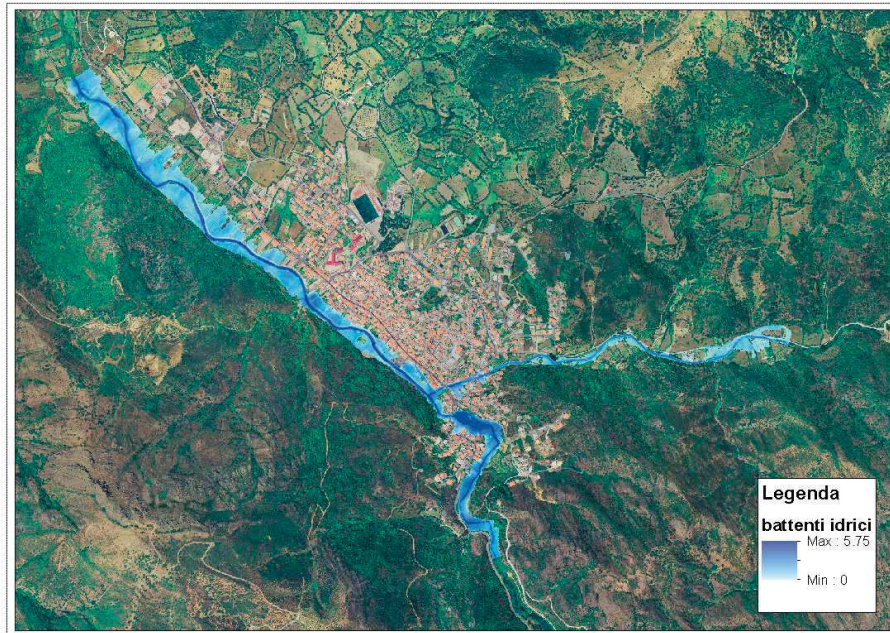


Figura 10-1 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni

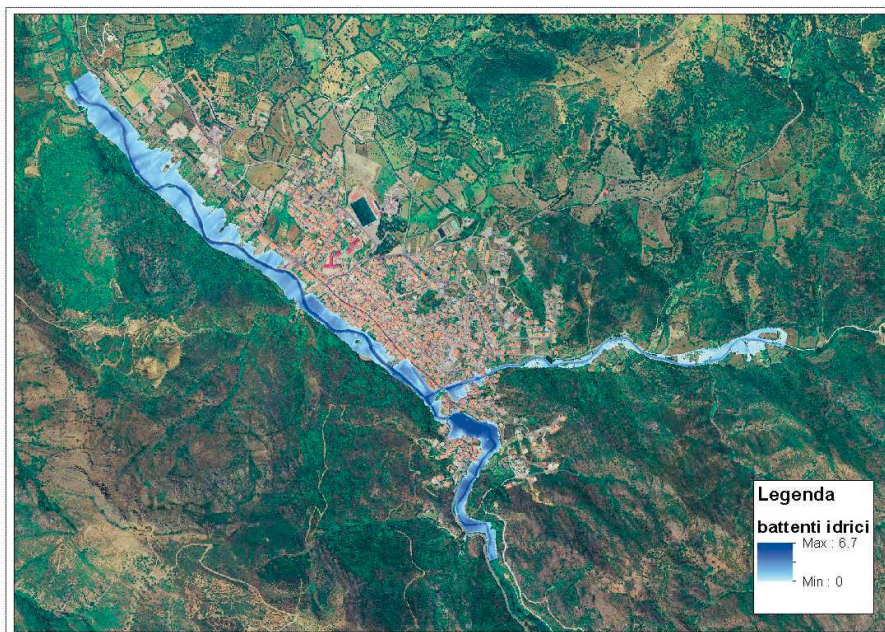


Figura 10-2 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 10-3 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni

Nello Scenario 0 non è ovviamente contemplato alcun tipo di nuovo intervento.

Nel seguito si riporta per comodità la valutazione dei danni da piena, già fornita nel capitolo precedente e riferita allo stato attuale, la quale è stata assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere strutturali individuate negli scenari di intervento.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Tabella 10.1 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno

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	152 441	40 800	161 454	46 536	168 248	51 171
C - COMMERCIALE	-	-	-	-	-	-
H -CORPI IDRICI	-	-	-	-	-	-
I - INDUSTRIALI	1 368	141 108	1 447	157 976	1 492	172 989
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	-	-	-	-	-	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	4 673	-	5 772	-	6 624	-
N - STRADE COMUNALI	608	4 037	612	4 476	612	4 580
P - STRADE PROVINCIALI	-	-	-	-	-	-
R - RESIDENZIALE	75 218	20 360 626	84 133	24 768 833	89 853	27 509 432
S - STRADE STATALI	2 150	30 074	2 508	36 696	2 630	41 632
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	2 091	17 856	2 167	20 320	2 220	22 552
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	6 365	-	6 663	-	6 972	-
Totale	244 915	20 594 499	264 756	25 034 837	278 651	27 802 356

10.3 SCENARIO 1 – DIFESA DELL’ABITATO DI FLUMINIMAGGIORE

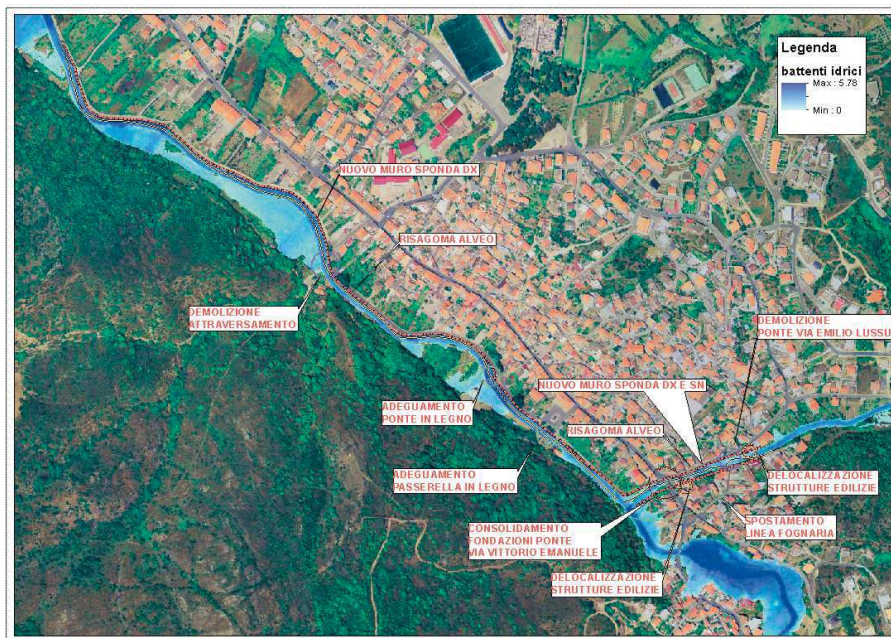


Figura 10-4 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

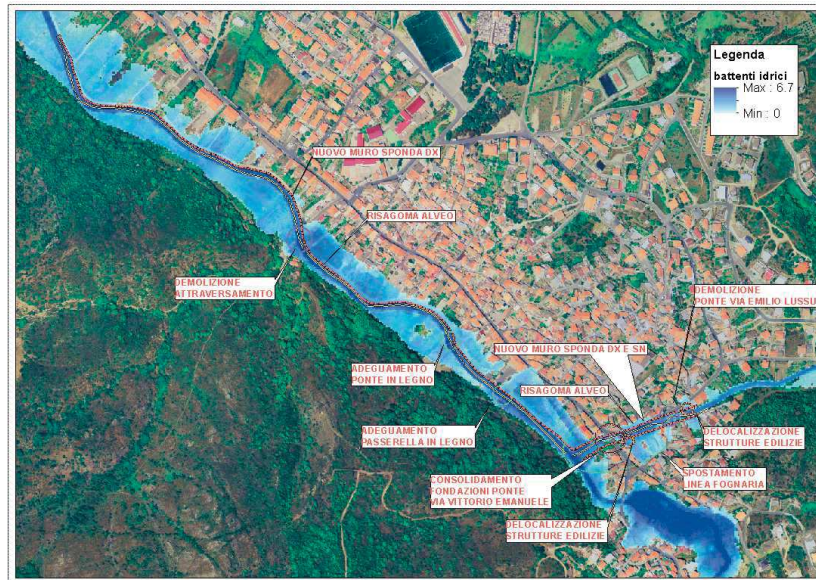


Figura 10-5 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni

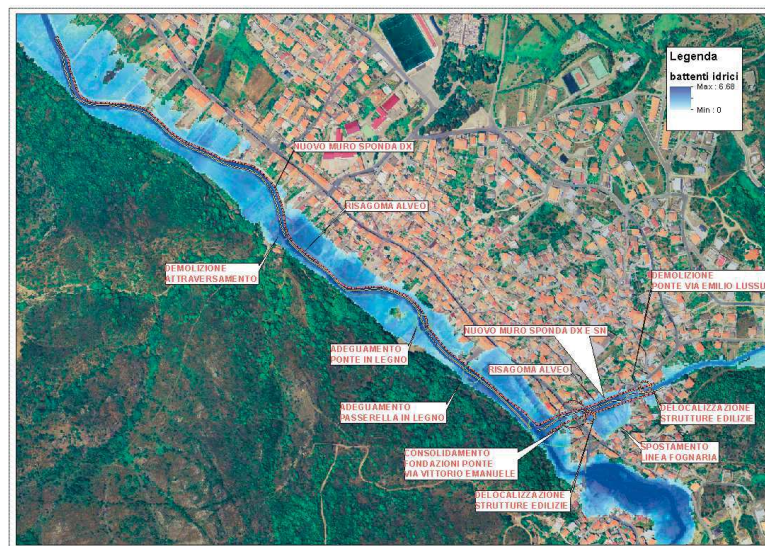


Figura 10-6 Scenario 1- Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni

L'obiettivo principale dello Scenario 1 è quello della messa in sicurezza dell'abitato in sinistra e in destra idraulica del Rio Bau Porcos e in destra del Rio Mannu.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Questa prima fase riguarda una serie di interventi in sinistra e destra idraulica la cui finalità è quella di mettere in sicurezza le aree da un evento di piena corrispondente alla portata di 50 anni, mentre non risultano sufficienti per le restanti portate.

Si riassumono di seguito le opere ricomprese in questo scenario, che riguardano:

in sponda destra Rio Bau Porcos

- la realizzazione di un muro di sponda lungo circa 220 m che ha origine 50 m a monte del 1° ponte fino alla confluenza con il Rio Mannu;
- demolizione degli edifici immediatamente a monte del 1° ponte e successiva ricostruzione in altro sito.

in sponda sinistra Rio Bau Porcos

- la realizzazione di un muro di sponda lungo circa 220 m che ha origine 50 m a monte del 1° ponte fino alla confluenza con il Rio Mannu;
- demolizione degli edifici immediatamente a monte del 2° ponte e successiva ricostruzione in altro sito;
- spostamento linea fognaria attualmente esistente su un tratto di 160 m immediatamente a valle del 1° ponte.

in alveo Rio Bau Porcos

- demolizione del ponte di Via Emilio Lussu;
- consolidamento delle fondazioni del ponte su Via Vittorio Emanuele;
- risagoma dell'alveo per un tratto di 220 m con sezione trapezia, larghezza 5.50 m e altezza 2 m.

in sponda destra Rio Mannu

- la realizzazione di un muro di sponda lungo circa 1240 m dalla confluenza con il Rio Bau Porcos fino alla località Genna Costa.

in alveo Rio Mannu

- adeguamento della passerella pedonale in legno e del ponte in legno;
- demolizione della passerella metallica;
- risagoma dell'alveo per un tratto di 1240 m con sezione rettangolare, larghezza 10 m e altezza 2.5 m.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Il prospetto dei costi è presentato nella tabella seguente, insieme con l'entità stimata per gli oneri di manutenzione

Tabella 10.2 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 1"

INTERVENTI	IMPORTO
A. Delocalizzazione strutture edilizie in destra idraulica del Rio Bau Porcos a monte del 1° ponte	927 600
B. Demolizione 1° ponte sul Rio Bau Porcos (Via Emilio Lussu)	102 875
C. Spostamento linea fognaria in sinistra idraulica del Rio Bau Porcos a valle del 1° ponte	40 000
D. Demolizione muro cls esistente e ricostruzione nuovo muro in sponda destra e sinistra del Rio Bau Porcos (dal 1° ponte all'immissione sul Rio Mannu)	86 945
E. Delocalizzazione strutture edilizie in sinistra idraulica del Rio Bau Porcos a monte del 2° ponte	146 870
F. Consolidamento delle fondazioni delle spalle del ponte sulla SS126	33 758
G. Risagomatura alveo del Rio Bau Porcos (dal 1° ponte all'immissione sul Rio Mannu)	102 960
H. Adeguamento 1° ponte sul Rio Mannu	21 311
I. Adeguamento 2° ponte sul Rio Mannu	54 918
L. Demolizione 3° ponte sul Rio Mannu	23 447
M. Demolizione muro cls esistente e ricostruzione nuovo muro in sponda destra del Rio Mannu (dall'immissione del Rio Bau Porcos alla loc. Genna Costa)	239 580
N. Risagomatura alveo del Rio Mannu (dall'immissione del Rio Bau Porcos alla loc. Genna Costa)	332 208
TOTALE LAVORI	€ 2 112 472
TOTALE SPESE GENERALI (16%)	€ 337 996
TOTALE LAVORI E SPESE	€ 2 450 459,75
in cifra tonda	€ 2 455 000
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	60 000

Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree esondate con la configurazione studiata delle opere per tutti i tempi di ritorno studiati, anche la valutazione dei danni conseguenti in capo a ciascuna categoria di beni.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

Tabella 10.3 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno

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	106 671	34 153	161 454	46 536	168 248	51 171
C - COMMERCIALE	-	-	-	-	-	-
H -CORPI IDRICI	-	-	-	-	-	-
I - INDUSTRIALI	-	-	1 447	157 976	1 492	172 989
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	-	-	-	-	-	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	-	-	5 772	-	6 624	-
N - STRADE COMUNALI	10	12	612	4 476	612	4 580
P - STRADE PROVINCIALI	-	-	-	-	-	-
R - RESIDENZIALE	26 986	8 524 724	84 133	24 768 833	89 853	27 509 432
S – STRADE STATALI	25	338	2 508	36 696	2 630	41 632
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	720	9 340	2 167	20 320	2 220	22 552
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	16 399	-	6 663	-	6 972	-
Totale	150 811	8 568 567	264 756	25 034 837	278 651	27 802 356



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

11 Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento

11.1 PREMESSE

Come più ampiamente descritto nella Relazione metodologica predisposta per il bacino pilota “Bassa Valle Coghinas”, tra gli obiettivi dell’Accordo di collaborazione tra ARDIS e DICAAR, è detto che, una volta definiti gli interventi infrastrutturali e organizzata l’esecuzione per scenari, dovrà essere giustificata la loro realizzazione sulla base di una analisi dei relativi costi e la riduzione dei danni di piena conseguenti. In definitiva, dovranno essere fornite giustificazioni tecnico-economiche della convenienza nella pianificazione futura delle opere strutturali prevista dal Piano nello scenario d’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.

Un’impostazione di tale tipo è sostanzialmente coerente con quanto contenuto nel punto 3 dell’articolo 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 sia impostata un metodologia sostanzialmente basata sull’analisi costi-benefici per valutare le misure di mitigazione previste nel Piano. Anche le priorità d’intervento dovranno, conseguentemente, essere stabilite in relazione ad una analisi Costi-Benefici che prenda in considerazione sia i costi associati all’intervento che i benefici derivanti dalla realizzazione dello stesso intervento, quantificati in termini di riduzione del danno atteso, sia anche in funzione del soddisfacimento di vincoli o esigenze irrinunciabili e non tangibili, ovvero a vincoli tecnologici imposti, ad esempio, da esigenze tecniche nella sequenza realizzativa del sistema di protezione in cui sono inseriti.

11.2 INTERAZIONE TRA PGRA E PIANI DI EMERGENZA

Le procedure di gestione del rischio di alluvione dovrebbero integrare tra loro diverse tipologie di azioni svolte dagli Enti preposti, ma anche dalle comunità e da singoli individui per ridurre a un livello accettabile i danni conseguenti agli eventi di piena. Le azioni non strutturali consistono in misure di emergenza da attuare prima degli eventi, a seguito degli allertamenti, misure da attuare durante le fasi di emergenza per l’evento di piena e misure di post-evento. Con opportune modalità, prima delle piene le popolazioni dovranno essere allertate, potranno essere evacuate e si potranno adottare quelle azioni che limitano i danni dell’esondazione sulle infrastrutture e sui beni più sensibili. Prima e durante l’evento si dovranno adottare misure di intervento e sorveglianza sul territorio: esempi tipici possono essere rappresentati da interdizione all’uso d’infrastrutture di trasporto, realizzazione di lavori temporanei di innalzamento di strutture di protezione, apertura di varchi per agevolare il deflusso, ecc. Dopo la piena dovranno essere adottate le misure che agevolano un rapido recupero nella possibilità di svolgere le regolari attività produttive, e la riutilizzazione delle infrastrutture temporaneamente interdette.

Nel territorio soggetto a pericolosità idraulica è necessario che le misure di allertamento e le conseguenti attività previste per la protezione della popolazione e dei beni sensibili siano precedentemente studiate, predisposte e verificate con azioni simulative che mettono a conoscenza la popolazione sulle modalità di comportamento da attuare a seguito di una allerta per un evento di piena.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

L'analisi economica di efficienza, nella stima della riduzione dei danni, di queste misure di emergenza non è agevole: essa è complicata dal fatto che sono difficilmente prevedibili le tendenze individuali ad agire. Spesso questo avviene in maniera non uniforme e talvolta non facilmente prevedibile, specie se il territorio non ha subito vulnerazioni da piena in tempi recenti che consentano, anche sulla base del senso comune, ai singoli di attivarsi con le modalità corrette per affrontare e il superamento della situazione di pericolosità. Sicuramente l'efficienza delle azioni di emergenza s'incrementa come i residenti diventano meglio informati sulle procedure da adottare. La variabilità nella efficienza delle azioni adottate in una fase di emergenza per piena dipende inoltre dalla dimensione e dal livello delle infrastrutture disponibili del territorio interessato e dalla loro stessa vulnerabilità agli eventi. La stessa configurazione del territorio e la tipologia degli edifici può modificare la possibilità di adottare in modo agevole anche procedure ovvie per la salvaguardia della popolazione. Pertanto, il piano di emergenza di ogni singolo sub-bacino dovrà necessariamente essere specificatamente riferito al territorio a rischio e richiede sia possibilmente ivi validato con operazioni di simulazione delle situazioni di pericolo.

Non si ritiene, tuttavia, di dover entrare in questa fase di formulazione del PGRA in una analisi specifica per la definizione dei piani di emergenza. Un'interazione importata sarà comunque considerata: riguarda la definizione del livello di pericolosità da associare a specifiche infrastrutture e, conseguentemente, al territorio sotteso.

In specifico per il fiume Mannu di Fluminimaggiore, nelle in analisi di dettaglio sviluppate nel Capitolo 4 sono date le informazioni sulle aree attualmente a pericolosità di alluvione sulla base del PSFF, mentre nel Capitolo 5 sono riportati i risultati ottenuti con la modellazione idraulica aggiornata.

11.3 ANALISI ECONOMICA DEGLI SCENARI D'INTERVENTO IPOTIZZATI

Per gli scenari d'intervento definiti nel Capitolo 8 è stato calcolato l'andamento del flusso attualizzato di costi e benefici e il valore finale del VAN secondo i criteri di valutazione della efficienza economica illustrati nella relazione metodologica del Bacino pilota del Coghinas. 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 F_i che si realizza nell'anno i -esimo che è attualizzato (scontato) all'anno zero con l'equazione:

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

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

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.

La scelta del valore del tasso r è fondamentale, poiché influenza i valori cumulati di costo e beneficio del progetto, ma non è però univoca. Alcune ipotesi, tra le più comuni sono: 1) adottare i tassi di interesse applicati dalle banche e dalle aziende di commerciali ai prestiti a lungo termine; 2) decidere i tassi di sconto sulla base di scelte realizzate a livello politico che considerano anche aspetti di equità e solidarietà sociale; 3) adottare il tasso di rendimento dell'investimento della risorsa finanziaria, anche con riferimento a aspetti produttivi alternativi. Nelle applicazioni che seguono, si è fatto riferimento a un tasso r relativamente basso, assunto pari al 3% che può essere giustificato con riferimento al secondo punto sopra dato.

L'orizzonte temporale nell'analisi economica è stato assunto pari a 100 anni per tutti gli scenari di intervento esaminati. Considerata la tipologia delle opere, questo orizzonte temporale 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.

Di seguito si considereranno sinteticamente gli scenari d'intervento ipotizzati per il fiume Mannu di Fluminimaggiore, riprendendo le caratterizzazioni economiche più estesamente descritte nel Capitolo 8.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

11.3.1 SCENARIO 0 – SITUAZIONE ATTUALE

Nello Scenario 0 non è contemplato alcun tipo di intervento. Questo scenario è stato assunto come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere strutturali individuate tra gli interventi di Scenario 1.

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.

Tabella 11.1 – Scenario 0: sintesi estensione delle aree vulnerate e stima del danno

Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
244 915	20 594 499	264 756	25 034 837	278 651	27 802 356

11.3.2 SCENARIO 1

Come già detto, l'obiettivo dello Scenario 1 è quello della messa in sicurezza dell'abitato in sinistra e in destra idraulica del Rio Bau Porcos e in destra del Rio Mannu.

Questo scenario comprende una serie di interventi in sinistra e destra idraulica la cui finalità è quella di mettere in sicurezza le aree da un evento di piena corrispondente alla portata di 50 anni, mentre non risultano sufficienti per le portate con tempi di ritorno superiori.

La valutazione complessiva degli oneri derivanti da tali interventi è di circa 2.455.000,00 euro.

Gli oneri di manutenzione annui sono valutati in € 60.000,00 per anno.

Sulla base della capacità di deflusso attuale, come definita nel paragrafo 5.2, è stato assunto che il danno nullo sia atteso con un tempo di ritorno non superiore a i 10 anni. In seguito alla realizzazione dell'intervento si ha una riduzione del danno annuo atteso di circa 540.000 euro, essenzialmente associato all'esondazione della portata cinquantennale, mentre l'intervento non determina riduzione di danno atteso per portate con tempi di ritorno superiori.

Tabella 11.2 – Scenario 1: sintesi estensione delle aree vulnerate e stima del danno

Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
150 811	8 568 567	264 756	25 034 837	278 651	27 802 356



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

La Figura 11.1 visualizza come questo scenario indica la convenienza economica dalla sua realizzazione considerando un orizzonte temporale di circa 5 anni.

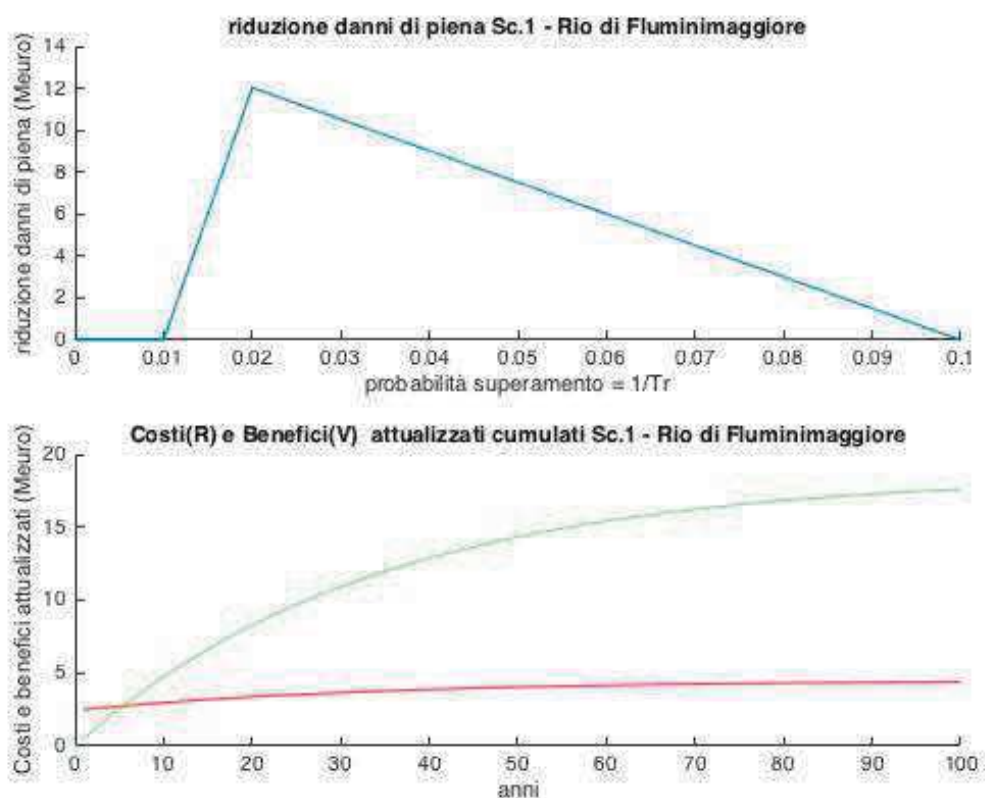


Figura 11-1 Scenario 1 - Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici