

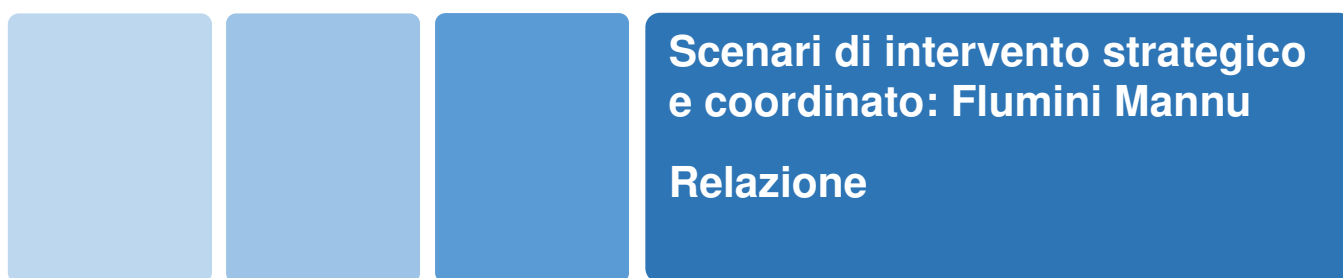


**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA**  
**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

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](http://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.....	6
2	Descrizione sintetica del sistema idrografico.....	9
3	Bacino del rio Flumini Mannu: Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF.....	13
3.1	Sintesi dei risultati delle simulazioni.....	19
4	Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale.....	28
4.1	Portate massime compatibili con la situazione attuale.....	39
4.2	Volume di piena e aree esondate.....	45
5	Procedura operativa per il calcolo del danno di piena nel Bacino del Flumini Mannu.....	46
5.1	Danno di piena relativo allo stato attuale.....	48
6	Quadro generale degli interventi di mitigazione del danno.....	50
6.1	Metodologia di individuazione degli interventi.....	50
6.2	Inquadramento stato di fatto delle opere di salvaguardia idraulica del Flumini Mannu.....	52
6.3	Definizione tipologica delle opere di sistemazione idraulica.....	57
6.4	Descrizione degli interventi a salvaguardia delle aree esondate.....	59
6.5	Stima del costo di realizzazione degli interventi.....	80
7	Scenari di intervento.....	82
7.1	Criteri di individuazione.....	82
7.2	Scenario 0 (stato attuale).....	83
7.3	Scenario 1.....	84
7.4	Scenario 2.....	86
7.5	Scenario 3.....	88
7.6	Scenario 4.....	90
8	Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento.....	92
8.1	Premesse.....	92
8.2	Interazioni tra PGRA e Piani di emergenza.....	92
8.3	Analisi economica degli scenari d'intervento ipotizzati.....	94



**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 2.1 – Il bacino del Flumini Mannu e i relativi sottobacini (fonte PSFF 2013) .....	10
Figura 2.2 – In ciano forme di erosione, in rosso argini, in azzurro affluenti secondari (fonte PSFF) ...	12
Figura 3.1 – Ponte SS 196 a Villasor .....	15
Figura 3.2 – Ponte Benetti a Decimoputzu .....	15
Figura 3.3 – Ponte SS 130 in corrispondenza dell'argine destro del Fluminimannu .....	16
Figura 3.4 – Ponte SS 130 in corrispondenza dell'argine sinistro del Fluminimannu.....	16
Figura 3.5 – Ponte Ferroviario Cagliari - Iglesias in corrispondenza dell'argine destro .....	17
Figura 3.6 – Ponte/guado Is Bagantinus .....	17
Figura 3.7 – Ponte Via Coghe .....	18
Figura 3.8 – Ponte SP2 in corrispondenza dell'argine destro del Fluminimannu.....	18
Figura 3.9–Ponte SS 196 a Villasor.....	24
Figura 3.10–Ponte Benetti a Decimoputzu .....	24
Figura 3.11–Ponte SS 130 – ferroviario e guado forestale.....	25
Figura 3.12–Ponte Via Coghe – Ponte SP2 .....	25
Figura 3.13 – Stralcio modello PSFF con sezioni di calcolo .....	26
Figura 3.14 - Criticità individuate dal PSFF.....	27
Figura 4.1 – Sezioni idrauliche del PSFF e della nuova modellazione con DTM 1 m (monte SS 130)....	30
Figura 4.2 – Sezioni idrauliche del PSFF e della nuova modellazione con DTM 1 m (valle SS 130).....	31
Figura 4.3 – Profilo T50 sormonto degli argini esistenti a valle della SS 130 .....	33
Figura 4.4 – Profilo T50 sormonto degli argini esistenti a valle della SS 130 .....	33
Figura 4.5 – Differenze tra profilo T50 e quote argine in alcune sezioni a valle della SS 130 .....	34
Figura 4.6 – Profili idrici sui Ponti SS 130, FFSS, guado e SP2 sormontati o in pressione .....	35
Figura 4.7 – Profili di corrente sul Ponte Benetti sormontato per tutti i tempi di ritorno.....	36
Figura 4.8 – Ponte SP2 sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno.....	36
Figura 4.9 – Ponte via Coghe sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno .....	37
Figura 4.10 – Ponte FFSS sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno .....	37
Figura 4.11 – Ponte SS130 sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno .....	38
Figura 4.12 – Ponte Benetti sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno.....	38
Figura 4.13 – Sezione idraulica a franco annullato a monte della SS130 argine destro.....	41
Figura 4.14 – Sezione idraulica a franco annullato a valle della SS 130 argine destro .....	42
Figura 4.15 – Sezione idraulica a franco annullato a valle della SS 130 argine destro.....	43
Figura 4.16 – Sezione idraulica a franco annullato a valle della SS 130 argine sinistro .....	44
Figura 5.1 - Diagramma di flusso per la determinazione del danno per ogni categoria di esposto .....	47
Figura 5.2 – Stato Attuale: andamento del danno da piena rispetto alla crescita dell'area allagata. ..	49
Figura 6.1 – Argini a monte e valle della SS 130 (in rosso).....	53
Figura 6.2 – Rilevato arginale destro prima della SS 130 .....	54
Figura 6.3 – Rilevato arginale destro subito a valle del ponte ferroviario .....	54



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 6.4 – Argine sinistro al guado della forestale (mediocre stato di manutenzione) .....	55
Figura 6.5 – Sistema di raccolta acque in sponda sinistra del Flumini Mannu.....	56
Figura 6.6 – Sistema di raccolta acque in sponda sinistra del Flumini Mannu – colatore principale....	56
Figura 6.7 – Sezione tipo con intervento di risagomatura e regolarizzazione .....	60
Figura 6.8 – Sezione tipo con intervento di risagomatura e regolarizzazione del colatore sinistro.....	60
Figura 6.9 – Vegetazione arbustiva e arborea in prossimità del guado della forestale .....	61
Figura 6.10 – Vegetazione arborea in prossimità del guado della forestale.....	61
Figura 6.11 – Zone golenali con evidenti depositi tra il ponte sulla SS 130 e quello FFSS . .....	62
Figura 6.12 – Zone golenali con importanti depositi sotto il ponte sulla SS 130. ....	62
Figura 6.13 – Colatore sinistro in prossimità della SP2. ....	63
Figura 6.14 – Colatore sinistro vista verso monte - a destra cumuli laveria Fluorsid .....	63
Figura 6.15 – Argine destro intestato sul ponte SS 130 (coronamento a quota intradosso). ....	66
Figura 6.16 – Argine sinistro intestato sul ponte SS 130 (coronamento a quota intradosso).....	66
Figura 6.17 – Argine destro intestato sul ponte SP2 (coronamento a quota intradosso).....	67
Figura 6.18 – Argini attuali sul ponte SS 130 (punti rossi) in magenta il soprizzo ammissibile. ....	67
Figura 6.19 – Argini al ponte FFSS (punti rossi): franco di pochi centimetri. ....	68
Figura 6.20 – Argini al ponte SP2 (punti rossi) in magenta il soprizzo ammissibile – franco ridotto....	68
Figura 6.21 – Profilo degli argini sovralzati e di quelli esistenti– Q50 ex post e ex ante .....	69
Figura 6.22 – Argini secondari lato Uta e lato Assemini – Si noti il reticolo secondario .....	71
Figura 6.23 – Argine secondario lato Assemini (giallo) previsto in scenario 4 .....	72
Figura 6.24 – Simulazione fotografica argine secondario lato Assemini (ex ante e ex post) .....	73
Figura 6.25 – Ponte Via Coghe .....	74
Figura 6.26 – Ponte Benetti .....	75
Figura 6.27 – Guado Is Bagantinus al confine tra Assemini e Decimomannu .....	75
Figura 6.28 – Soglia sfiorante L = 500 m con quota di sfioro pari a quella della portata Q50 .....	76
Figura 6.29 – Sfiatore L = 500 m –portata sfiorata di 476,63 mc/s, carico idraulico medio 0.69 m ..	77
Figura 6.30 – Area da sistemare dal punto di vista idraulico a ridosso degli argini (1400 ha). ....	78
Figura 6.31 – Canale secondario sponda sinistra Fluminimannu lato Assemini .....	79
Figura 6.32 – Canale secondario sponda sinistra Fluminimannu lato Assemini .....	79
Figura 8.1 – Scenario 1: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per Tr=2 anni .....	97
Figura 8.2 – Scenario 2: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per Tr=2 anni .....	99
Figura 8.3 – Scenario 3: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per Tr=2 anni .....	100
Figura 8.4 – Scenario 4: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per Tr=2 anni .....	102



**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 2.1–Portate Flumini Mannu alla foce (PSFF) .....	9
Tabella 3.2–Valori di livello idrico e franco in corrispondenza degli attraversamenti (fonte PSFF).....	23
Tabella 4.3 - Volumi di allagamento allo stato attuale .....	45
Tabella 5.4 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo .....	46
Tabella 5.5 - Stato Attuale: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno.....	49
Tabella 6.6 – Valutazione economica degli interventi .....	81
Tabella 7.7 - Valutazione dei costi relativi allo "scenario 0" .....	83
Tabella 7.8 - Stato Attuale: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno .....	83
Tabella 7.9 - Valutazione dei costi relativi allo “Scenario 1” .....	84
Tabella 7.10 – Scenario 1: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	85
Tabella 7.11 - Valutazione dei costi relativi allo “Scenario 2” .....	86
Tabella 7.12 – Scenario 2: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	87
Tabella 7.13 - Valutazione dei costi relativi allo “Scenario 3” .....	88
Tabella 7.14 – Scenario 3: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	89
Tabella 7.15 - Valutazione dei costi relativi allo “Scenario 4” .....	91
Tabella 7.16 – Scenario 4: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	91
Tabella 8.17– Scenario 0 - Stato Attuale: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	96
Tabella 8.18 – Scenario 1: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	97
Tabella 8.19 – Scenario 2: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	98
Tabella 8.20 – Scenario 3: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	100
Tabella 8.21 – Scenario 4: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno .....	101



## Elenco degli Allegati

ZONA IDROGRAFICA 7 – Flumendosa – Campidano - Cixerri  
BACINO: 4 – FLUMINI MANNU

ELABORATI DI RELAZIONE		Elenco allegati	
1	7.4.FM .R1.1	Relazione	
2	7.4.FM .R2.1	Relazione dello studio idraulico	
3	7.4.FM .R3.1	Sezioni trasversali	
4	7.4.FM .R4.1	Profili longitudinali	
5	7.4.FM .R5.1	Tabelle analitiche	
6	7.4.FM .R6.1	Quaderno delle opere tipo e stima dei costi	

TAVOLE			scala
1	7.4.FM .00-0	Quadro di unione delle tavole	
2	7.4.FM .01-0	Atlante cartografico delle Fasce Fluviali (Delibera Com. Ist. n.1 del 20,06,2013)	1:10.000
3	7.4.FM .02-0	Modellazione STATO ATTUALE: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000
4	7.4.FM .03-0	Modellazione STATO ATTUALE: mappe di pericolosità idraulica con Tr=100 anni	1:10.000
5	7.4.FM .04-0	Modellazione STATO ATTUALE: mappe di pericolosità idraulica con Tr=200 anni	1:10.000
6	7.4.FM .05-0	Cartografia di uso del suolo per i territori interessati da pericolosità idraulica	1:10.000
7	7.4.FM .06-0	Cartografia con aggregazione per Categorie degli elementi esposti ai danni da piena	1:10.000
8	7.4.FM .07-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 1: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000
9	7.4.FM .08-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 1: mappe di pericolosità idraulica con Tr=100 anni	1:10.000
10	7.4.FM .09-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 1: mappe di pericolosità idraulica con Tr=200 anni	1:10.000
11	7.4.FM .10-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 2: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000
12	7.4.FM .11-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 2: mappe di pericolosità idraulica con Tr=100 anni	1:10.000
13	7.4.FM .12-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 2: mappe di pericolosità idraulica con Tr=200 anni	1:10.000
14	7.4.FM .13-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 3: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000
15	7.4.FM .14-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 3: mappe di pericolosità idraulica con Tr=100 anni	1:10.000
16	7.4.FM .15-0	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 3: mappe di pericolosità idraulica con Tr=200 anni	1:10.000
17	7.4.FM .16-1	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 4: mappe di pericolosità idraulica con Tr=50 anni	1:10.000
18	7.4.FM .17-1	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 4: mappe di pericolosità idraulica con Tr=100 anni	1:10.000
19	7.4.FM .18-1	Modellazione SCENARIO di INTERVENTO 4: 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 di tutte le 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.

Altro aspetto di comune interesse, nella realizzazione dello Studio, **riguarda l'analisi puntuale delle criticità evidenziate nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)**, determinando le **massime portate** convogliabili in tronchi fluviali omogenei e i corrispondenti **tempi di ritorno** attesi per gli eventi critici di piena che determinano l'esondazione. Ovviamente quest'ultimo aspetto è anche da mettere in relazione con gli opportuni provvedimenti di Protezione Civile da porre in atto quando sono preannunciati eventi meteorologici di corrispondente criticità.



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

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.

Per il coordinamento delle attività dell'Accordo di collaborazione scientifica è previsto che sia costituito un Comitato Scientifico che dovrà concordemente svolgere il ruolo di Direzione Scientifica e di validazione in corso d'opera delle attività svolte da ARDIS e dal DICAAR. Il Comitato Scientifico sarà formato dai responsabili scientifici dello studio, sia di parte ARDIS che DICAAR, e potrà essere integrato con altri esperti nominati concordemente dalle parti, in particolare per gli aspetti che riguardano la predisposizione della VAS del Piano.

ARDIS e DICAAR si sono impegnate a coordinare e verificare le attività svolte tramite riunioni periodiche congiunte dei due gruppi di lavoro e del Comitato Scientifico, la cui cadenza temporale è stata concordata tra le parti. In particolare, gli interventi non strutturali e le azioni strutturali che saranno individuate per ognuno dei corsi d'acqua esaminati dovranno essere condivisi e validati dal Comitato Scientifico, prima che si proceda alla modellazione idraulica di dettaglio e alla stima dei costi degli stessi interventi, e che siano utilizzati nel modello di ottimizzazione per la definizione della priorità di intervento.

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. Inoltre, si è concordato di verificare il programma delle attività, il piano economico e di predisporre un programma temporale dettagliato di tutte le attività oggetto del Piano alla **conclusione della analisi sul bacino pilota**.

Tra ARDIS e DICAAR si è inoltre concordato che un aspetto qualificante, nell'ambito delle attività di collaborazione e di comune interesse nella predisposizione del Piano, riguarda la possibilità che nell'ambito della Convenzione si possano attivare Borse di Ricerca, Borse di Dottorato, Collaborazioni e Tirocini formativi anche all'estero su aspetti pertinenti alle attività di Piano.

In definitiva, il presente studio è propedeutico alla realizzazione finale del Piano ed è previsto che gli interventi di mitigazione del rischio di alluvione 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, stima degli oneri conseguenti e di 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



**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

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 rio Flumini Mannu, principali criticità riscontrate, elementi di documentazione della 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

Il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e presenta una lunghezza complessiva di circa 105 km, di cui circa 96 km classificati come asta principale. Il tratto principale è ulteriormente suddiviso in una classificazione che distingue il primo macro-tratto denominato Flumini Mannu 041 (circa 63 km compresi tra il lago San Sebastiano e Serramanna) dal secondo macro-tratto, arginato e focivo, che dà il nome all'intera asta.

Il rio nasce dal Tacco del Sarcidano ed attraversa, prima di giungere nel Campidano, le regioni della Marmilla e della Trexenta. Trae origine da alcuni rami secondari alimentati da sorgenti presenti nell'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa nella Marmilla e, attraversando dapprima la piana del Campidano, sfocia in prossimità di Cagliari nello stagno di Santa Gilla.

Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'isola per i caratteri morfologici del suo bacino imbrifero; quasi la metà dello sviluppo lineare dell'asta attraversa infatti territori pianeggianti, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua che attraversano territori quasi esclusivamente montuosi.

Il suo bacino idrografico è delimitato a nord dall'altopiano del Sarcidano, a est dal massiccio del Sarrabus – Gerrei, a ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari.

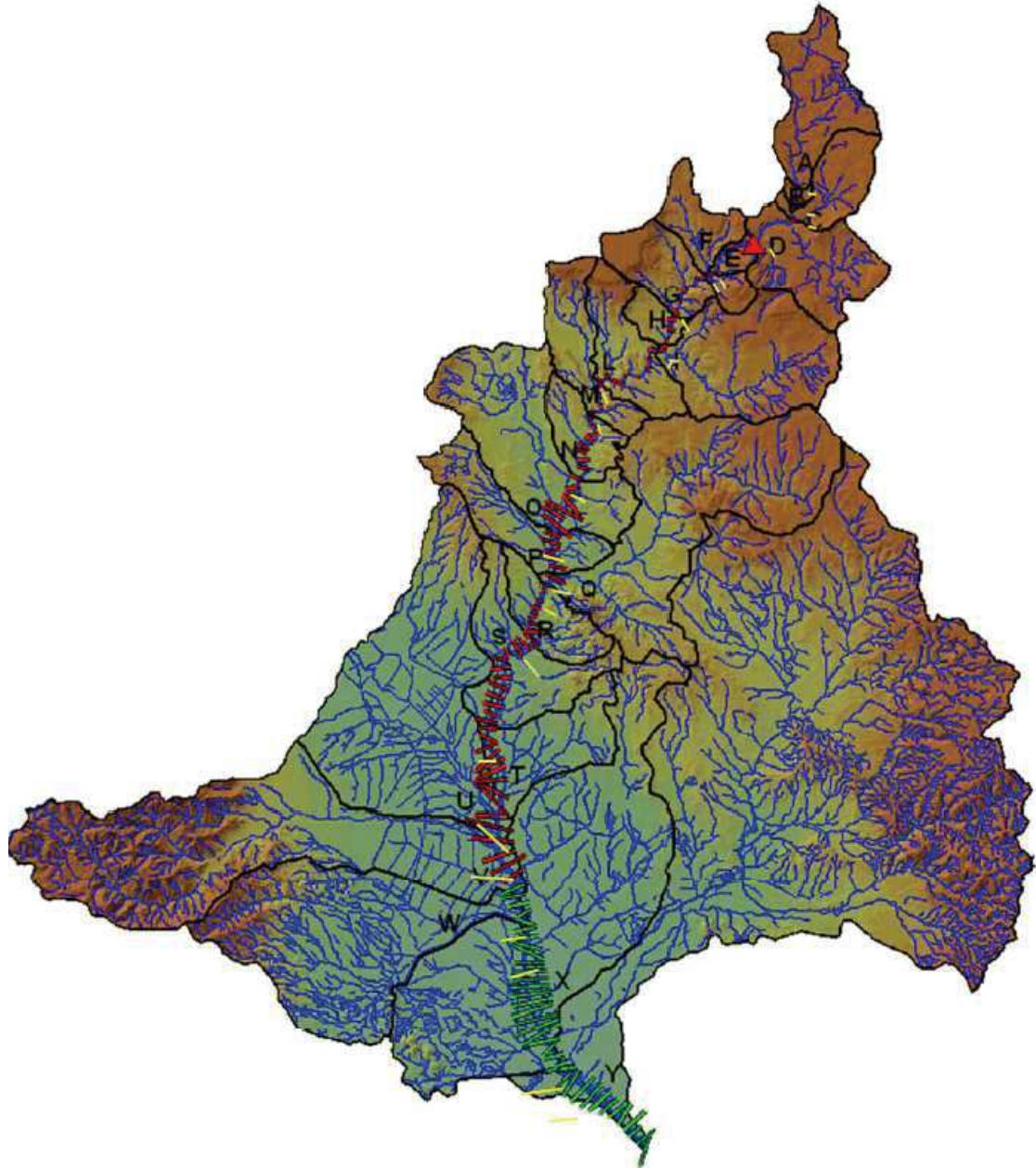
Dal punto di vista idrologico rappresenta senza dubbio una dei più importanti corsi d'acqua della Sardegna in grado di drenare alla foce, definita dalla sezione 07\_FM\_001 del PSFF e corrispondente alla chiusura del sottobacino Y (Figura 2.1), un bacino di 1756 kmq con portate che, tenendo conto del modesto effetto di laminazione dell'invaso di Is Barroccus (simbolo triangolare rosso), sono riassunte nella Tabella 2.1 (fonte PSFF 2013).

Si tratta di deflussi piuttosto rilevanti che si distribuiscono nella parte valliva del corso d'acqua andando a innescare diverse criticità legate soprattutto all'elevata pressione antropica che caratterizza il territorio.

Nell'ambito dello Studio delle Fasce Fluviali il rio Flumini Mannu è stato suddiviso come detto in due tratti il primo a monte dell'abitato di Villasor, denominato Flumini Mannu 041, il secondo da Villasor alla foce denominato semplicemente Flumini Mannu che si sviluppa per circa 29 km. Per ragioni di coerenza con il PSFF, l'oggetto della presente relazione è il tratto a valle di Villasor, mentre il tratto a monte sarà oggetto di specifiche valutazioni.

**Tabella 2.1–Portate Flumini Mannu alla foce (PSFF)**

Tempo di ritorno	50	100	200	500
Q (mc/s)	3.340	4.060	4.780	5.740



**Figura 2.1 – Il bacino del Flumini Mannu e i relativi sottobacini (fonte PSFF 2013)**

Come riportato nella relazione monografica del PSFF, in tutto il tratto di interesse, che va dal ponte della linea ferroviaria Cagliari - Olbia (a monte di Serramanna) fino alla foce, l'alveo inciso monocorsuale ad andamento rettilineo, ha pendenza sub-pianeggiante (circa 1.5 ‰) con quote di fondo che progressivamente decrescono sino a valori inferiori al livello medio marino.



**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 corso d'acqua scorre in una zona pianeggiante interamente destinata all'agricoltura ed è arginato su entrambe le sponde (Figura 2.2) con distanza media tra argini pari a 250 m e larghezza stabile e uniforme della sezione di deflusso pari a circa 30 m. Si tratta essenzialmente di arginature in terra con brevi tratti rivestiti con massi intasati in calcestruzzo, che presentano altezze variabili tra 3, 4 metri nella parte iniziale e 5 metri nella parte prossima alla foce.

La realizzazione delle arginature ha stabilizzato il tracciato planimetrico dell'alveo; al di fuori di esse si individuano numerose evidenze delle piene storiche su entrambe le sponde, come pure le divagazioni storiche sono testimoniate dalle numerose tracce di modellamento fluviale ancora visibili in sponda destra e sinistra costituite dal fitto reticolo di canali di erosione.

Sono presenti localmente anche opere di difesa longitudinale a difesa di spalle e attraversamenti.

Nel settore prossimo alla foce e prospiciente la laguna di Santa Gilla, l'alveo mostra una sezione progressivamente più larga e meno incisa; tale conformazione è una diretta conseguenza della immissione in mare, che frena i processi di erosione di fondo favorendo per contro la deposizione del trasporto solido.

Alla confluenza col riu Cixerri, dove le acque dei due fiumi si uniscono in ingresso allo stagno, sono state censite due chiaviche in calcestruzzo che permettono la derivazione verso il porto di San Pietro. La regolazione del deflusso è imposta da una briglia che delimita la confluenza fluviale da quella lagunare dello stagno di Santa Gilla.

Particolare attenzione meritano le confluenze, in sinistra di numerosi affluenti secondari: il Canale riu Malu, il riu Flumineddu, il riu de Giacu Meloni, il riu di Sestu ed il riu Mannu di San Sperate, i quali contribuiscono in maniera significativa all'apporto idrico e solido. I depositi alluvionali recenti localizzati in prossimità delle aree di confluenza sono prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, ancora in evoluzione e interessati dai processi di trasporto fluviale.



**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

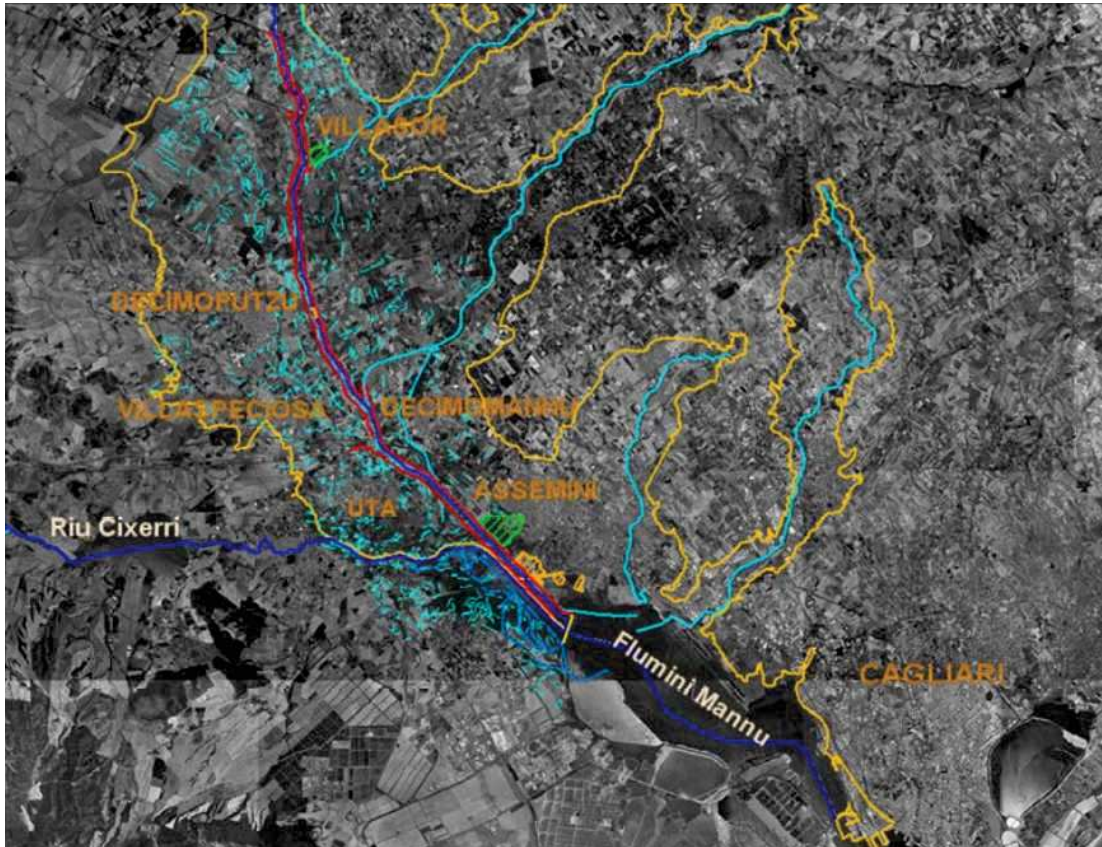


Figura 2.2 – In ciano forme di erosione, in rosso argini, in azzurro affluenti secondari (fonte PSFF)



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

### 3 Bacino del rio Flumini Mannu: Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF

Come è più ampiamente illustrato nella relazione metodologica generale, ai fini operativi, si è concordato di realizzare una **prima fase di modellazione** replicando nel presente studio il funzionamento del modello HEC-RAS di simulazione idraulica 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 di verifica l'estensione delle aree di pericolosità idraulica ai diversi tempi di ritorno.

Come chiarito nel paragrafo precedente il tratto di interesse è quello compreso tra il ponte della linea Cagliari – Olbia a valle di Serramanna e la foce, che evidenzia una consistente pressione antropica e le maggiori criticità idrauliche.

In questo tratto l'alveo inciso ha pendenza sub-pianeggiante con quote di fondo che progressivamente decrescono sino a valori inferiori al livello medio marino. Il corso d'acqua è arginato su entrambe le sponde e scorre in una zona pianeggiante interamente destinata all'agricoltura, toccando i centri abitati di Villasor, Decimomannu, Uta ed Assemini.

La capacità di deflusso dell'alveo inciso è inferiore alla portata con tempo di ritorno di 2 anni, questo provoca il frequente allagamento di buona parte delle aree golenali, soprattutto nella parte a valle.

Entrando più nel dettaglio, giunti in prossimità di Villasor, l'evento cinquantennale provoca, favorito dall'interferenza della statale S.S.196 (Figura 3.1) e dalla confluenza, poco a valle, del canale rio Nou, il sormonto del sistema arginale. In prossimità della confluenza, le fasce si allargano a risalire lungo il canale, per poi discendere nell'ampio e sub pianeggiante fondovalle seguendo la fitta rete di drenaggio superficiale sino a Decimoputzu. In sinistra idraulica la fascia, appoggiata al rilevato ferroviario della linea Cagliari – Olbia sino all'altezza del riu Malu, coinvolge l'area produttiva e il depuratore di Villasor; proseguendo, il limite è prima appoggiato alla strada comunale Bia de s'Isca, poi al reticolo superficiale minore e successivamente al versante morfologico. Le criticità principali di inondazione riguardano gli attraversamenti stradali e i centri abitati: a Villasor le fasce si estendono sino ad appoggiarsi sulla S.S.196 e risalire lungo l'asta secondaria denominata riu Malu, coinvolgendo per metà il centro abitato, mentre a Decimoputzu l'inondazione interessa una maggiore area urbana, estendendosi tra le vie del centro sino al limite coincidente con la provinciale S.P.3 per Villaspeciosa.

Il successivo tronco compreso tra i centri di Decimoputzu e Decimomannu, è caratterizzato dai tre attraversamenti posti a monte della confluenza con il rio Mannu: ponte nord della S.S.130, ponte sud (Figura 3.3 e Figura 3.4) e attraversamento ferroviario della linea Iglesias - Cagliari (Figura 3.5). I fenomeni di rigurgito registrati a monte della triplice interferenza sono tali da causare significativi innalzamenti del livello oltre le quote dei rilevati d'accesso già al passaggio di eventi con  $T=50$  anni. L'effetto del rigurgito sul profilo idraulico si traduce con l'allagamento, in destra, dei quartieri nord orientali di Villaspeciosa e in sinistra degli insediamenti periferici di Decimomannu dove le fasce ripercorrono l'alveo dismesso del rio di Santa Sperate.



**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'ultimo tronco analizzato conduce il Flumini Mannu da Decimomannu sino alla confluenza nello stagno di Santa Gilla presso Elmas. Il sormonto dell'argine sinistro del fiume provoca l'allagamento della fascia di territorio, densamente antropizzata, compresa tra il rilevato della linea ferroviaria Decimomannu – Cagliari e l'alveo stesso, in cui sorgono numerosi insediamenti agricoli, civili ed industriali, nonché la fitta rete viaria che taglia la piana costiera del Campidano; in particolare ad Assemini l'inondazione può coinvolgere i settori più esposti dei quartieri meridionali. In destra le fasce ripercorrono sommariamente alcune arterie comunali, tagliano il paese di Uta e proseguono verso il rilevato arginale del rio Cixerri. L'ampio cuneo di territorio della piana del Campidano compreso tra il Cixerri e l'asta del Flumini Mannu, in cui sorge il paese di Uta, è criticamente soggetto all'esondazione di entrambi i fiumi che lo circondano; in particolare il Flumini Mannu determina l'allagamento dei quartieri nord orientali di Uta. Gli attraversamenti del tronco focivo, quello comunale su via S. Ambrogio verso Uta, il comunale di Assemini e il provinciale della S.P.2 (Figura 3.8), hanno quote di impalcato superiori a quelle del profilo arginale intersecante; l'interferenza delle pile in alveo possono indurre un significativo effetto di rigurgito al profilo idraulico di piena fino a provocare il sormonto delle opere di contenimento.

In merito agli aspetti di criticità idraulica occorre ancora sottolineare due fatti:

1. l'azione di laminazione non significativa operata dagli invasi (in particolare di Is Barroccus e Leni) sul regime dei deflussi;
2. la presenza di opere arginali sormontate già da piene cinquantenarie che impongono che la modellazione idraulica si debba articolare per tutti i tempi di ritorno secondo due scenari: argini **non tracimabili** e **argini tracimabili**; la prima condizione consente di stabilire se gli argini esistenti sono sufficienti al contenimento delle piene con diversi tempi di ritorno, la seconda interviene solo per quei tempi di ritorno che determinano il sormonto arginale e conseguentemente è utilizzata per individuare le corrispondenti aree di esondazione.



**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 3.1 – Ponte SS 196 a Villazor



Figura 3.2 – Ponte Benetti a Decimoputzu



**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 3.3 – Ponte SS 130 in corrispondenza dell'argine destro del Fluminimannu



Figura 3.4 – Ponte SS 130 in corrispondenza dell'argine sinistro del Fluminimannu



**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 3.5 – Ponte Ferroviario Cagliari - Iglesias in corrispondenza dell'argine destro**



**Figura 3.6 – Ponte/guado Is Bagantinus**



**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 3.7 – Ponte Via Coghe



Figura 3.8 – Ponte SP2 in corrispondenza dell'argine destro del Fluminimannu



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

### 3.1 SINTESI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Come già detto, il Flumini Mannu è interamente arginato per tutto il tratto di interesse con livelli idrici che già con tempi di ritorno di cinquanta anni risultano superiori alla quota di sommità dei rilevati arginali che verrebbero dunque tracinati. D'altra parte lo schema di calcolo di moto stazionario non consente di simulare i fenomeni transitori che si manifestano al momento della tracimazione e, eventualmente, della rotta arginale, ed è per questa ragione che, come già detto, per i tratti arginati si impiegano i due scenari con assenza o presenza di tracimazione:

- **assenza di tracimazione:** si ipotizza che l'altezza degli argini sia comunque adeguata al contenimento dei livelli idrici, indipendentemente dal valore reale delle quote di sommità arginale; secondo tale schema le portate defluenti sono comunque contenute all'interno della sezione arginata del corso d'acqua; la differenza in quota (franco) tra il profilo di corrente per le diverse portate e quello della sommità arginale evidenzia la capacità di contenimento in quota di ciascuna sezione del corso d'acqua e, nel caso risulti negativa, il rialzo arginale necessario;

- **presenza di tracimazione:** lo schema di riferimento considera le condizioni di moto che si possono instaurare dopo che sia avvenuta la tracimazione degli argini e quindi in assenza della funzione di contenimento dei rilevati arginali; la sezione interessata al deflusso è quindi estesa all'intera porzione di piano campagna allagata, fino al limite morfologico naturale o artificiale che può contenere l'inondazione; lo schema indicato viene applicato solo alla portate che, nello schema di calcolo precedente, comportano livelli superiori a quelli delle sommità arginali e i livelli idrici ottenuti con tale schema di simulazione sono utilizzati per il tracciamento delle fasce fluviali relative alle portate che comportano tracimazione.

Il significativo sviluppo longitudinale delle arginature e la morfologia delle aree esterne, totalmente pianeggianti, provocano scenari di esondazione differenti a seconda del tempo di ritorno, per cui si è proceduto a costruire ed implementare uno scenario con argini sormontabili per ognuno dei tempi di ritorno superiori a 50 anni ( $T=50$  anni).

I risultati delle simulazioni sono rappresentati di seguito.

Su tutto il tratto la capacità di deflusso dell'alveo inciso è inferiore in numerosi punti alla portata con tempo di ritorno  $T=2$  anni, che comporta pertanto l'occupazione della golena, completamente allagata nella parte di valle del tratto; la larghezza media di allagamento è pari a 180 m circa. Le altezze idriche medie sono di circa 4 m; la velocità media è prossima a 2 m/s.

In corrispondenza di tutti gli attraversamenti, per il tempo di ritorno  $T=50$  anni i livelli idrici sono superiori al profilo arginale e danno luogo quindi ad esondazioni che interessano le aree esterne agli argini; in molti casi i livelli risultano superiori anche alle quote di estradosso delle opere. Pertanto, per le portate con tempo di ritorno superiore o uguale a 50 anni, lo scenario di funzionamento ad argini non tracimabili non è più rappresentativo delle reali condizioni di deflusso nella configurazione idraulica attuale del corso d'acqua e, di conseguenza, è utilizzato per individuare i limiti delle corrispondenti aree allagate.



**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

Mantenendo invece il riferimento allo scenario ad argini non tracimabili, può essere valutato il grado di adeguatezza dei rilevati arginali rispetto al franco idraulico sui profili di piena a diverso tempo di ritorno. Il comportamento idraulico può essere distinto in due tratti:

Nella parte dal ponte ferroviario della linea Cagliari-Olbia (sez. 45) alla loc. Moris Orgialis (sez. 26), il profilo idrico per  $T=50$  anni è costantemente inferiore alla sommità degli argini sia in destra che in sinistra; fanno eccezione due tratti molto limitati in corrispondenza rispettivamente del ponte sulla strada comunale San Giorgio a Serramanna (sez. 42) e il Ponti Nou a Villasor -S.S.196 (sez. 34) in cui si verifica il superamento della quota arginale; complessivamente quindi risultano inadeguati due tronchi della lunghezza totale inferiore a 1 km rispetto ai restanti 12 km circa di argine che hanno un franco positivo. I profili di piena relativi alle portate con tempi di ritorno più elevati sono invece tutti più alti dei profili arginali per l'intero tratto in considerazione.

Nella parte di valle del tratto, dalla loc. Moris Orgialis (sez. 26) alla foce (sez. 0), il profilo idrico per  $T=50$  anni è contenuto all'interno degli argini limitatamente ad estensioni limitate poco a valle della sez. 26; proseguendo verso valle il profilo permane regolarmente più alto delle sommità arginali fino alla foce. Naturalmente la situazione è ancora più gravosa per i profili idrici relativi ai tempi di ritorno più alti.

Implementando lo scenario ad argini tracimabili per ogni tempo di ritorno si possono trarre le conclusioni riportate sinteticamente 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

### **Scenario argini tracimabili per T=50 anni**

Si verificano esondazioni oltre il corpo arginale tra il ponte ferroviario della linea Cagliari – Olbia (sez. 45 PSFF) ed il ponte della strada San Giorgio a Serramanna (sez.42 PSFF), limitatamente alla sponda destra, e, su entrambe le sponde, tra il Ponti Nou a Villasor (sez.34 PSFF) e la foce.

Nella parte di valle, gli allagamenti interessano le aree esterne alle arginature su entrambe le sponde a partire da valle dell'abitato di Villasor fino in foce. A causa dell'andamento pianeggiante di queste aree, le acque esondate si spandono sul piano campagna secondo direzioni che sono influenzate dalla fitta rete di canali irrigui presente e dalla micro-morfologia del terreno, rendendo difficoltosa l'individuazione dei limiti d'esondazione. Gli abitati di Decimoputzu, Decimomannu, Uta e Assemini risultano parzialmente interessati dagli allagamenti. Nelle zone esterne agli argini si registrano altezze idriche localmente superiori a 2 m e velocità puntuali superiori a 1,5 m/s.

Nel tronco compreso tra Villasor e Decimoputzu, per T=50 anni si determina il sormonto degli argini su entrambe le sponde. A Villasor il fenomeno è favorito dall'interferenza della statale S.S.196 (sez. FM 034) e dalla confluenza, poco a valle, del canale rio Nou (sez. FM 034). In prossimità della confluenza, la fascia A\_50 si allarga in destra risalendo lungo l'asta secondaria sino all'altezza della loc. Palmas, per poi discendere nel fondovalle seguendo la fitta rete di drenaggio superficiale sino a Decimoputzu. In sinistra idraulica la fascia, appoggiata al rilevato ferroviario della linea Cagliari – Olbia sino all'altezza del riu Malu (sez. FM 031), coinvolge l'area produttiva e il depuratore di Villasor; proseguendo, il limite è prima appoggiato alla strada comunale Bia de s'Isca (sez. FM 031 - sez. 028), poi al reticolo minore (sez. FM 028 - sez. 026) e successivamente al versante morfologico (sez. FM 026 - sez. 020). La larghezza media raggiunta dalla A\_50 nel tronco è pari a circa 2.500 m e coinvolge numerosi insediamenti agricoli, tuttavia le criticità principali riguardano gli attraversamenti stradali e i centri abitati: il quartiere occidentale di Villasor e quello orientale di Decimoputzu.

### **Scenario argini tracimabili per T=100 anni**

Rispetto allo scenario per T=50 anni precedentemente illustrato, in questo caso le esondazioni oltre il limite arginale interessano anche il tronco compreso tra i due descritti nello scenario precedentemente: dal ponte ferroviario della linea Cagliari-Olbia, a monte di Serramanna, fino in foce, gli argini non sono in grado di contenere i livelli di piena. Come in precedenza l'allagamento interessa ampie porzioni della piana alluvionale coltivata coinvolgendo anche alcuni centri abitati. La fascia B\_100 lungo lo stesso tronco tra Villasor e Decimoputzu descrive un ulteriore aggravamento rispetto a T=50 anni; l'incremento di portata si traduce in una maggiore estensione della fascia nell'ampia piana del Campidano. A Villasor la fascia B\_100 si allarga oltre la A\_50 sino ad appoggiarsi sulla S.S.196 e risalire lungo il riu Malu, coinvolgendo alcune aree del centro abitato. Anche a Decimoputzu la fascia interessa una parte di area urbana.



**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 successivo tronco è compreso tra Decimoputzu e Decimomannu ed è caratterizzato dai tre attraversamenti a monte della confluenza con il rio Mannu: ponte nord della S.S.130 (sez. FM 016), ponte sud (sez. FM 015) e attraversamento ferroviario della linea Iglesias - Cagliari (sez. FM 014). I fenomeni di rigurgito a monte sono tali da comportare significativi innalzamenti del livello oltre le quote dei rilevati d'accesso già per T=50 anni.

L'effetto di rigurgito comporta l'allagamento, in destra, dei quartieri nord-orientali di Villaspeciosa (sez. FM 019) e in sinistra degli insediamenti periferici di Decimomannu, dove le fasce percorrono l'alveo dismesso del rio di Santa Sperate. Nel tronco non si apprezza una rilevante differenziazione tra la fascia A\_50 (mediamente larga 2.500 m) e la B\_100.

L'ultimo tronco va da Decimomannu alla confluenza nello stagno di Santa Gilla. Le due fasce, pressoché coincidenti, sono appoggiate in sinistra al rilevato della linea ferroviaria Decimomannu – Cagliari, distinguendosi in corrispondenza dell'abitato di Assemini dove la fascia B\_100 coinvolge settori più esposti del quartiere meridionale; il sormonto dell'argine sinistro provoca l'allagamento dell'area, densamente antropizzata, compresa tra il versante sinistro e l'alveo stesso, in cui sorgono numerosi insediamenti agricoli, civili ed industriali, nonché la rete viaria che taglia la piana costiera del Campidano. In destra le fasce percorrono alcune strade comunali, tagliano l'abitato di Uta e proseguono verso il rilevato arginale del rio Cixerri. Il territorio compreso tra il Cixerri e il Flumini Mannu, in cui sorge di Uta, è soggetto all'esondazione di entrambi i fiumi; in particolare il Flumini Mannu determina l'allagamento dei quartieri nord-orientali di Uta. Gli attraversamenti del tronco, quello comunale su via S. Ambrogio verso Uta, quello comunale di Assemini e quello della S.P.2, hanno quote di impalcato superiori a quelle del profilo arginale; l'interferenza delle pile in alveo induce un significativo effetto di rigurgito, fino a provocare il sormonto delle opere di contenimento. In corrispondenza della foce, le fasce A\_50 e B\_100 seguono il tracciato della A\_2, coinvolgendo, congiuntamente a quelle del Cixerri, le aree umide dello stagno di Santa Gilla sino alla costa.

### **Scenario argini tracimabili per T=200 anni**

In questo scenario si verifica anche l'esondazione oltre il corpo arginale di sponda destra compreso tra Samassi ed il ponte ferroviario e il conseguente allagamento della porzione di territorio compresa tra l'arginatura di sponda destra ed il rilevato ferroviario, dove si verificano localmente altezze idriche superiori a 1,5 m e velocità più elevate di 1,5 m/s. Come evidenziato per le fasce A\_50 e B\_100, il sistema arginale, presente su entrambi i lati, è inadeguato al contenimento delle portate più elevate. La B\_200 segue nel complesso il limite delle fasce meno gravose, con larghezze medie di circa 2.000 m. La criticità più significativa riguarda l'incremento delle aree allagate dei numerosi centri urbani presenti: tra questi, i più esposti appaiono Villasor, Decimoputzu, Villaspeciosa, Decimomannu e Uta.

In corrispondenza della foce la B\_200 coincide con quelle inferiori, e coinvolge, congiuntamente a quella del Cixerri, le aree umide dello stagno di Santa Gilla sino alla costa.



**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

**Infrastrutture** - Dal punto di vista infrastrutturale, come detto, su tutto il tratto di interesse, in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, per il tempo di ritorno  $T=50$  anni i livelli idrici sono superiori al profilo arginale e danno luogo quindi ad esondazioni che interessano le aree esterne agli argini. Il comportamento di queste infrastrutture è riepilogato nella Tabella 3.2 dalla quale si evince che il franco è sempre negativo e quindi non viene mai rispettato comportando in alcuni casi il sormonto della struttura.

In dettaglio si ha un sormonto già con la portata cinquantenaria per il ponte di via Coghe, per quello del vivaio forestale e per quello sulla SS 130, mentre con portate superiori ai 50 anni vengono sormontati tutti gli altri ponti.

Si osserva fin d'ora che gli argini sono il più delle volte intestati sull'intradosso della infrastruttura; pertanto, una insufficienza arginale comporterebbe un funzionamento in pressione in corrispondenza della infrastruttura.

**Tabella 3.2–Valori di livello idrico e franco in corrispondenza degli attraversamenti (fonte PSFF)**

Descrizione	ID Sez.	Quota intradosso [m s.m.]	Livello idrico [m s.m.]					Franco (m)				
			T=2	T=50	T=100	T=200	T=500	T=2	T=50	T=100	T=200	T=500
Ponte S.P.2	4.3	5.95	2.51	6.46	7.32	8.10	8.97	3.44	-0.51	-1.37	Sor.	Sor.
Ponte v. Coghe Assemini	5.3	4.54	2.79	7.46	8.29	9.03	9.39	1.75	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.
Ponte Viv.o Forestale-C. Piludu	10.3	4.14	5.33	9.41	10.07	10.78	11.61	-1.19	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.
Ponte FF.SS. Iglesias-Decimomannu-Cagliari	14.3	10.19	7.95	12.03	13.21	14.04	14.96	2.24	-1.84	Sor.	Sor.	Sor.
Ponte sud S.S.130	15.3	10.44	8.09	12.46	13.73	14.57	15.74	2.35	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.
Ponte nord S.S.130	16.3	10.43	8.21	12.78	13.96	14.76	15.90	2.22	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.
Ponte Benetti	23.3	16.70	13.99	17.49	18.32	18.98	18.84	2.71	-0.79	-1.62	Sor.	Sor.
Ponti Nou a Villasor - S.S.196	34.3	26.01	23.64	27.47	28.10	28.67	29.32	2.37	-1.46	Sor.	Sor.	Sor.

Una vista delle infrastrutture interferenti è rappresentata nelle figure seguenti:



**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 3.9–Ponte SS 196 a Villazor



Figura 3.10–Ponte Benetti a Decimoputzu



**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 3.11**–Ponte SS 130 – ferroviario e guado forestale



**Figura 3.12**–Ponte Via Coghe – Ponte SP2



Inoltre, si possono evidenziare alcune criticità che possono sorgere nel predisporre il modello idraulico riguardanti la geometria dell'asta fluviale e il numero e disposizione ed estensione delle sezioni trasversali di modello. In particolare, per la corretta predisposizione delle sezioni di calcolo è necessario che esse siano disposte ortogonalmente alla direzione della corrente e quindi quasi mai esse appariranno come elementi geometrici lineari, ma più spesso avranno un andamento curvilineo approssimabile da una spezzata. Inoltre, le sezioni devono avere una estensione tale da intercettare, in caso di esondazione, la superficie del pelo libero, evitando che il software di calcolo, non riuscendo a confinare la piena, eriga degli argini virtuali ai limiti delle aree di allagamento. Una terza criticità riguarda il fatto che le sezioni del PSFF sono mediamente distanti circa 500/600 m per cui ad esempio il tratto a valle della SS 130 è modellato con 14 sezioni di calcolo (Figura 3.13). In questo modo possono non essere considerate nel modello di simulazione informazioni topografiche importanti come ribassi arginali, confluenze di rii minori, variazioni di sezione o altri elementi che generano discontinuità locali.

Nella Figura 3.14 si riportano alcuni dettagli delle zone interessate da inondazione. Per una documentazione completa si rimanda al quadro di unione delle aree di pericolosità allegato allo studio.

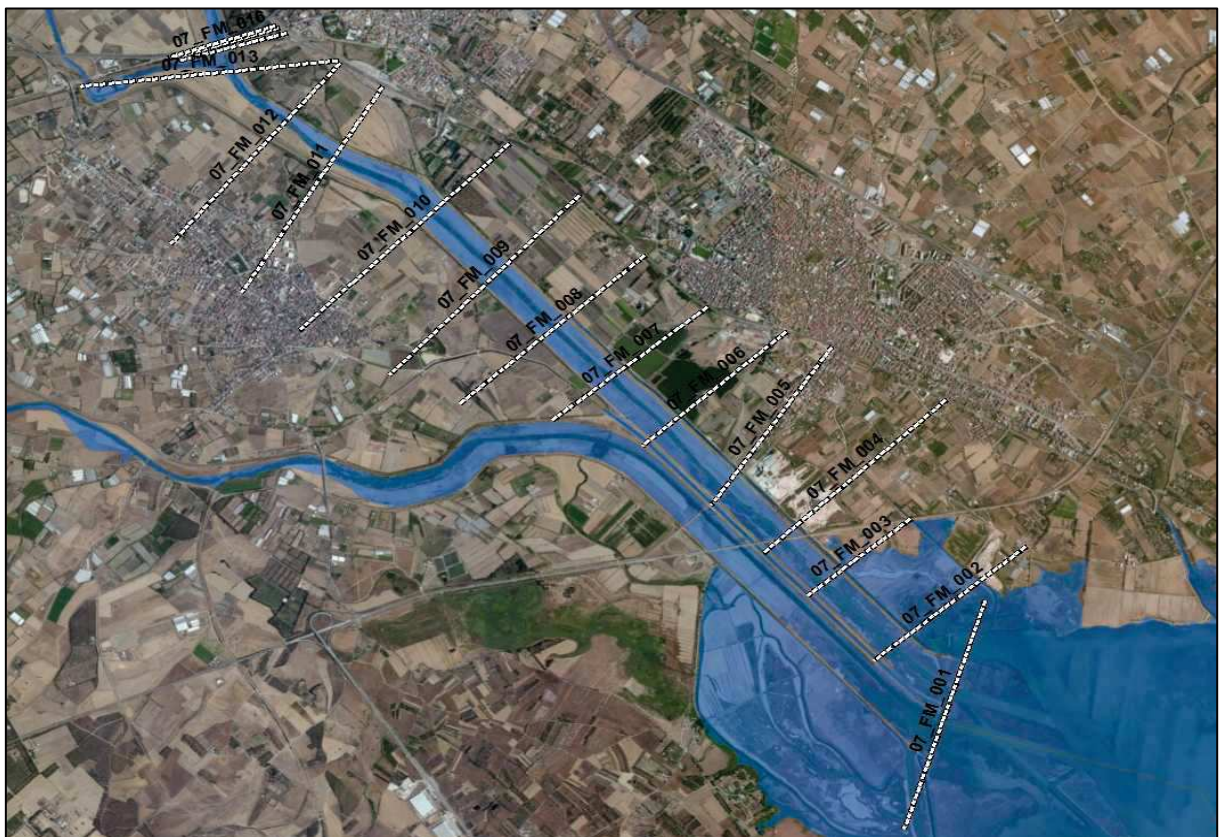


Figura 3.13 – Stralcio modello PSFF con sezioni di calcolo



**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

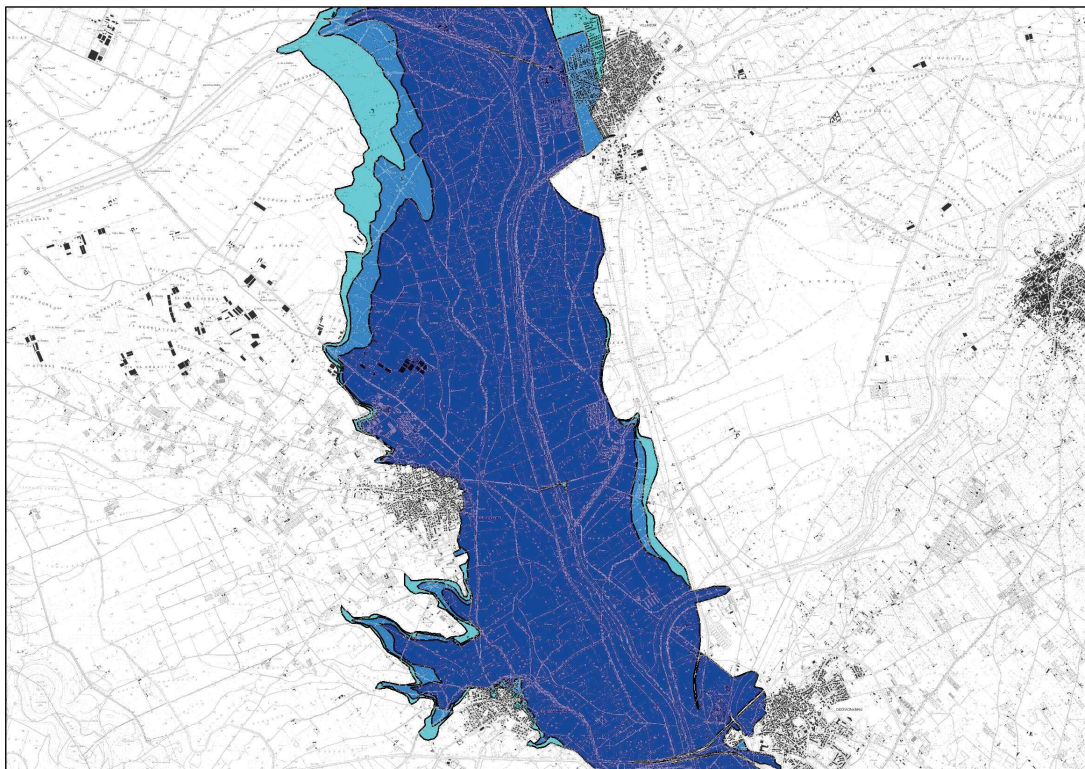
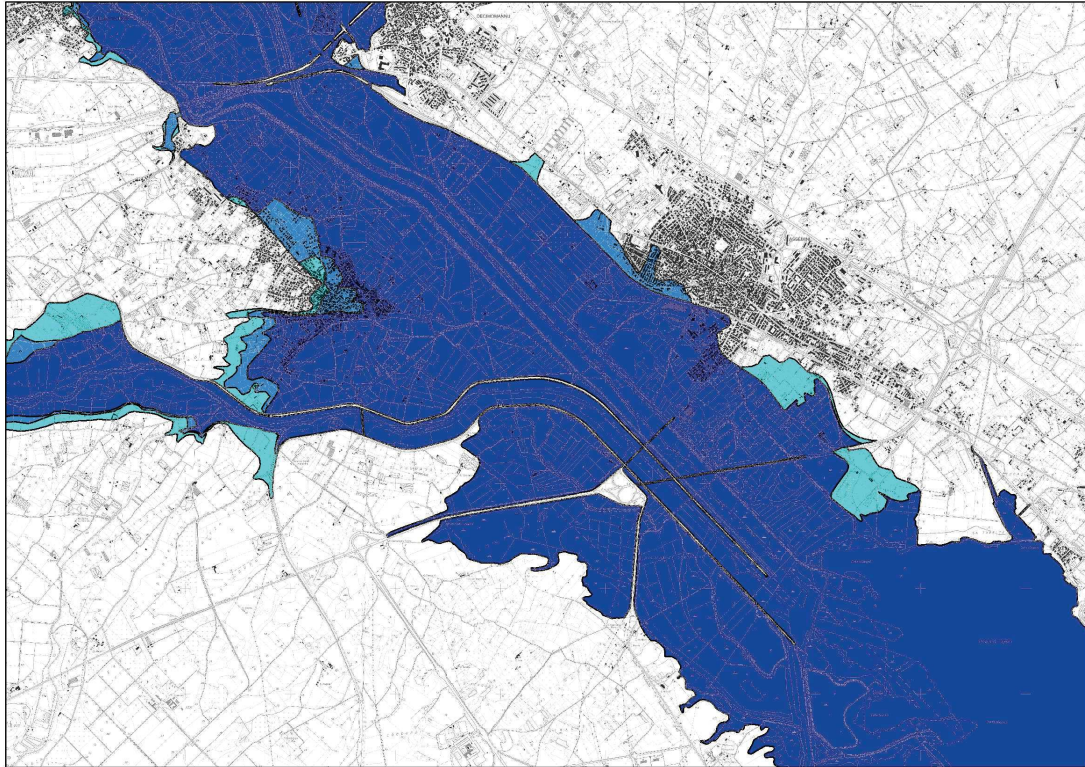


Figura 3.14 - Criticità individuate dal PSFF



## 4 Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale

Le giustificazioni che hanno indotto a eseguire l'aggiornamento della modellazione idraulica nello stato attuale, rispetto a quella sviluppata dal PSFF, si appoggiano in parte alle considerazioni svolte nel paragrafo precedente riguardo alla disponibilità di ulteriori informazioni sul territorio, ma anche allo sviluppo metodologico dell'analisi costi-benefici che sarà sviluppata nello studio per dare giustificazione degli interventi previsti. Sulla base di quanto evidenziato nei paragrafi precedenti, il presente studio si propone, infatti, di **valutare il danno di piena prendendo in considerazione le effettive quote idriche di allagamento riscontrabili ai diversi tempi di ritorno degli eventi attesi**. Si ricorda che il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha prodotto esclusivamente le perimetrazioni delle pericolosità idrauliche ai diversi tempi di ritorno. Essenziale, ai fini dell'aggiornamento, è inoltre la disponibilità dei dati LIDAR con risoluzione spaziale a maglia di 1 m di lato, per la fascia costiera del bacino e per il territorio percorso dal corso d'acqua, rendendo quindi possibile un dettaglio topografico assai utile nel delineare sia la geometria del modello che le aree allagabili e i relativi battenti idrici.

In termini di dati di input il nuovo modello monodimensionale ha considerato il medesimo tronco fluviale analizzato dal PSFF da Villasor alla foce, che comprendeva n. **35** sezioni trasversali (di cui 14 a valle della SS 130 e 21 a monte comprensive di quelle corrispondenti alle infrastrutture stradali), ma le stesse sezioni sono state estratte dal DTM 1 m, estese fino a intercettare il pelo libero e incrementate per un totale di **425** sezioni di cui 215 a valle della SS 130 (Figura 4.1 e Figura 4.2). In questo modo si riesce a tenere conto:

1. Della variabilità topografica del territorio;
2. Dei raggi di curvatura relativamente piccoli dell'asta fluviale;
3. Dei tracciati planimetrici dei corpi arginali;
4. Delle discontinuità generate da confluenze o cambi di sezione

Sempre in termini di dati input, nel nuovo modello idraulico predisposto in questo studio si è optato per conservare sia l'attribuzione dei coefficienti di scabrezza, come considerati nel PSFF, sia le condizioni al contorno, le quali sono state mantenute a monte (altezza di moto uniforme corrispondente alla pendenza del 2.3 per cento) come a valle (livello idrico sulla spiaggia pari a +0.80 sul medio mare). Anche la geometria delle strutture trasversali di attraversamento, come gli impalcati dei ponti in quanto dichiaratamente originata da un rilievo locale, è stata conservata.

Dal punto di vista idrologico sono state considerate le stesse portate già adottate nel PSFF con la stessa successione di incrementi da monte verso valle: in particolare le portate del tratto sublacuale a valle della diga di Is Barroccus sono quelle laminate, con un effetto di laminazione pressoché influente.

L'analisi idraulica come nel caso del Piano Fasce è stata eseguita per eventi con i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni sia nella configurazione ad argini non trascinabili che in quella ad argini trascinabili.



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

Un aspetto rilevante sul quale si vuole richiamare l'attenzione riguarda la modellazione ad argini tracimabili qui adottata per tracciare le aree di esondazione nella zona più valliva nella quale il Flumini Mannu scorre affiancato al rio Cixerri. Sulla base di valutazioni condivise con ARDIS, si è infatti adottata una differente ipotesi rispetto a quanto contenuto nel PSFF: Si ricorda che il PSFF ipotizza un comportamento idraulicamente indipendente del Flumini Mannu rispetto al Cixerri e lo simula, nella parte più valliva, **inserendo un argine virtuale** indefinito in destra, che impedisce alla piena del rio Flumini Mannu di invadere le aree in sponda destra che restano invece di competenza del solo Cixerri. La modellazione qui adottata, per poter rappresentare più correttamente come si sviluppa sul territorio il fenomeno di piena del Flumini Mannu anche in sponda destra, **elimina l'argine virtuale**, verifica il contributo alla capacità di deflusso sia degli argini del Flumini Mannu che del Cixerri al contenimento della piena del rio Flumini Mannu e infine considera la tracimazione anche in sponda destra, se nessuno dei due argini è in grado di contenere la piena ai tempi di ritorno considerati. Ovviamente questa diversa impostazione del modello determina un certo disallineamento tra le perimetrazioni del Flumini Mannu date dal PSFF e ottenute dal DICAAR nella parte più valliva in sponda destra, peraltro in gran parte compensate dall'effetto di esondazione del Cixerri che in sponda destra ha una comunque una sua criticità intrinseca.

Riguardo alla presenza delle arginature, il modello aggiornato ha valutato che gli stessi siano adeguati al contenimento della corrente di piena a condizione chela quota del pelo libero non superi quella corrispondente al franco di 20 cm rispetto al colmo arginale. Nel caso di quote idriche maggiori della soglia indicata, l'argine viene considerato sovrastato (opzione levee non applicata).

Si ribadisce che l'aggiornamento e l'affinamento del modello idraulico ha riguardato tutto il tratto compreso tra l'abitato di Villasor (sezione 35 PSFF) e la foce in quanto in queste aree risultano presenti elementi a rischio di classe elevata (E3 o E4) sia nella forma di edificato urbano che in quella di infrastrutture viarie rilevanti, ed è quindi importante fare una valutazione dettagliata del danno di piena. Da ciò si spiega il fatto che layout e rappresentazioni grafiche coprono tutta questa porzione di territorio, ritenendo molto significativa una valutazione del danno da piena in tutte le zone fortemente antropizzate a valle dell'abitato di Villasor.

Premesso dunque che valutazione del danno è legata al battente idrico, è fondamentale sottolineare la peculiarità di questa nuova modellazione che, sfruttando la possibilità di interfacciare l'output del software di calcolo idraulico con il modello di terreno in ambiente GIS, consente l'attribuzione del relativo battente idrico, con risoluzione spaziale di 1 m, ai circa **48 km<sup>2</sup>** di aree allagate (di cui 23.9 a monte e 24.1 a valle della SS 130) e in definitiva la quantificazione del danno atteso su tutto il tratto a valle di Villasor.



**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 4.1 – Sezioni idrauliche del PSFF e della nuova modellazione con DTM 1 m (monte SS 130)



**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

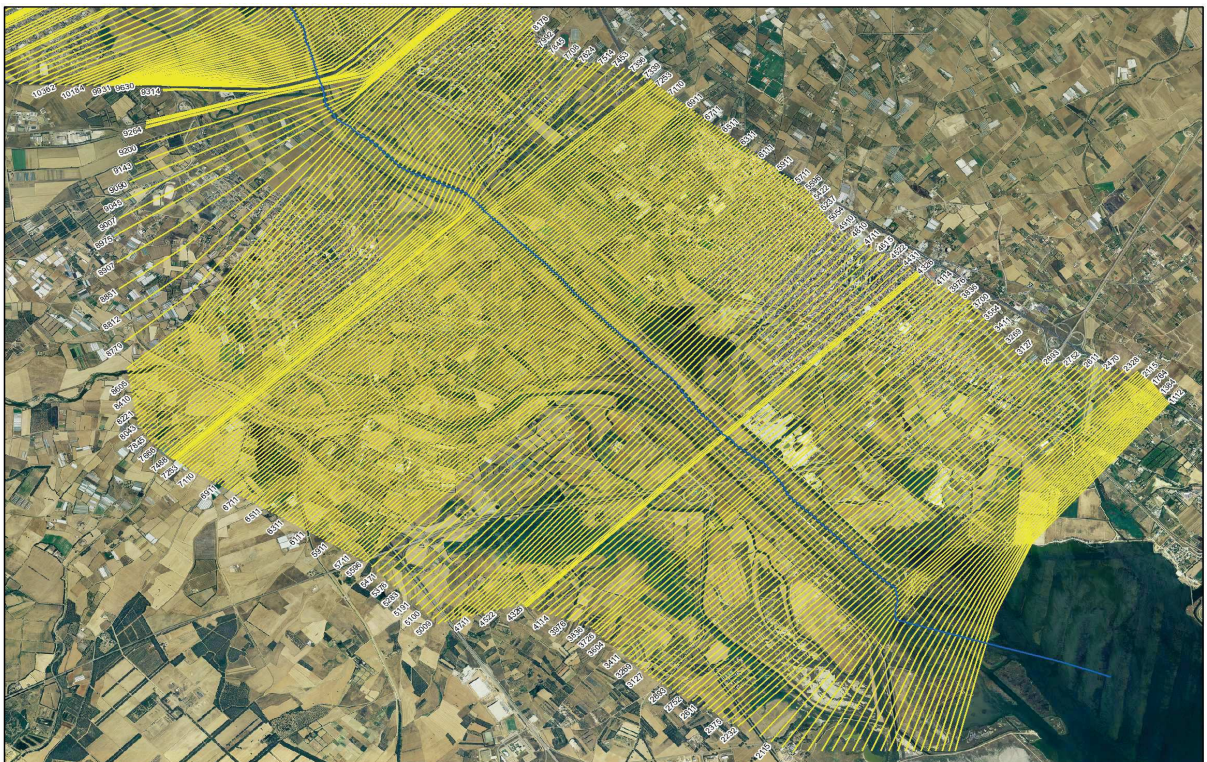


Figura 4.2 – Sezioni idrauliche del PSFF e della nuova modellazione con DTM 1 m (valle SS 130)



**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 nuova modellazione idraulica per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni ha dato risultati allineati con quelli del PSFF. Si conferma dalla simulazione ad argini non tracimabili la insufficienza delle opere arginali sia a monte che a valle della SS 130 con differenza di quota tra argine e profilo che già con la portata cinquantenaria arriva fino a 2 m (argine destro in prossimità del ponte sulla 130 Figura 4.3, Figura 4.4, Figura 4.5). Pertanto per tutti i tempi di ritorno è stato necessario ricorrere allo scenario ad argini sormontabili per tracciare e identificare le mappe di allagamento attraverso l'eliminazione dell'opzione levee, utilizzata localmente solo per correggere i risultati del modello in alcune discontinuità del terreno.

In sintesi si può dire che, rispetto al PSFF, sia per il tempo di ritorno T50 che per quello T100 e 200 il risultato delle simulazioni non evidenzia sostanziali differenze sulla estensione delle aree allagabili sia in sponda destra che in sponda sinistra tanto a monte quanto a valle della SS 130. Solo modeste differenze si presentano localmente per l'aggiornamento della base topografica utilizzata nella costruzione della geometria delle sezioni trasversali e nella fase di restituzione sul terreno dei tiranti idrici e delle aree allagabili.

Si deve tuttavia precisare che queste differenze diventano pressoché nulle laddove nel confronto tra perimetrazioni PSFF e DICAAR si trascurino le aree con tiranti idrici inferiori ai 25 cm.

Relativamente ai battenti idrici i calcoli mostrano che questi si attestano per le portate duecentenarie mediamente intorno ai 2 metri, anche se vi sono ampie porzioni dell'agro che sono interessate da altezze d'acqua inferiori a 0.5 metri.

**Ponti stradali e ferroviari** - Relativamente al comportamento delle infrastrutture stradali, la modellazione ad argini non tracimabili mostra che già con portate cinquantenarie gli attraversamenti non hanno franco idraulico, funzionano in pressione o vengono sormontati (da Figura 4.6 a Figura 4.12).

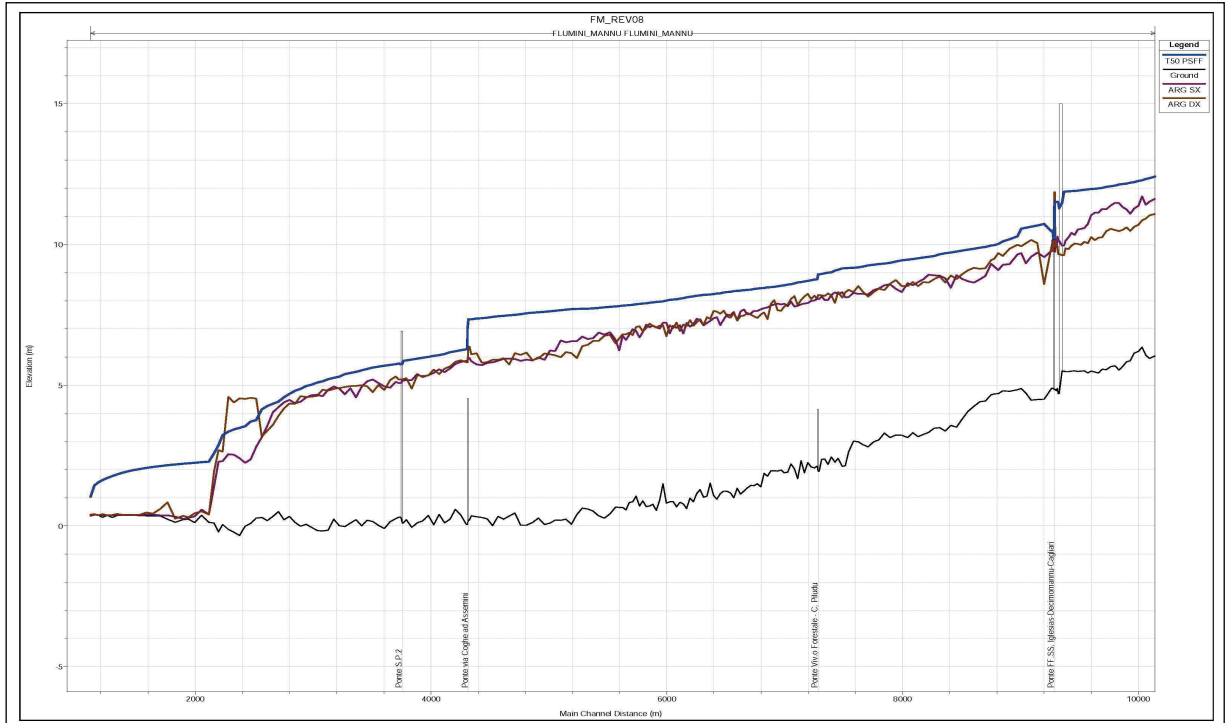


Figura 4.3 – Profilo T50 sormonto degli argini esistenti a valle della SS 130

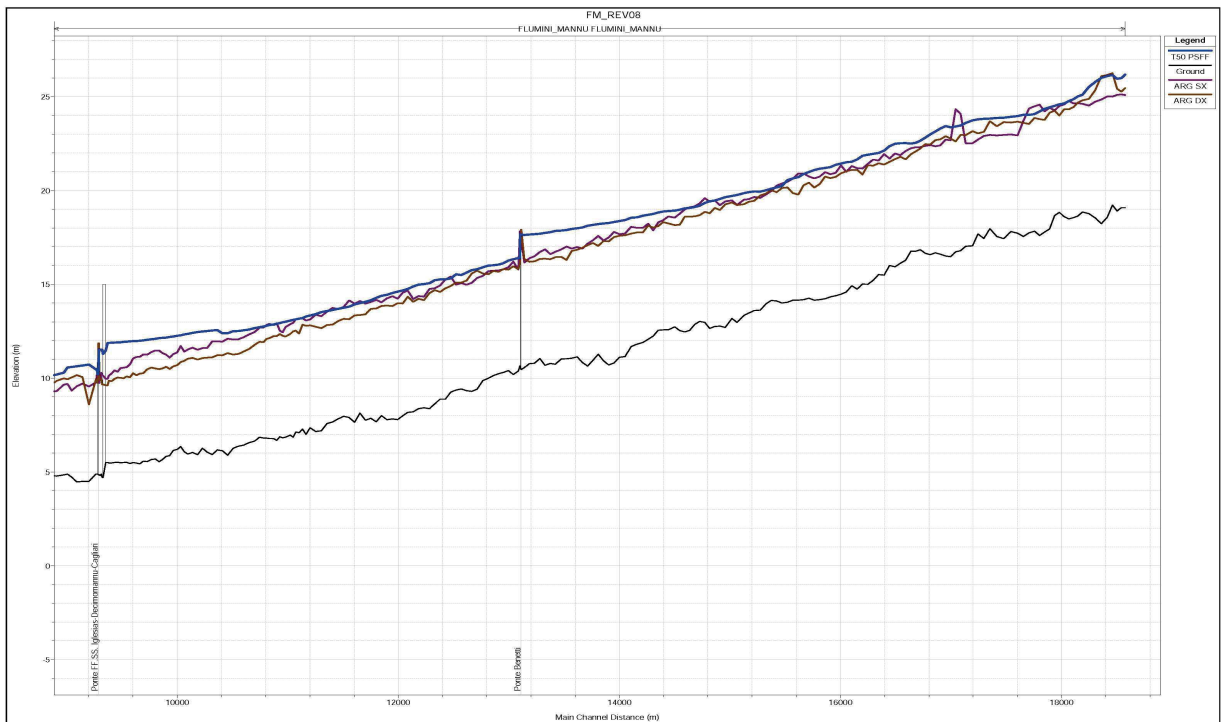


Figura 4.4 – Profilo T50 sormonto degli argini esistenti a valle della SS 130



HEC-RAS Plan: FM_REV08 River: FLUMINI_MANNU Reach: FLUMINI_MANNU Profile: T50 (m)						HEC-RAS Plan: FM_REV08 River: FLUMINI_MANNU Reach: FLUMINI_MANNU Profile: T50 (m)					
Reach	River Sta	Profile	W.S. Elev (m)	Q.ARG DX (m)	Q.FRANCO DX (m)	Reach	River Sta	Profile	W.S. Elev (m)	Q.ARG DX (m)	Q.FRANCO DX (m)
FLUMINI_MANNU	10031.6	T50	12.28	10.86	-1.42	FLUMINI_MANNU	7893.325	T50	9.35	8.60	-0.75
FLUMINI_MANNU	10000.12	T50	12.26	10.69	-1.56	FLUMINI_MANNU	7845.35	T50	9.32	8.38	-0.94
FLUMINI_MANNU	9964.09	T50	12.21	10.63	-1.59	FLUMINI_MANNU	7798.472	T50	9.31	8.43	-0.87
FLUMINI_MANNU	9931.37	T50	12.20	10.48	-1.71	FLUMINI_MANNU	7751.2	T50	9.28	8.30	-0.98
FLUMINI_MANNU	9899.654	T50	12.16	10.61	-1.55	FLUMINI_MANNU	7708.109	T50	9.26	8.15	-1.11
FLUMINI_MANNU	9867.982	T50	12.15	10.52	-1.63	FLUMINI_MANNU	7666.045	T50	9.22	8.31	-0.91
FLUMINI_MANNU	9836.173	T50	12.13	10.47	-1.65	FLUMINI_MANNU	7624.226	T50	9.19	8.52	-0.67
FLUMINI_MANNU	9802.553	T50	12.09	10.51	-1.58	FLUMINI_MANNU	7583.018	T50	9.17	8.31	-0.86
FLUMINI_MANNU	9765.674	T50	12.07	10.56	-1.51	FLUMINI_MANNU	7541.768	T50	9.16	8.39	-0.77
FLUMINI_MANNU	9727.95	T50	12.04	10.47	-1.57	FLUMINI_MANNU	7513.531	T50	9.16	8.30	-0.86
FLUMINI_MANNU	9693.086	T50	12.01	10.26	-1.75	FLUMINI_MANNU	7488.352	T50	9.15	8.11	-1.04
FLUMINI_MANNU	9660.785	T50	11.99	10.24	-1.75	FLUMINI_MANNU	7452.91	T50	9.10	8.31	-0.79
FLUMINI_MANNU	9630.082	T50	11.98	10.15	-1.83	FLUMINI_MANNU	7426.024	T50	9.07	7.92	-1.15
FLUMINI_MANNU	9600.286	T50	11.97	10.26	-1.71	FLUMINI_MANNU	7396.224	T50	9.01	8.18	-0.83
FLUMINI_MANNU	9570.94	T50	11.96	10.04	-1.92	FLUMINI_MANNU	7366.92	T50	9.00	8.26	-0.74
FLUMINI_MANNU	9542.263	T50	11.94	10.09	-1.85	FLUMINI_MANNU	7339.033	T50	8.98	8.17	-0.81
FLUMINI_MANNU	9514.083	T50	11.93	9.99	-1.94	FLUMINI_MANNU	7312.224	T50	8.95	8.20	-0.75
FLUMINI_MANNU	9486.5	T50	11.91	10.02	-1.89	FLUMINI_MANNU	7293.742	T50	8.94	8.21	-0.74
FLUMINI_MANNU	9459.309	T50	11.90	10.03	-1.87	FLUMINI_MANNU	7280	Bridge			
FLUMINI_MANNU	9432.648	T50	11.89	9.96	-1.94	FLUMINI_MANNU	7271.469	T50	8.76	8.09	-0.67
FLUMINI_MANNU	9406.885	T50	11.89	9.84	-2.05	FLUMINI_MANNU	7252.852	T50	8.76	8.18	-0.58
FLUMINI_MANNU	9381.207	T50	11.88	9.86	-2.02	FLUMINI_MANNU	7224.143	T50	8.73	8.06	-0.67
FLUMINI_MANNU	9369.947	T50	11.87	9.62	-2.25	FLUMINI_MANNU	7195.642	T50	8.71	8.25	-0.46
FLUMINI_MANNU	9350	Bridge				FLUMINI_MANNU	7167.233	T50	8.69	8.15	-0.54
FLUMINI_MANNU	9320.523	T50	11.50	9.66	-1.84	FLUMINI_MANNU	7138.8	T50	8.66	8.03	-0.63
FLUMINI_MANNU	9313.835	T50	11.51	9.93	-1.58	FLUMINI_MANNU	7110.269	T50	8.65	7.85	-0.80
FLUMINI_MANNU	9308.494	T50	11.51	9.94	-1.57	FLUMINI_MANNU	7081.86	T50	8.62	8.16	-0.45
FLUMINI_MANNU	9303.7	T50	11.51	9.97	-1.54	FLUMINI_MANNU	7053.495	T50	8.59	8.06	-0.52
FLUMINI_MANNU	9299.447	T50	11.51	9.89	-1.62	FLUMINI_MANNU	7025.085	T50	8.58	7.87	-0.71
FLUMINI_MANNU	9296.313	T50	11.51	9.93	-1.58	FLUMINI_MANNU	6996.696	T50	8.55	7.80	-0.75
FLUMINI_MANNU	9291.427	T50	11.51	11.85	0.34	FLUMINI_MANNU	6968.289	T50	8.53	7.64	-0.89
FLUMINI_MANNU	9280	Bridge				FLUMINI_MANNU	6939.897	T50	8.51	7.66	-0.85
FLUMINI_MANNU	9272.218	T50	10.49	9.76	-0.73	FLUMINI_MANNU	6911.362	T50	8.49	8.02	-0.47
FLUMINI_MANNU	9264.14	T50	10.46	9.94	-0.52	FLUMINI_MANNU	6892.786	T50	8.48	7.89	-0.59
FLUMINI_MANNU	9200.268	T50	10.72	8.59	-2.13	FLUMINI_MANNU	6853.947	T50	8.48	7.34	-1.13
FLUMINI_MANNU	9142.658	T50	10.67	10.05	-0.62	FLUMINI_MANNU	6825.532	T50	8.45	7.58	-0.87
FLUMINI_MANNU	9089.987	T50	10.63	10.16	-0.47	FLUMINI_MANNU	6796.991	T50	8.45	7.51	-0.94
FLUMINI_MANNU	9045.18	T50	10.59	10.04	-0.55	FLUMINI_MANNU	6768.322	T50	8.43	7.39	-1.05
FLUMINI_MANNU	9006.619	T50	10.56	9.94	-0.63	FLUMINI_MANNU	6739.854	T50	8.42	7.45	-0.97
FLUMINI_MANNU	8974.863	T50	10.29	9.99	-0.30	FLUMINI_MANNU	6711.396	T50	8.40	7.51	-0.89
FLUMINI_MANNU	8907.213	T50	10.18	9.85	-0.34	FLUMINI_MANNU	6682.846	T50	8.39	7.57	-0.82
FLUMINI_MANNU	8850.771	T50	10.11	9.59	-0.51	FLUMINI_MANNU	6654.21	T50	8.38	7.47	-0.91
FLUMINI_MANNU	8812.232	T50	10.01	9.69	-0.32	FLUMINI_MANNU	6625.622	T50	8.36	7.46	-0.90
FLUMINI_MANNU	8778.853	T50	9.98	9.50	-0.48	FLUMINI_MANNU	6597.117	T50	8.35	7.30	-1.05
FLUMINI_MANNU	8750.422	T50	9.96	9.44	-0.52	FLUMINI_MANNU	6568.53	T50	8.35	7.56	-0.78
FLUMINI_MANNU	8702.318	T50	9.91	9.15	-0.76	FLUMINI_MANNU	6540.052	T50	8.32	7.40	-0.92
FLUMINI_MANNU	8654.403	T50	9.89	9.14	-0.75	FLUMINI_MANNU	6511.474	T50	8.31	7.45	-0.86
FLUMINI_MANNU	8604.731	T50	9.85	9.17	-0.68	FLUMINI_MANNU	6482.47	T50	8.30	7.65	-0.65
FLUMINI_MANNU	8555.136	T50	9.82	9.08	-0.74	FLUMINI_MANNU	6453.771	T50	8.27	7.54	-0.72
FLUMINI_MANNU	8505.995	T50	9.78	8.94	-0.84	FLUMINI_MANNU	6425.287	T50	8.26	7.61	-0.64
FLUMINI_MANNU	8457.489	T50	9.75	8.77	-0.98	FLUMINI_MANNU	6396.816	T50	8.24	7.64	-0.60
FLUMINI_MANNU	8409.678	T50	9.71	8.90	-0.81	FLUMINI_MANNU	6368.314	T50	8.22	7.36	-0.87
FLUMINI_MANNU	8361.797	T50	9.69	8.65	-1.04	FLUMINI_MANNU	6339.627	T50	8.21	7.41	-0.80
FLUMINI_MANNU	8314.798	T50	9.65	8.86	-0.79	FLUMINI_MANNU	6310.845	T50	8.21	7.14	-1.07
FLUMINI_MANNU	8267.889	T50	9.59	8.77	-0.82	FLUMINI_MANNU	6282.357	T50	8.19	7.34	-0.85
FLUMINI_MANNU	8221.311	T50	9.56	8.65	-0.92	FLUMINI_MANNU	6253.63	T50	8.18	7.23	-0.94
FLUMINI_MANNU	8175.943	T50	9.53	8.66	-0.87	FLUMINI_MANNU	6225.068	T50	8.15	7.11	-1.05
FLUMINI_MANNU	8131.426	T50	9.51	8.52	-0.99	FLUMINI_MANNU	6196.453	T50	8.14	7.31	-0.83
FLUMINI_MANNU	8087.153	T50	9.48	8.66	-0.82	FLUMINI_MANNU	6167.93	T50	8.12	7.10	-1.02
FLUMINI_MANNU	8043.158	T50	9.46	8.52	-0.94	FLUMINI_MANNU	6139.379	T50	8.10	7.16	-0.94
FLUMINI_MANNU	7992.074	T50	9.43	8.52	-0.92	FLUMINI_MANNU	6110.765	T50	8.08	6.92	-1.16
						FLUMINI_MANNU	6082.169	T50	8.05	7.23	-0.82

Figura 4.5 – Differenze tra profilo T50 e quote argine in alcune sezioni a valle della SS 130

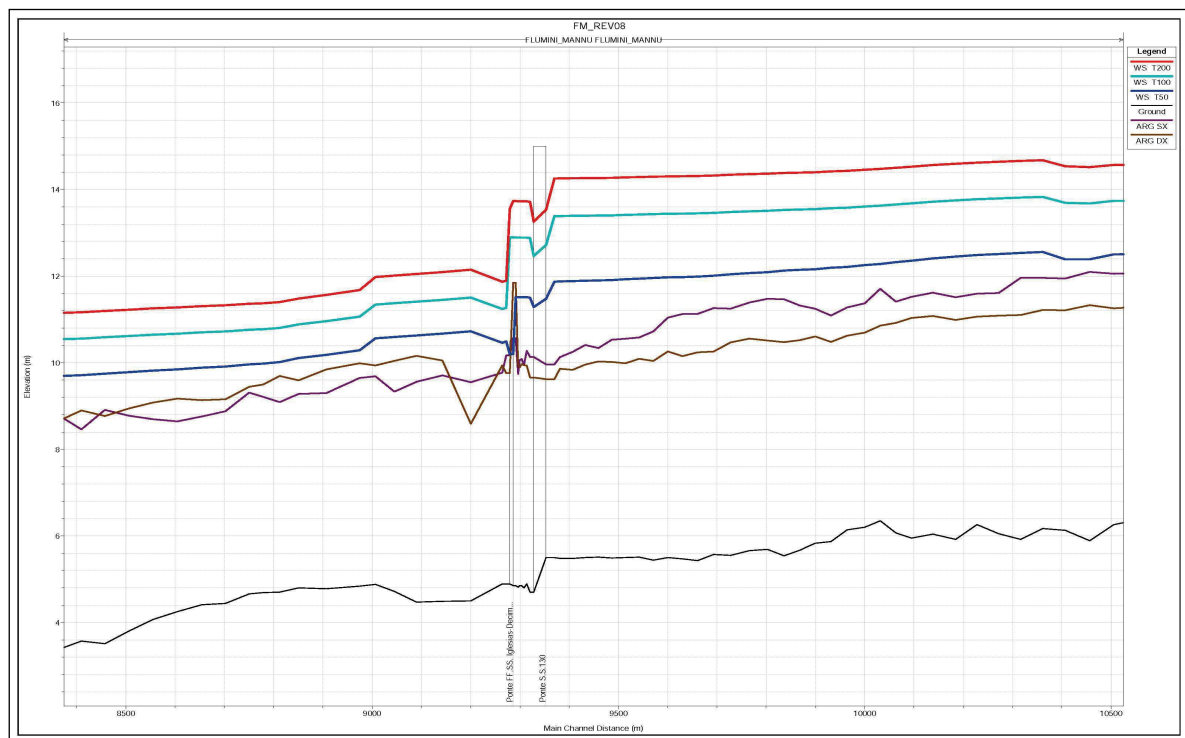
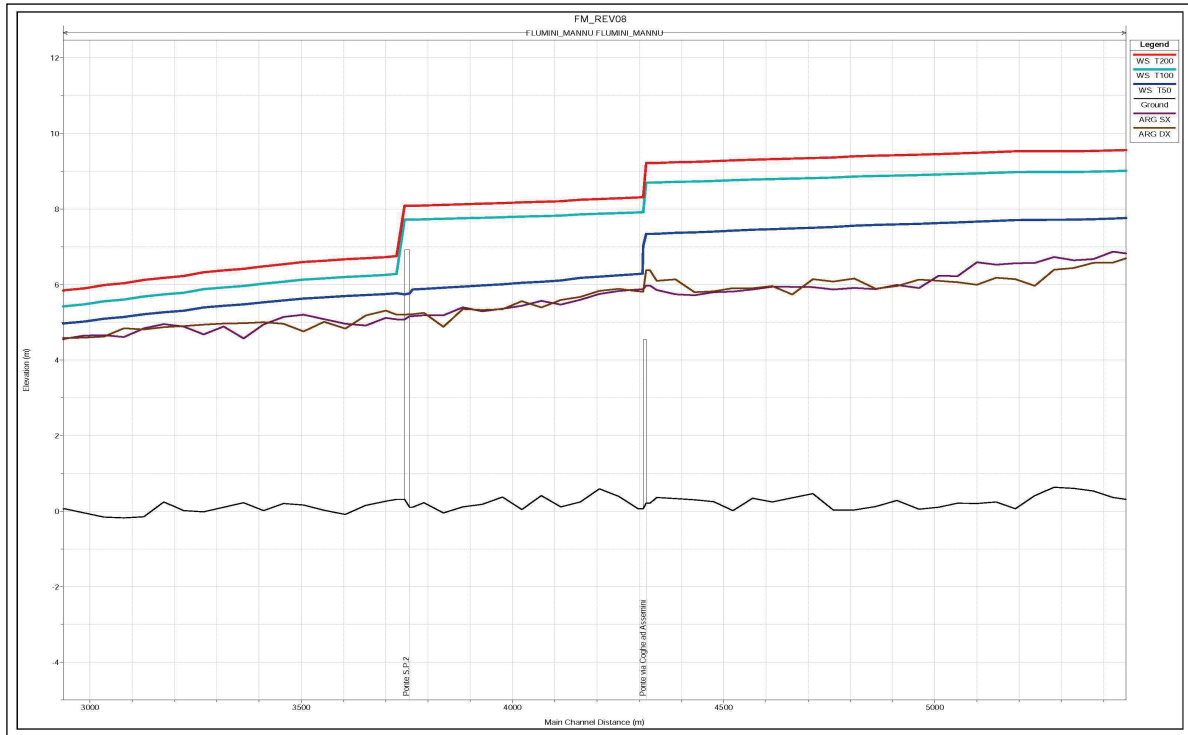


Figura 4.6 – Profili idrici sui Ponti SS 130, FFSS, guado e SP2 sormontati o in pressione

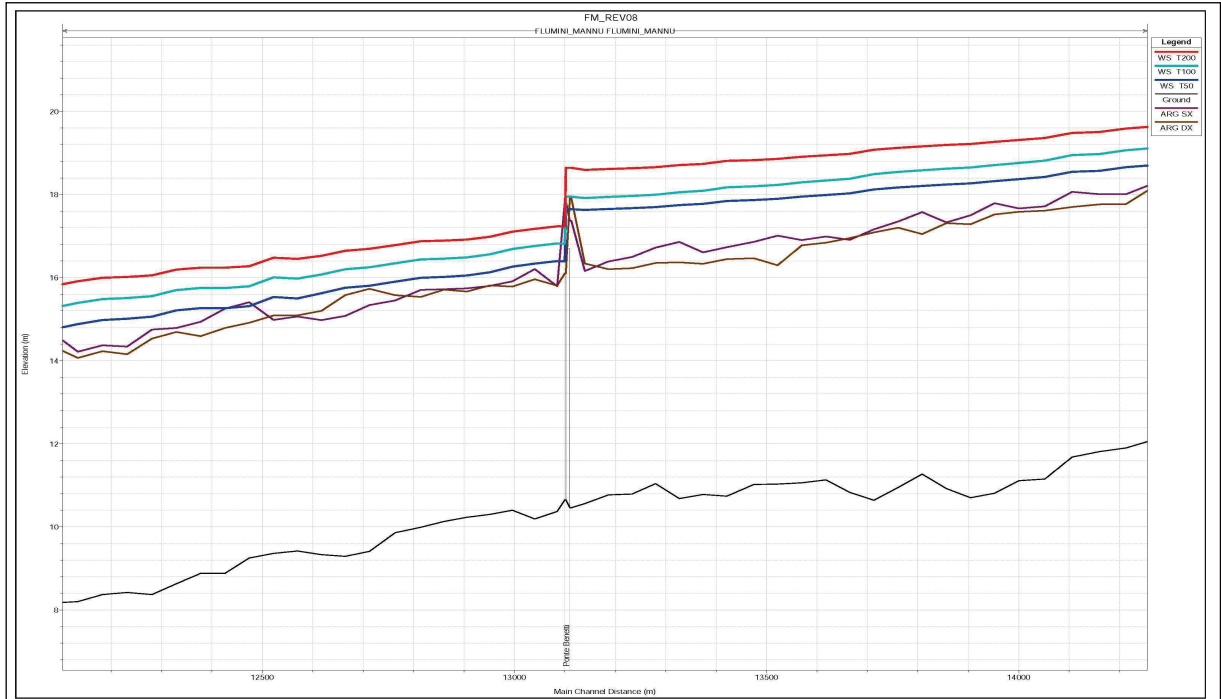


Figura 4.7 – Profili di corrente sul Ponte Benetti sormontato per tutti i tempi di ritorno

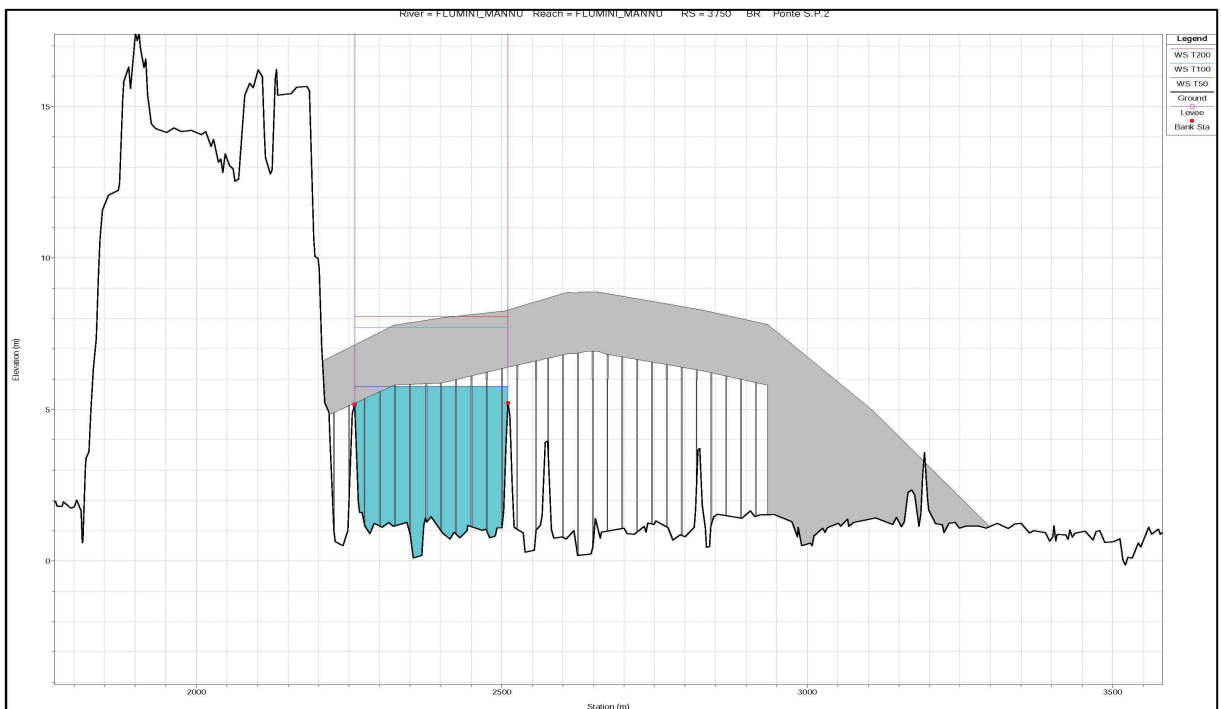


Figura 4.8 – Ponte SP2 sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno



**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

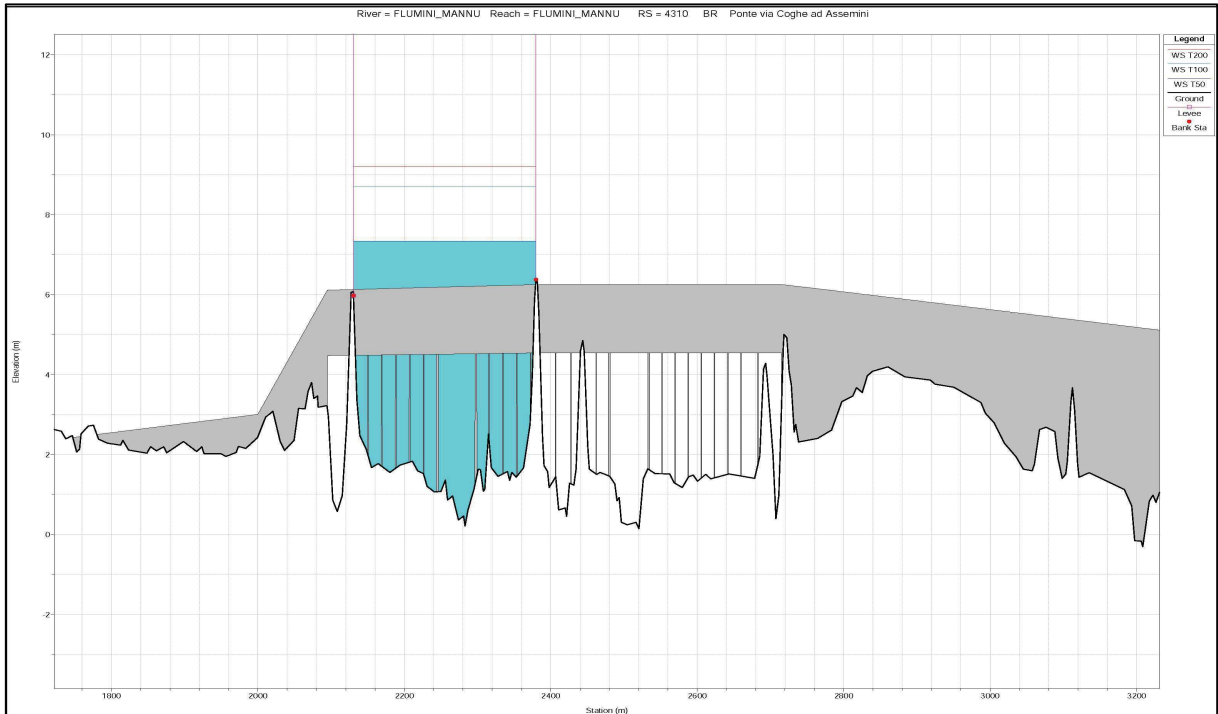


Figura 4.9 – Ponte via Coghe sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno

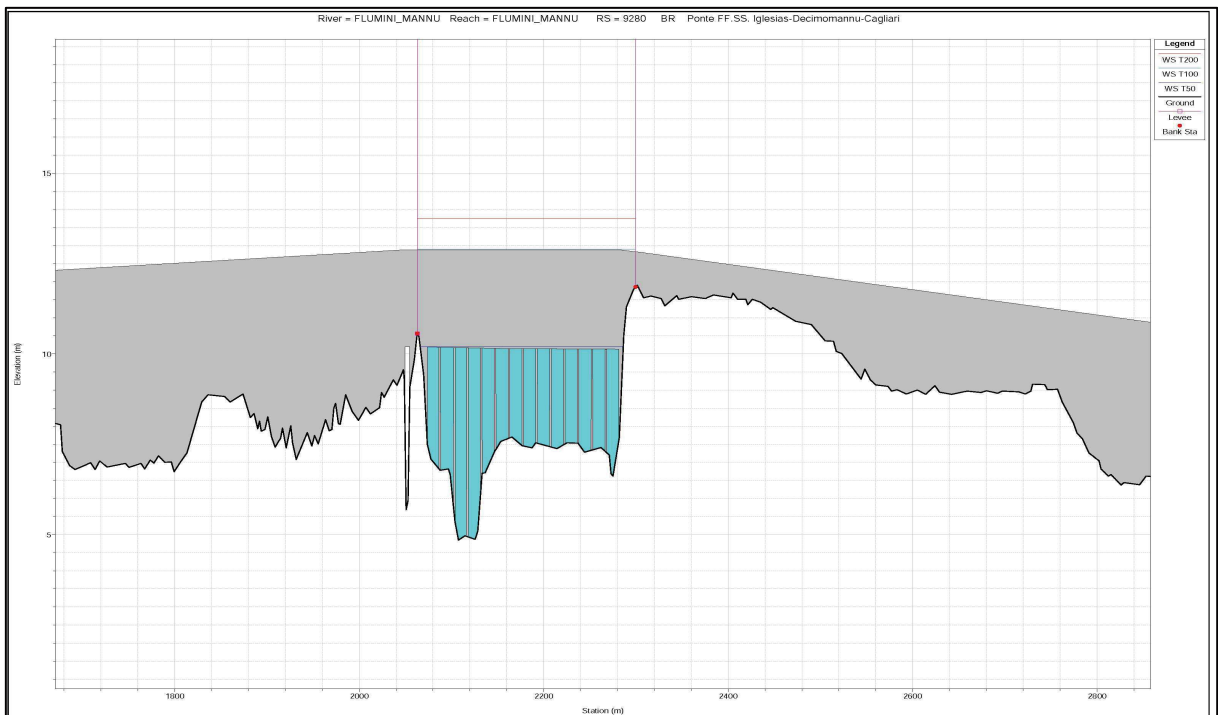


Figura 4.10 – Ponte FFSS sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno



**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

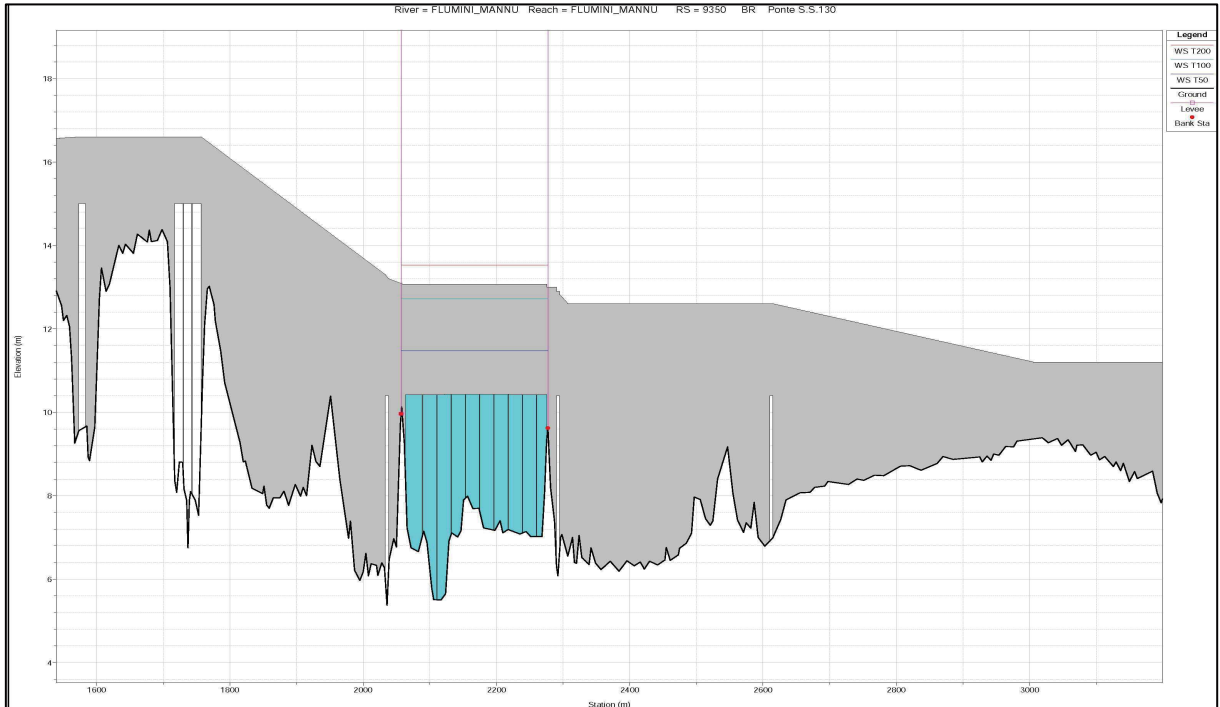


Figura 4.11 – Ponte SS130 sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno

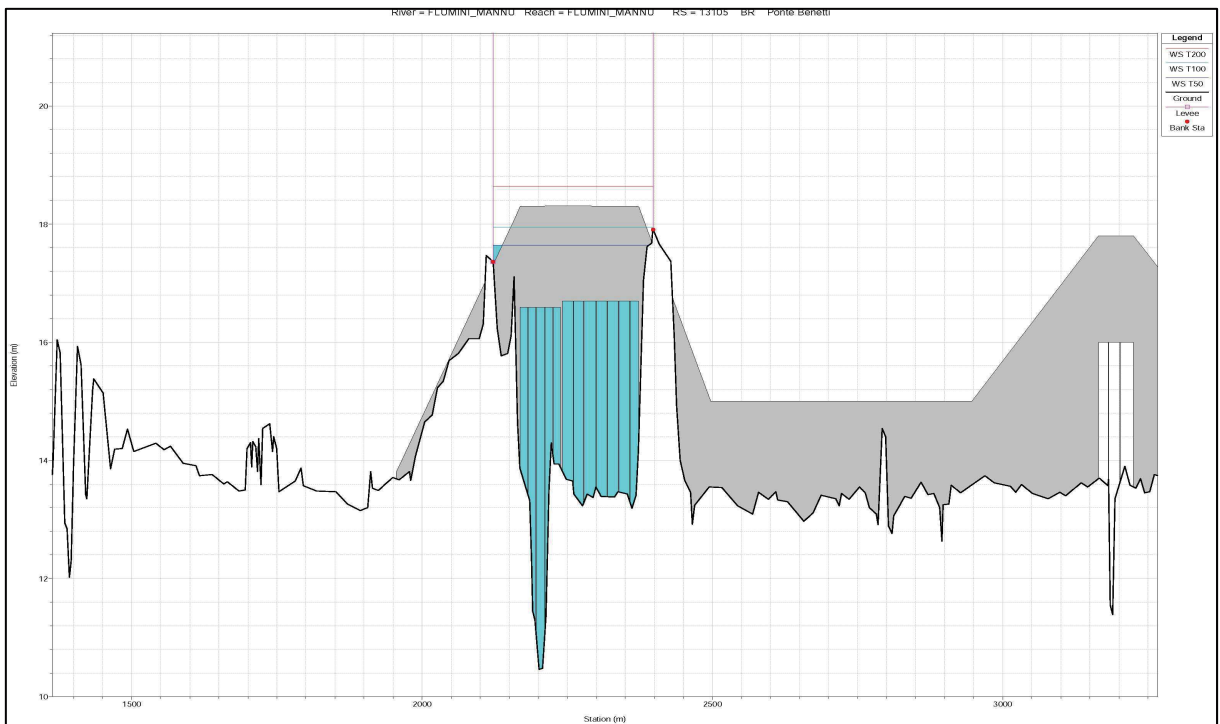


Figura 4.12 – Ponte Benetti sormontato o in pressione per tutti i tempi di ritorno



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

#### 4.1 PORTATE MASSIME COMPATIBILI CON LA SITUAZIONE ATTUALE

Un'interazione importate tra la nuova modellazione idraulica e la scelta delle azioni di mitigazione da adottare riguarda la possibilità di **definire il del livello di pericolosità** valutato per tratti omogenei del corso d'acqua o in corrispondenza di specifiche infrastrutture e, conseguentemente, associato al territorio interessato dalla inondazione. Il parametro che è necessario stimare per questa valutazione è quello della portata compatibile con l'attuale sezione idraulica che di seguito è indicata come portata di piena  $Q_{amm}$ , intendendosi con questo termine la portata di soglia al di sotto della quale si può ritenere che vi sia danno nullo.

Allo scopo il Flumini Mannu è stato suddiviso in due tratti rispettivamente a monte e a valle della SS 130; in entrambi i casi la portata ammissibile è quella che può essere contenuta con un franco minimo all'interno della sezione artificiale arginata e al di sopra della quale è verosimile assumere che vi sia il collasso arginale.

Si deve precisare che l'ipotesi del collasso arginale viene valutata con riferimento all'azione idraulica esercitata dalle acque di piena sulla base dei soli dati geometrici disponibili, mancando allo stato attuale una caratterizzazione geotecnica che valuti le condizioni strutturali interne utili alla valutazione il coefficiente di sicurezza dell'ammasso terroso.

A tale proposito si ricorda che gli argini del Flumini Mannu sono sicuramente da considerarsi come non tracimabili in quanto non sono dotati di soglie rivestite che consentano il loro sormonto e lo sfioro in sicurezza delle portate di piena in eccesso. Il collasso del corpo arginale è ipotizzato come dovuto al sormonto dello stesso corpo arginale e dunque trascurando l'incidenza dei possibili i fenomeni di sifonamento.

In merito all'entità del franco idraulico relativo alla portata massima compatibile si richiama il fatto che la geometria del modello idraulico, aggiornata con l'utilizzo dei dati Lidar, ha permesso di stabilire in maniera sistematica l'andamento altimetrico del suolo e degli argini con una densità di circa 1.5 punti per  $m^2$  e un'accuratezza altimetrica corrispondente  $\pm 1$  s che corrisponde ad un errore medio  $\pm 15$  cm. Considerando che generalmente le aree sulle sommità arginali sono sgombre da vegetazione massiva o di alto fusto, si può valutare la migliore prestazione del dato rilevabile con l'ausilio del Lidar. In tal senso, l'incertezza derivante dal dato altimetrico sulla geometria degli argini e quindi sulla loro stabilità sotto l'azione idraulica, deve essere necessariamente rapportata a questa accuratezza: la condizione che induce al superamento della quota arginale e quindi alla esondazione del rio viene fatta corrispondere al superamento della quota idrica corrispondente a un franco minimo di ampiezza minore o uguale a **20 cm**<sup>1</sup>.

La portata di piena  $Q_{amm}$  corrispondente a tale valore limite è stata valutata mediante l'analisi idraulica del tronco fluviale a monte e a valle del ponte sulla SS 130 ripetuta sistematicamente per valori differenti e per intervalli costanti, individuando di volta in volta le sezioni che presentano il

---

<sup>1</sup> Tale 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

franco idraulico minore. Tali portate sono state associate ad un tempo di ritorno  $T$  trascurando l'effetto di laminazione di Is Barroccus e quindi senza utilizzare i coefficienti di laminazione  $\varepsilon p(T) = Q_u/Q_i$  (rapporto tra la portata massima di laminazione in uscita dal serbatoio e la portata massima di piena) corrispondente al tempo di ritorno  $T$  e contenuti nel PSFF<sup>2</sup>.

Nelle tabelle che seguono sono indicati sia i tempi di ritorno relativi alle portate che determinano il franco idraulico di 20 cm e l'annullamento dello stesso sia la sezione maggiormente critica, riportando per completezza il risultato della modellazione idraulica.

I risultati riportati di seguito mostrano chiaramente che gli argini sia a monte che a valle della SS 130 sono in grado di contenere al più la portata con 10 anni di tempo di ritorno.

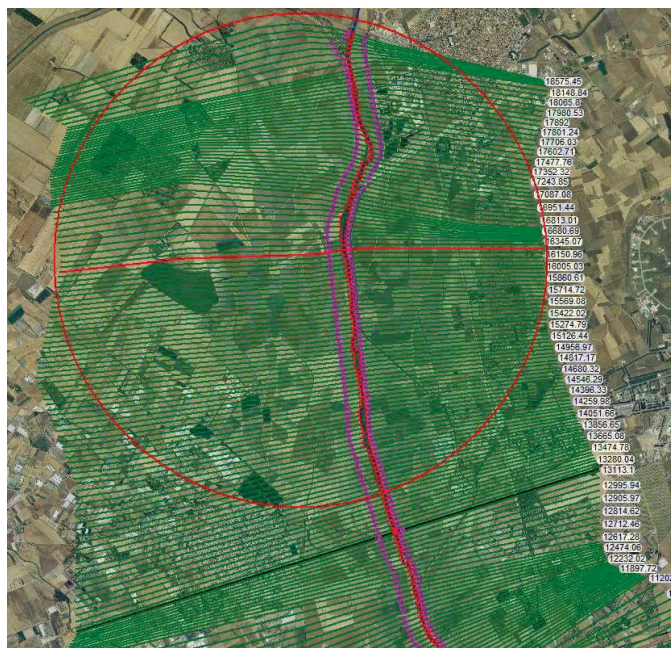
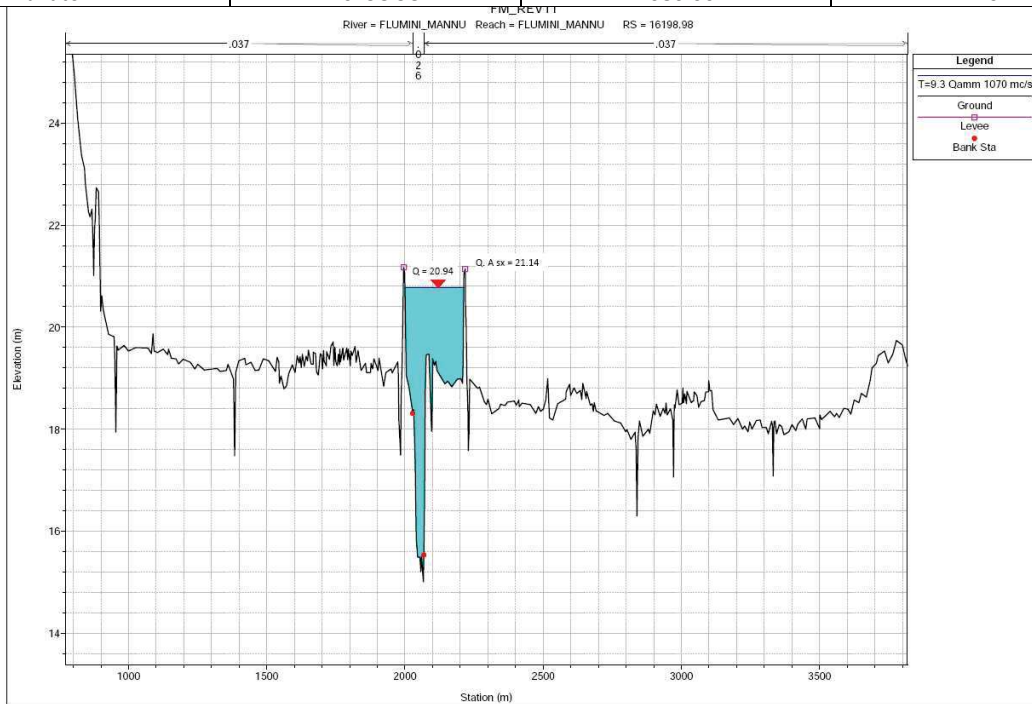
---

<sup>2</sup>Piano stralcio per le fasce fluviali: Allegato 5\_15\_1\_1\_4\_Relazione monografica. Pag. 48



**1°Tronco: Tra Villasor e il ponte SS 130 - argine destro:**

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda destra)	16198.98	1070.00	9.3
franco annullato	16198.98	1080.00	10



**Figura 4.13 – Sezione idraulica a franco annullato a monte della SS130 argine destro**



**2°Tronco: Tra Villasor e il ponte SS 130 – argine sinistro:**

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda sinistra)	17194.66	890	7.2
franco annullato	17194.66	1020	8.5

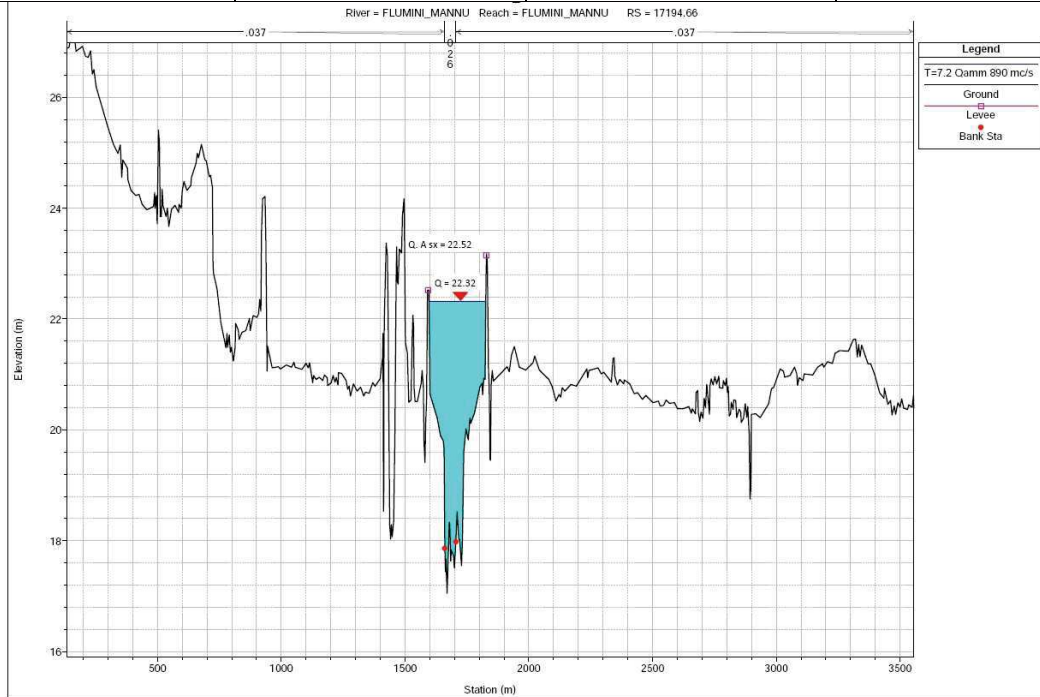
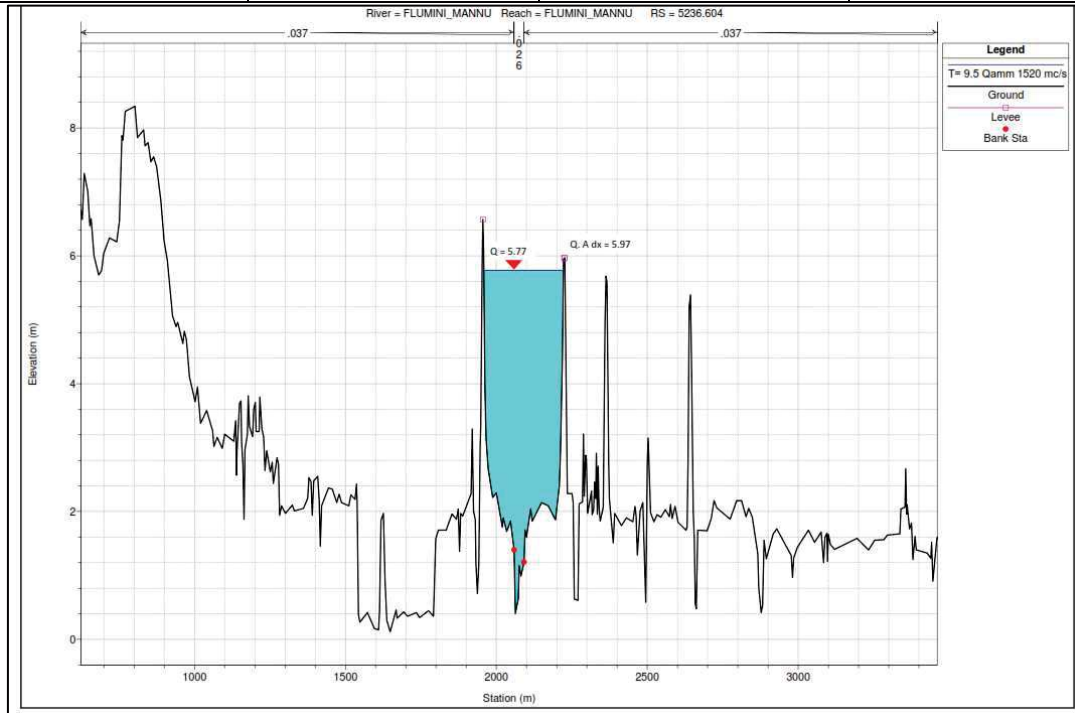


Figura 4.14 – Sezione idraulica a franco annullato a valle della SS 130 argine destro



**3°Tronco: Dal ponte sulla SS 130 fino alla foce – argine destro:**

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda sinistra)	5236.604	1520	9.5
franco annullato	5236.604	1650	10



**Figura 4.15 – Sezione idraulica a franco annullato a valle della SS 130 argine destro**



**4°Tronco: Dal ponte sulla SS 130 fino alla foce – argine sinistro:**

Franco idraulico	Sezione modello	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tempo di ritorno (anni)
20 cm (in sponda sinistra)	4962.856	1550	9.8
franco annullato	4962.856	1660	10.2

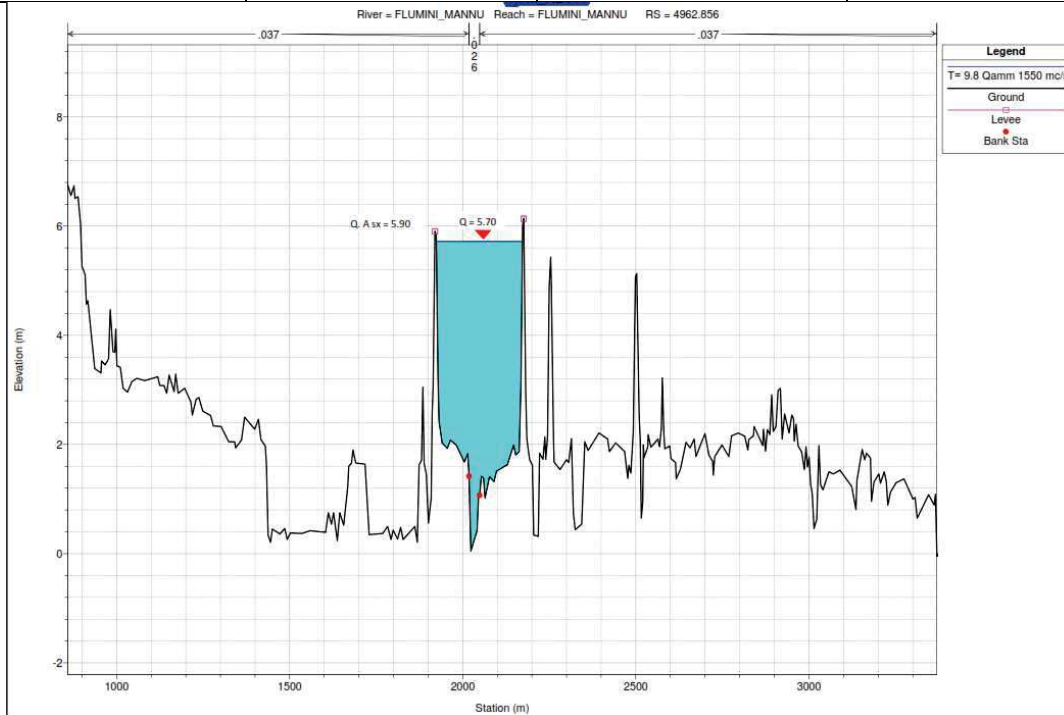


Figura 4.16 – Sezione idraulica a franco annullato a valle della SS 130 argine sinistro



**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 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 a rischio di esondazione: il valore è stato ottenuto sommando i valori dei volumi sulle unità di cella conseguenti ai battenti idrici calcolati come indicato nel dataset di allagamento (in formato GRID). I volumi sono valutati per ciascuno dei tempi di ritorno considerati nelle analisi idrologiche.

**Tabella 4.3 - Volumi di allagamento allo stato attuale**

Tr (anni)	W (m <sup>3</sup> )
50	58'314'241
100	66'605'950
200	74'542'036



## 5 Procedura operativa per il calcolo del danno di piena nel Bacino del Flumini Mannu

Per una descrizione dettagliata della procedura qui utilizzata per la determinazione del danno di piena si rimanda a quanto esposto nella relazione metodologica relativa al bacino pilota (paragrafi da 5 a 8), in questa sede è però utile richiamare sinteticamente i passaggi della procedura, schematizzati nel diagramma di flusso (Figura 5.1).

Il calcolo si basa sul database DBEE degli elementi d'uso riclassificati in categorie di danno a ciascuno dei quali è stato associato un valore massimo di danno specifico espresso in euro a metro quadrato (Tabella 5.4).

**Tabella 5.4 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo**

	DESCRIZIONE CATEGORIA ELEMENTO ESPOSTO	LABEL	COSTO (€/m <sup>2</sup> )
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	---
10	aree protette di pregio ambientale	J	---
11	aree storiche e archeologiche	K	---
12	altre aree con danni non tangibili	X	---

La definizione del DBEE è stata fatta partendo dalla carta dell'uso del suolo della Regione che è stata strutturata 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 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.

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.

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.

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. Per effettuare tale sovrapposizione, la mappa delle aree allagabile con i battenti idrici (in formato raster) nativamente alla risoluzione di 1 m è stata oggetto di ricampionamento con una risoluzione al terreno di 3 x 3 metri e quindi vettorializzata con tema poligonale. Il risultato è rappresentato da uno strato informativo contenente la batimetria dell'allagamento, ad elementi quadrangolari ciascuno avente area minore o al più uguale a 9 m<sup>2</sup>.

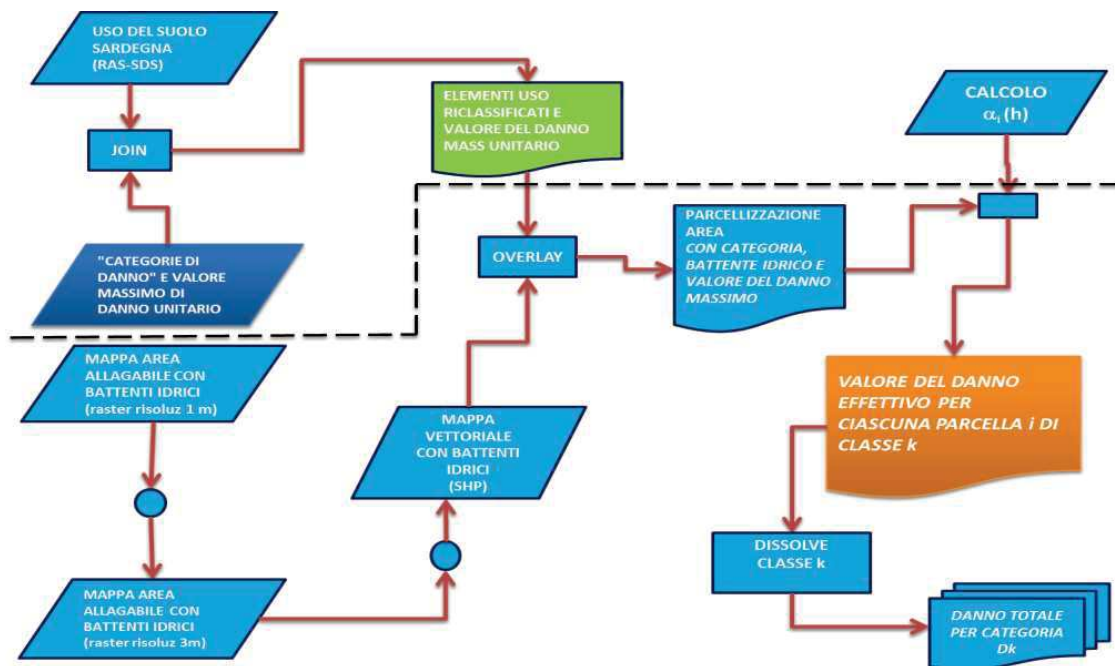


Figura 5.1 - Diagramma di flusso per la determinazione del danno per ogni categoria di esposto

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.

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



**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

categoria di danno dell'elemento esposto e dal battente idrico presente nella  $i$ -esima parcella di territorio occupata dal bene stesso.

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. 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. 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.

## 5.1 DANNO DI PIENA RELATIVO ALLO STATO ATTUALE

Preliminarmente, considerando lo stato di fatto attuale, la simulazione idraulica degli eventi di piena assunti a riferimento ( $T_r = 50, 100$  e  $200$  anni) ha individuato l'estensione dell'area vulnerata. Complessivamente sono interessati poco più di **48 km<sup>2</sup>** di territorio destinati alle categorie d'uso individuate in Tabella 5.4. Sulla base della suddivisione in classi degli elementi territoriali, nella Tabella 5.5 sono riportate le aree interessate ed esposte al danno di piena complessivamente e per categoria attribuita. In Tabella la estensione è riportata con riferimento ai tre tempi di ritorno dell'evento di piena. Per ciascun evento, la tabella riporta, inoltre, la stima del valore del danno di piena.

La figura successiva (Figura 5.2) evidenzia come, nel passaggio dal tempo di ritorno da 50 a 100 anni e 200, la crescita del danno è quasi proporzionale a quella dell'area esondata.

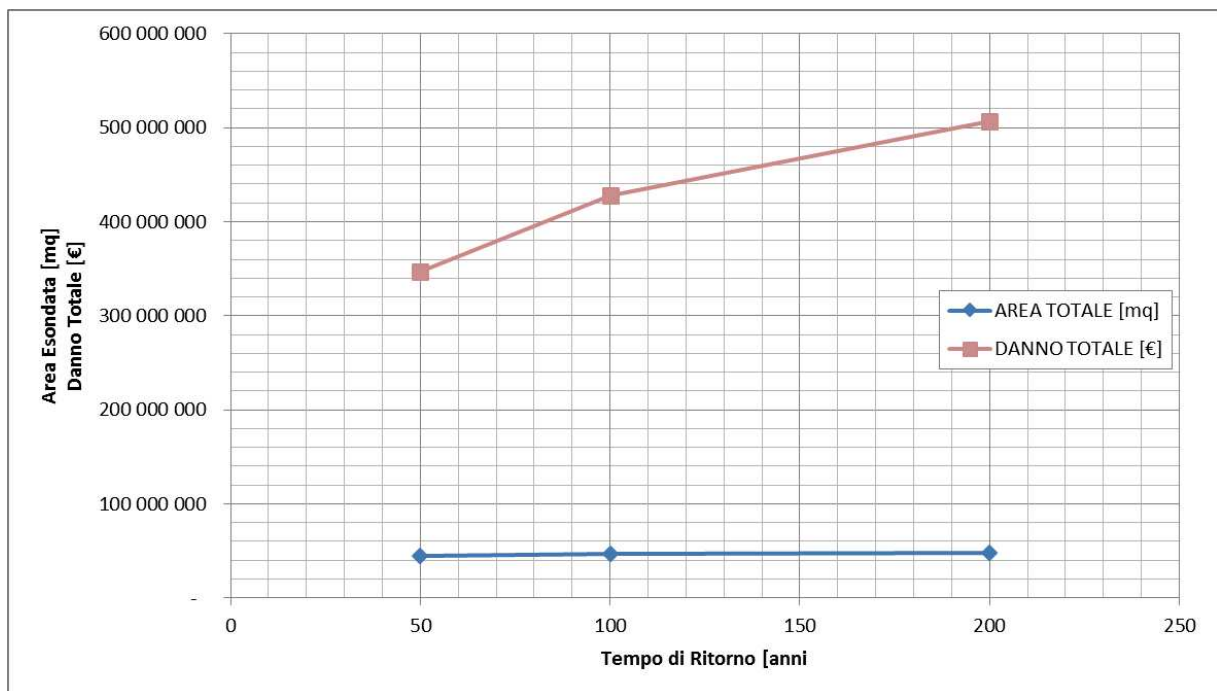
Questo andamento è da attribuire soprattutto al fatto che si ha il collasso arginale in sponda sinistra e destra già per tempi di ritorno pari a 50 anni per cui l'estensione delle aree di allagamento dipende solo dalla frequenza dell'evento e quindi dal suo tempo di ritorno. Si noti l'elevatissimo valore del danno causato dal fatto che le piene interessano non solo zone rurali, ma anche le periferie urbane dei centri di Villasor, Decimoputzu, Villaspeciosa, Decimomannu, Uta e Assemini e in particolare quindi una categoria di elementi di tipo residenziale (circa quasi 2 km<sup>2</sup> sulla piena duecentenaria) che



fanno impennare rapidamente il danno. Da notare inoltre che l'area allagata cresce molto poco con il tempo di ritorno a indicare che non vi sono macroscopiche differenze tra i tiranti idrici T50, T100 e T200, mentre la crescita del danno è più sensibile a quella del tempo di ritorno.

**Tabella 5.5 - Stato Attuale: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima 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	34 452 662	11 496 088	35 940 108	12 706 475	37 123 868	13 785 168
C - COMMERCIALE	32 214	4 301 754	33 380	5 459 234	34 600	6 287 669
H - CORPI IDRICI	435 480	-	440 116	-	442 274	-
I - INDUSTRIALI	409 651	55 158 388	446 535	63 349 159	474 716	71 179 850
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	6 375 474	-	6 442 278	-	6 483 526	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	506	-	578	-	726	-
N - STRADE COMUNALI	52 291	207 200	58 825	242 963	63 393	277 298
P - STRADE PROVINCIALI	50 550	285 047	56 509	358 607	62 703	443 026
R - RESIDENZIALE	1 447 032	270 240 193	1 699 819	339 629 745	1 924 690	408 005 973
S - STRADE STATALI	19 905	409 364	24 220	470 507	29 595	557 070
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	329 106	5 109 985	336 027	5 726 820	342 031	6 308 988
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	1 044 925	-	1 051 707	-	1 054 592	-
Totale	44 649 798	347 208 020	46 530 101	427 943 510	48 036 712	506 845 042



**Figura 5.2 – Stato Attuale: andamento del danno da piena rispetto alla crescita dell'area allagata.**



## 6 Quadro generale degli interventi di mitigazione del danno

### 6.1 METODOLOGIA DI INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI

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.

**Il dimensionamento delle opere di arginali è effettuato prendendo a riferimento le quote idriche relative all'evento di piena bicentenario ( $T_r = 200$  anni).** Tale criterio, ovviamente, ammette il persistere di una pericolosità residua di livello moderato, in caso di insufficienza dell'opera, in considerazione della quale le Norme di Attuazione delegano agli strumenti urbanistici e ai piani di settore vigenti le prescrizioni sull'uso del territorio capaci di ridurre le pericolosità residue attraverso usi, tipologie e tecniche costruttive adatte allo scopo.

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

- A. **analisi delle pericolosità allo stato attuale**, definizione e quantificazione 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) 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;



**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

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

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.

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).



**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

## **6.2 INQUADRAMENTO STATO DI FATTO DELLE OPERE DI SALVAGUARDIA IDRAULICA DEL FLUMINI MANNU**

In coerenza con quanto già specificato nell'ambito della relazione monografica del PSFF, il tratto di asta analizzato inizia dall'abitato di Villasor e termina alla foce in mare, sebbene le maggiori criticità si verifichino nella parte a valle della SS 130 coinvolgendo poco più di 24 kmq di territorio fortemente antropizzato già con tempi di ritorno di 50 anni.

Sia il tratto a monte del ponte della S.S.130 che quello a valle presentano una serie di opere finalizzate a stabilizzare l'assetto planimetrico dell'alveo e volte al contenimento dei livelli idrici; lungo questo tratto sono presenti numerosi insediamenti urbani che sono all'origine degli elevati danni attesi. (Figura 6.1)

A parte queste opere arginali non sono presenti tuttavia altre opere di mitigazione o salvaguardia.

Le conseguenze sul territorio degli eventi di piena simulati per la situazione attuale (Scenario 0), illustrati nei paragrafi precedenti, hanno evidenziato la possibilità che vaste aree della piana a valle della SS 130, in sponda destra e sinistra del rio, siano interessate dall'esonazione per tempi di ritorno superiori ai 50 anni. Già dalla portata cinquantenaria il rio ha un comportamento idraulicamente insufficiente evidenziato dalla sostanziale sormonto dei due argini.

L'incremento graduale del danno nel passaggio da T50 a T100 e a T200 nasce dal fatto che il collasso arginale avviene già con T50 andando a interessare le zone agricole e quelle urbanizzate, poi nel passaggio da T100 e T200 vengono coinvolti di fatto per lo più insediamenti agricoli che fanno crescere il danno in modo proporzionale.

Circa il sistema di opere di mitigazione un ruolo chiave è svolto dalle arginature a monte e valle della SS 130 che risultano insufficienti per portate relative a qualsivoglia tempo di ritorno e si presentano, comunque, in un pessimo stato di manutenzione (Figura 6.2, Figura 6.3 e Figura 6.4).

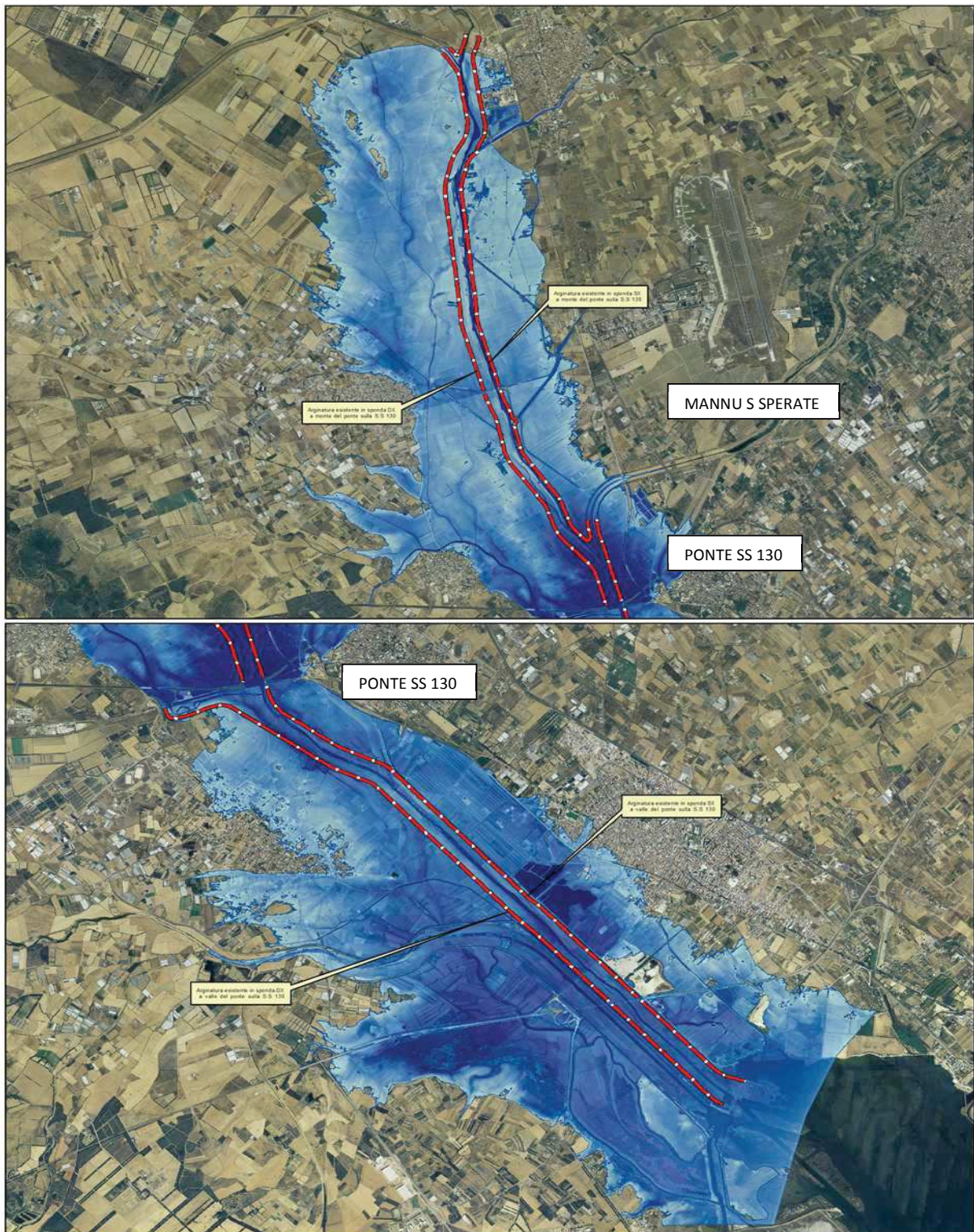


Figura 6.1 – Argini a monte e valle della SS 130 (in rosso)



**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 6.2 – Rilevato arginale destro prima della SS 130



Figura 6.3 – Rilevato arginale destro subito a valle del ponte ferroviario



**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 6.4 – Argine sinistro al guado della forestale (mediocre stato di manutenzione)**

Per quanto riguarda le opere secondarie di sistemazione idraulica insistenti attualmente sulle aree esterne ai rilevati arginali (colatori e canali di dreno), si rileva come queste siano il più delle volte completamente assenti e, se esistenti, in pessime condizioni di manutenzione (Figura 6.5). Di conseguenza l'acqua, non potendo essere convogliata verso il rio Flumini Mannu per l'ostacolo rappresentato dagli argini, non riesce a defluire, anche a causa delle basse pendenze, e, sfruttando le depressioni del terreno, origina vaste zone umide (Figura 6.6) sia in sponda destra che in sponda sinistra. D'altra parte i canali e colatori sono stati dimensionati prevalentemente per la bonifica dei terreni agricoli e non hanno alcuna funzione in termini di limitazione dei fenomeni di piena, avendo comunque un ruolo attivo nel trasferimento degli allagamenti da una parte all'altra del rio pur con evidenti ritardi legati alle proprie caratteristiche dimensionali.



**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 6.5 – Sistema di raccolta acque in sponda sinistra del Flumini Mannu**



**Figura 6.6 – Sistema di raccolta acque in sponda sinistra del Flumini Mannu – colatore principale**



### 6.3 DEFINIZIONE TIPOLOGICA DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Le tipologie di intervento che entrano nella metodologia dell'analisi costi-benefici di cui si è fatto cenno all'inizio della presente relazione, partono dalle criticità evidenziate nello stato di fatto e dalla situazione specifica del territorio e vengono messe in relazione con il contesto ambientale esistente.

In generale ci si può ricondurre alle seguenti tipologie:

#### 1. Interventi di costruzione e/o demolizione:

- a. Adeguamento e risagomatura sezione idraulica;
- b. Adeguamento delle quote degli argini esistenti;
- c. Realizzazione di nuove arginature;
- d. Demolizione senza ricostruzione di ponti e attraversamenti stradali;
- e. Interventi sulla viabilità: varianti stradali, adeguamento ponti esistenti;
- o. Realizzazione di scaricatori di piena e soglie sfioranti;

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

- a. Manutenzioni periodiche delle formazioni arginali esistenti;
- b. Manutenzioni periodiche delle nuove arginature.

Un tipo di intervento ampiamente utilizzato nelle simulazioni è stato quello di **adeguamento e risagomatura dell'attuale sezione** del rio con allargamento dagli attuali 25-30 m di larghezza fino a circa 50 m medi. Si tratta di movimenti di terra consistenti che devono essere accompagnati anche da un adeguato piano di smaltimento o, in modo decisamente più conveniente, da un piano di riutilizzo delle terre che consideri le stesse non già un rifiuto da pagare per lo smaltimento, ma un sottoprodotto da vendere. In tal ottica si è deciso di mettere come voce di computo per la risagomatura il solo scavo di sbancamento, senza oneri di conferimento a discarica, presupponendo un piano di recupero e riutilizzo delle terre da scavo, una volta accertata la idoneità delle stesse al riutilizzo (Decreto Ministero Ambiente e tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, n. 161).

Per quanto riguarda le **opere di arginatura** le caratteristiche dimensionali sono funzionali al contenimento delle piene con tempo di ritorno 200 anni e franco assegnato pari a 1.20 m; questo criterio viene adottato sia per la progettazione di nuove arginature che per l'adeguamento plano-altimetrico di un argine esistente. In tutti i casi il volume corrispondente alle geometrie di progetto è stimato sulla base dei risultati dell'analisi idraulica, a partire dal rilievo dello stato attuale costituito dal DTM a maglia 1 m LIDAR. La geometria dei nuovi argini in progetto deve consentire sia la percorribilità sommitale con uno stradello ricavato al colmo dell'argine per le attività di manutenzione e sorveglianza, da raccordarsi alla viabilità pedonale o ciclabile, sia la fruizione pubblica dei piani arginali, agevolata dalla loro moderata pendenza trasversale (scarpa 2/1 su tutte le varianti tipologiche adottate).

Gli **interventi di demolizione senza ricostruzione di ponti e attraversamenti stradali** possono essere necessari in presenza di opere che, per via di una insufficiente luce libera, determinano problemi al deflusso di piena, soprattutto in quanto le piene sono quasi sempre accompagnate da materiale flottante di varia natura che parzializza la sezione idraulica.



**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

Altri interventi sulla viabilità possono riguardare la necessità di **adeguamento del franco** dei ponti o varianti stradali. Nel caso specifico, tuttavia, considerando che si ha a che fare con una viabilità strategica e che un intervento su di essa oltre a comportare un costo rilevante, comporterebbe un disagio enorme per le utenze stradali e ferroviarie, si è optato per la demolizione senza ricostruzione di due ponti (Coghe e Benetti) mentre non sono stati previsti interventi sugli altri ponti. In uno specifico scenario è stata inserita anche la demolizione del guado della forestale al confine tra Assemini e Decimomannu (località Is Bagantinus).

La realizzazione di uno **scaricatore di piena** con deflusso controllato consente di evitare la tracimazione arginale e il sormonto e pertanto elimina uno scenario di simulazione piuttosto gravoso in termini di estensione delle aree pericolose.

Infine, gli **interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria degli argini esistenti**, riconducibili alla fattispecie delle opere non strutturali, rappresentano il necessario impegno per garantire la funzionalità delle opere per l'intero arco temporale di vita utile e comprendono anche interventi di risagomatura o ricarica di rilevati, pulizia da vegetazione, recupero di eventuali rifiuti.



**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

## 6.4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI A SALVAGUARDIA DELLE AREE ESONDATE

### Interventi tipo A (A1 - A2 – A3). Risagomatura alveo con scavo di sbancamento

La prima ipotesi di intervento che si ritrova in tutti gli scenari previsti (SC1, SC2, SC3, SC4) è quella della risagomatura dell'alveo con contestuale pulizia dello stesso a valle e a monte della SS 130; per procedere ad una valutazione distinta dei costi di mitigazione la risagomatura è stata denominata rispettivamente di tipo A1 e tipo A2 a seconda che interessi la parte a valle o quella a monte della statale. Si tratta di un intervento di regolarizzazione della attuale sezione di piena ordinaria in modo che la stessa assuma una forma trapezia di altezza media 2 m e larghezza 50, con contestuale abbassamento del piano di golena per una profondità media di 1 m (Figura 6.7). L'intervento deriva dalla constatazione che l'attuale sezione di piena ordinaria risulta irregolare, caratterizzata da importanti fenomeni di deposito (Figura 6.11 e Figura 6.12) e da presenze di vegetazione arbustiva e arborea in alveo (Figura 6.9 e Figura 6.10) che, oltre a parzializzare in modo evidente la sezione idraulica e ridurre le capacità di deflusso, causano un notevole incremento di scabrezza e di resistenza allo scorrimento.

Le stesse verifiche idrauliche ex ante mostrano che la sola pulizia dell'alveo con rimozione della vegetazione consente una riduzione della scabrezza alla quale consegue un abbassamento del pelo libero che si attesta mediamente intorno ai 70 – 80 cm.

Una sezione tipo risagomata del Flumini Mannu è quella rappresentato in Figura 6.7 dove il tratteggio di colore grigio indica la sezione esistente e quella rossa rappresenta la sezione ex post. La campitura blu quantifica il volume di terra che dovrà essere scavata e quindi inserita in un piano di riutilizzo.

Tra gli interventi di tipo A va inquadrato anche quello di risagomatura del colatore sinistro del Flumini Mannu (Figura 6.13 e Figura 6.14) previsto in scenario 4 e contrassegnato con l'indice A3 per distinguerlo dagli interventi sulle sezioni del fiume principale già indicati con A1 e A2. Si tratta di un intervento di regolarizzazione e ampliamento della sezione del colatore operata per circa 1750 m di lunghezza a valle del ponte di via Coghe e che comporta il passaggio dalla attuale larghezza al fondo di circa 8 10 m a 30 m e altezza media di 1,5 m (Figura 6.8). L'intervento A3 caratterizza lo scenario 4 ed è coordinato con la realizzazione di uno sfioro laterale dall'argine sinistro del Flumini Mannu verso il colatore, dalla realizzazione di un argine secondario verso Assemini e dallo spostamento di parte dei cumuli di terreno della Fluorsid a valle del ponte di via Coghe.

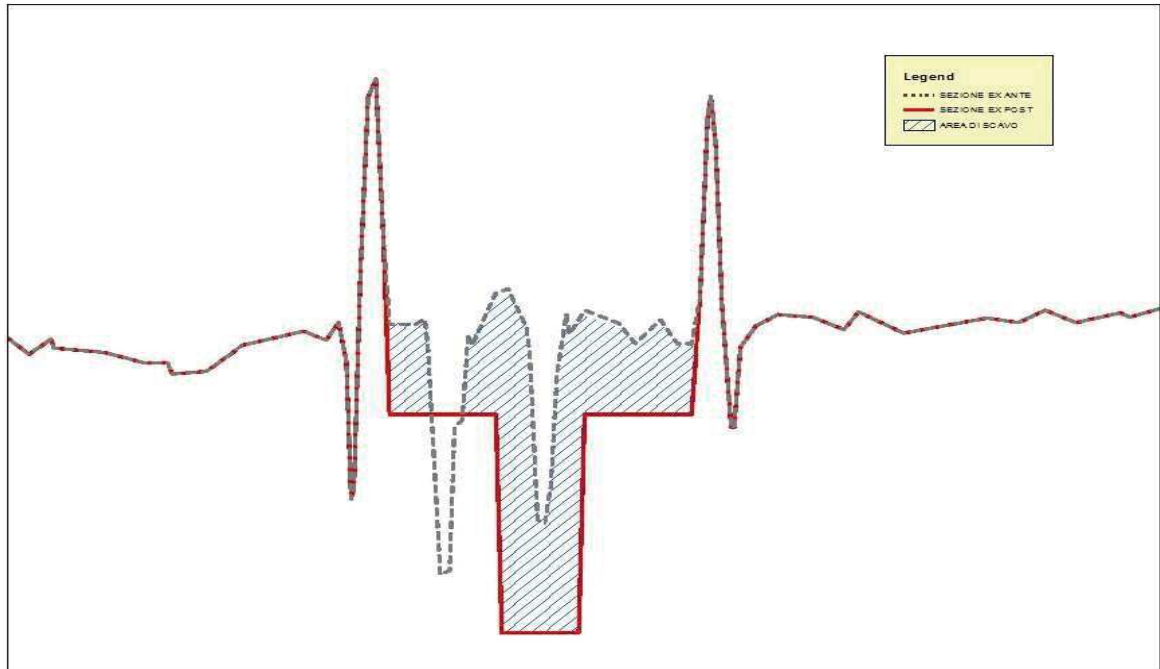


Figura 6.7 – Sezione tipo con intervento di risagomatura e regolarizzazione

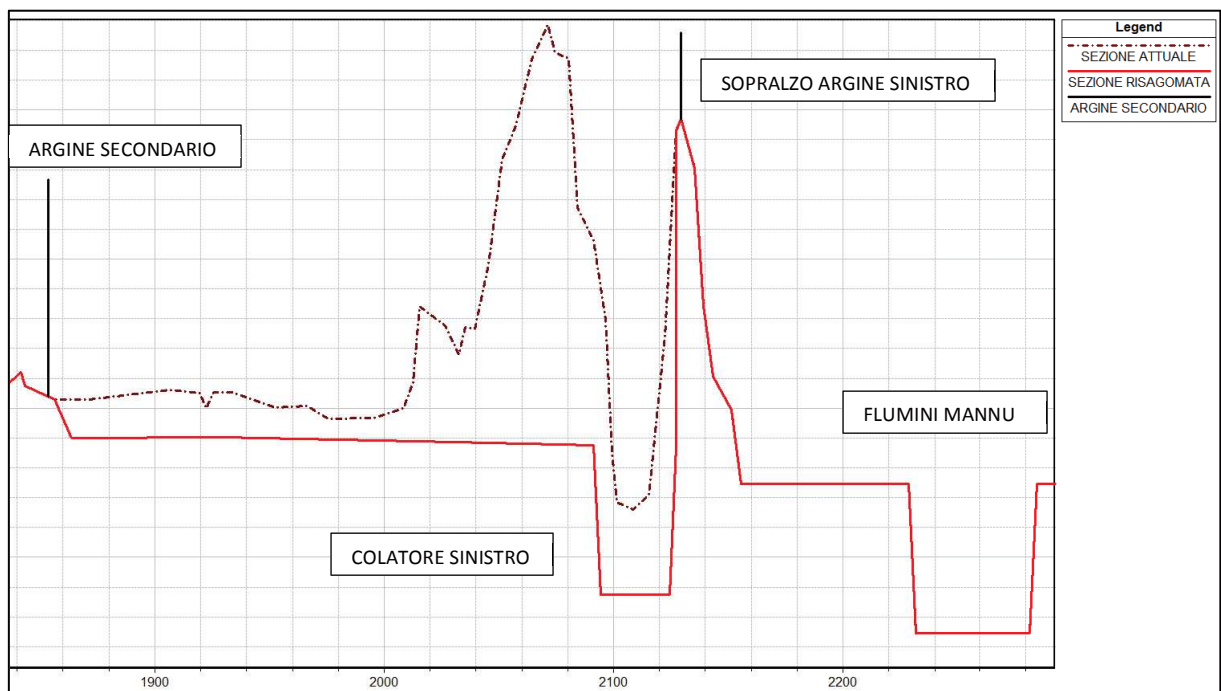


Figura 6.8 – Sezione tipo con intervento di risagomatura e regolarizzazione del colatore sinistro



**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 6.9 – Vegetazione arbustiva e arborea in prossimità del guado della forestale**



**Figura 6.10 – Vegetazione arborea in prossimità del guado della forestale**



**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 6.11 – Zone golenali con evidenti depositi tra il ponte sulla SS 130 e quello FFSS .



Figura 6.12 – Zone golenali con importanti depositi sotto il ponte sulla SS 130.



**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 6.13 – Colatore sinistro in prossimità della SP2.



Figura 6.14 – Colatore sinistro vista verso monte - a destra cumuli laveria Fluorsid



### Interventi B. Adeguamento argine in terra in sponda DX/SX a monte e valle della SS 130

Come noto la insufficienza idraulica in sponda destra e sinistra del Flumini Mannu sia a monte che a valle della SS 130 nasce già con la piena cinquantenaria che mette in crisi gli argini esistenti determinando zone di allagamento per tutto il tratto oggetto di studio.

**Per i tempi di ritorno fino a 50 anni**, in un'ottica di intervento immediato, si può ipotizzare un adeguamento in quota degli argini che, integrato con quello di risagomatura di cui al punto precedente, consenta di garantire il deflusso delle acque di piena relative all'evento di **portata cinquantenaria** con il franco assegnato di m 1.20 (Figura 6.21 profilo celeste post intervento e blu attuale).

Va precisato sin d'ora che il franco potrà essere garantito lungo tutto lo sviluppo del rio da Villasor alla foce, ma non in corrispondenza delle interferenze con le infrastrutture viarie e ferroviarie dove l'entità del soprizzo arginale è purtroppo vincolato alla quota di intradosso della stessa infrastruttura esistente (Figura 6.15, Figura 6.16 e Figura 6.17). Non potendo dunque cambiare la quota di intradosso che comporterebbe la demolizione e ricostruzione del ponte, in corrispondenza delle interferenze il soprizzo arginale sarà limitato al più alla quota di intradosso e determinerà l'impossibilità della garanzia del franco (Figura 6.18, Figura 6.19 e Figura 6.20).

Con queste limitazioni si può in ogni caso quantificare l'entità dell'adeguamento in quota dell'arginatura esistente necessaria al contenimento della piena cinquantenaria. Il soprizzo medio è:

- 1.16 m per una lunghezza totale di 7085.25 m per l'argine SX a valle della 130;
- 1.07 m per una lunghezza totale di 8790.36 m per l'argine DX a valle della 130;
- 0.16 m per una lunghezza totale di 9165.01 m per l'argine SX a monte della 130;
- 0.47 m per una lunghezza totale di 9236.61 m per l'argine DX a monte della 130;

**Per tempi di ritorno superiori a 50 anni** si è invece ipotizzato l'adeguamento in quota degli argini esistenti esclusivamente per il tratto a monte della S.S.130, poiché il contenimento delle piene a valle sarà ottenuto realizzando degli argini secondari con o senza scaricatore di piena.

Per **T100** l'adeguamento in quota dell'arginatura esistente a monte della SS 130 prevede un soprizzo medio di:

- 0.45 m sull'argine sinistro per una lunghezza totale di 9165.01 m;
- 0.76 m sull'argine destro per una lunghezza totale di 9236.61 m;

Mentre per il **T200** l'adeguamento in quota dell'arginatura esistente a monte della SS 130 comporta un soprizzo medio di:

- 0.93 m sull'argine sinistro per una lunghezza totale di 9165.01 m;
- 1.24 m sull'argine destro per una lunghezza totale di 9236.61 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

**NOTA** - Si deve rilevare che nei due scenari che prevedono il contenimento delle piene T100 e T200 con relativi argini secondari lato Uta e Assemini (rispettivamente SC 2 e SC3) contestualmente al sopralzo a monte si dovrà anche adeguare il tratto focivo dell'argine destro che poi va a raccordarsi con il secondario di Uta per una lunghezza di 3041.2 m nella misura di 0.57 m e 0.98 m rispettivamente per gli scenari SC2 e SC3;

I nuovi argini risultanti dall'adeguamento avranno una scarpa 2/1 e una pista al colmo del rilevato, di larghezza di 3 m, che sarà raccordata alla viabilità locale.

Va sottolineato che l'adeguamento in quota degli argini esistenti comporta l'impegno di nuove aree agricole immediatamente a ridosso dell'argine talvolta occupate dalla viabilità locale. Per tenere conto della delocalizzazione di tale viabilità e del ripristino dei collegamenti è prevista una apposita voce per espropriazioni nel capitolo delle spese.



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**  
PRESIDENZA  
Direzione Generale Agenzia Regionale del  
Distretto Idrografico della Sardegna



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E  
ARCHITETTURA  
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA



Figura 6.15 – Argine destro intestato sul ponte SS 130 (coronamento a quota intradosso).

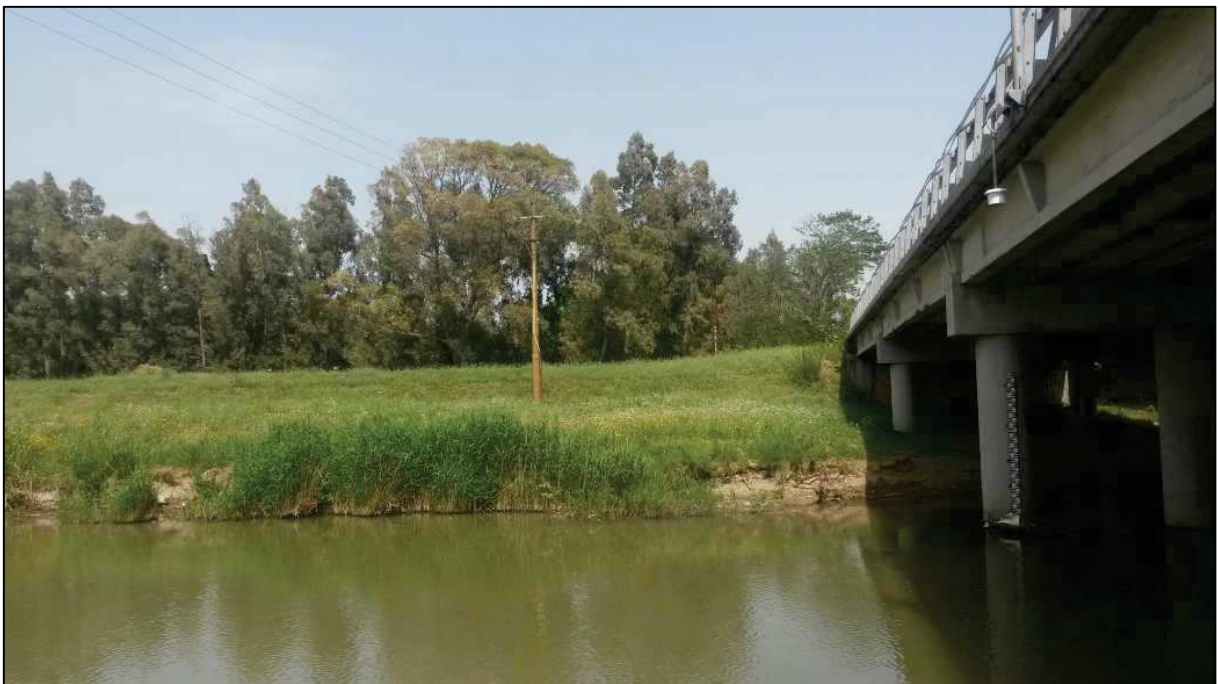


Figura 6.16 – Argine sinistro intestato sul ponte SS 130 (coronamento a quota intradosso).



**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 6.17 – Argine destro intestato sul ponte SP2 (coronamento a quota intradosso).

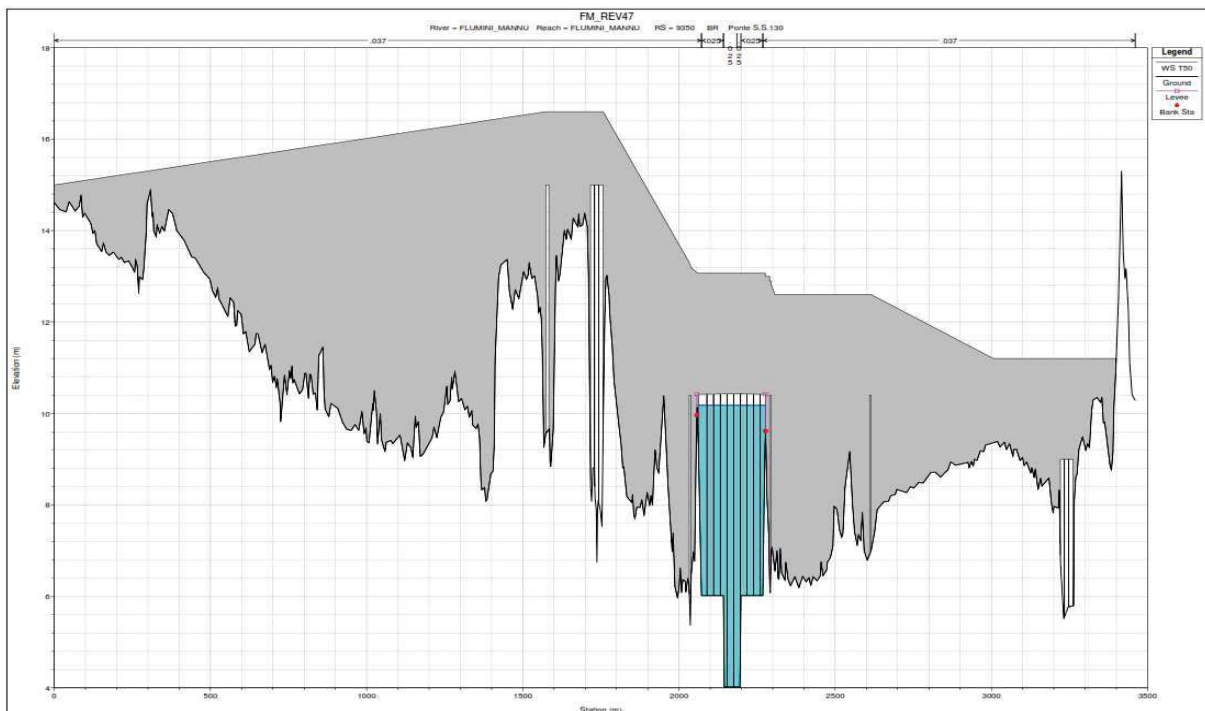


Figura 6.18 – Argini attuali sul ponte SS 130 (punti rossi) in magenta il sopralzo ammissibile.

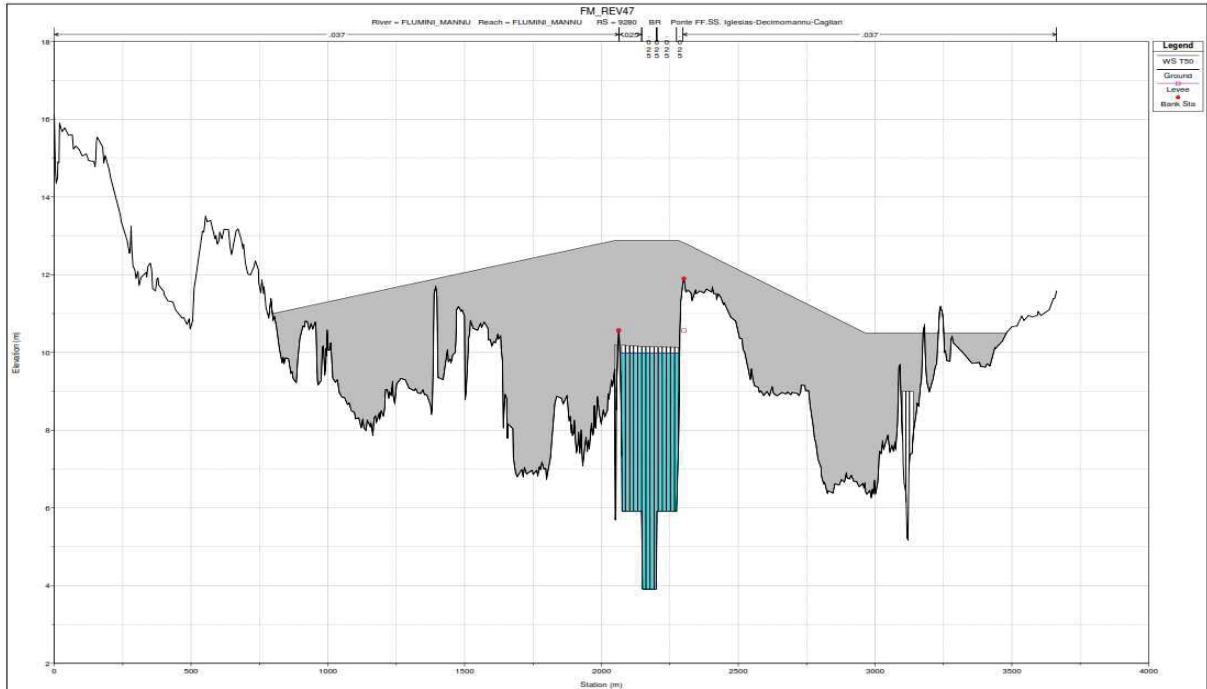


Figura 6.19 – Argini al ponte FFSS (punti rossi): franco di pochi centimetri.

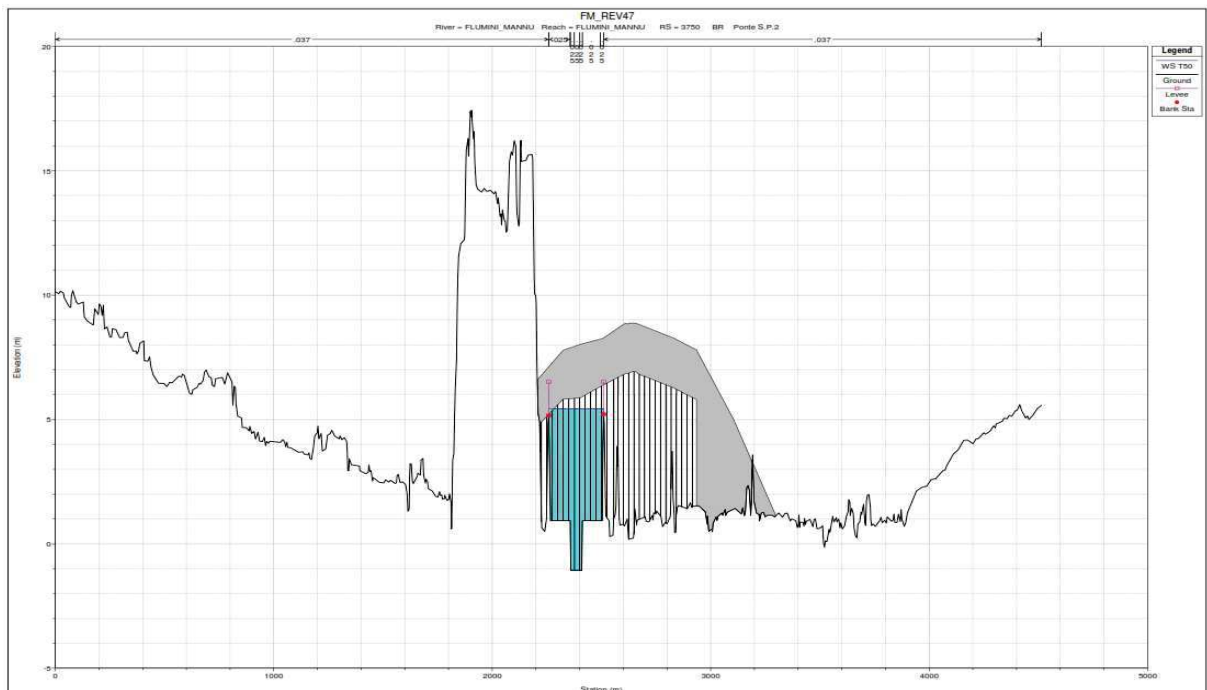


Figura 6.20 – Argini al ponte SP2 (punti rossi) in magenta il sopralzo ammissibile – franco ridotto.



**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

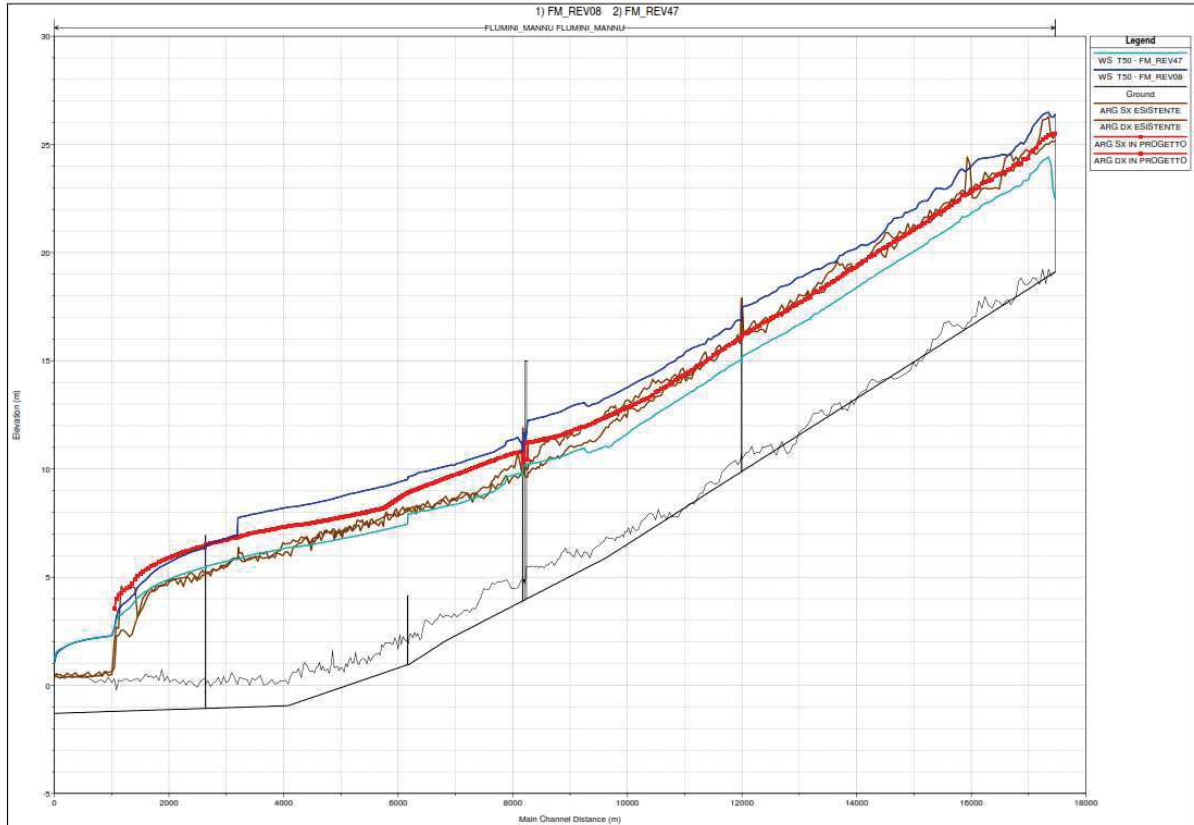


Figura 6.21 –Profilo degli argini sovralzati e di quelli esistenti– Q50 ex post e ex ante



### Interventi tipo C. Nuovi argini secondari DX/SX a valle della SS 130

Come noto la insufficienza idraulica in sponda destra e sinistra del Flumini Mannu a monte e valle della SS 130 nello scenario attuale si ha già con la piena cinquantenaria determinando zone di allagamento per tutto il tratto oggetto di studio.

Tuttavia se per contenere la portata cinquantenaria per il **tratto di valle della SS130** si è ipotizzato uno scenario (SC1) che prevede l'adeguamento dell'argine esistente con contestuale adeguamento e pulizia della sezione, per tempi di ritorno superiori è stato necessario implementare altri tre scenari (SC2, SC3, SC4) che prevedono, in aggiunta agli interventi di scenario 1, la realizzazione di argini secondari.

Lo scenario 2 e 3 ipotizzano la realizzazione **di due nuovi argini secondari** in destra (lato Uta) e in sinistra (lato Assemini) dimensionati per salvaguardare le aree urbanizzate dalle portate con tempi di ritorno di 100 e 200 anni con franco assegnato di m 1.20: la salvaguardia dalla portata centennale è obiettivo dello scenario 2, mentre il contenimento di quella bicentenaria è lo scopo dello scenario 3.

Si tratta di opere importanti che si sviluppano prevalentemente lungo la viabilità locale e si raccordano in quota a rilevati stradali e ferroviari esistenti (Figura 6.22 e Figura 6.24).

In merito alle altezze che dovranno avere i rilevati si specifica che:

**per il T100** le altezze medie sono di:

- 4.18 m per una lunghezza totale di 5708.22 m per il nuovo argine in sponda SX (ASSEMINI);
- 3.57 m per una lunghezza totale di 4530.95 m per il nuovo argine in sponda DX (UTA);

**per il T200** le altezze medie sono di:

- 4.65 m per una lunghezza totale di 5708.22 m per il nuovo argine in sponda SX (ASSEMINI);
- 4.00 m per una lunghezza totale di 4530.95 m per il nuovo argine in sponda DX (UTA);

Lo scenario 4 prevede invece la realizzazione di **un solo argine secondario** sinistro lato Assemini (Figura 6.23) di altezza media pari a **2.60 m** e per una lunghezza di 4500 m; si tratta di un rilevato dimensionato direttamente per la Q200 e decisamente più basso e meno impattante di quello previsto in scenario 3 (pari a 4.65 m) in quanto inserito in un articolato sistema di opere che prevede oltre l'argine anche uno scaricatore laterale di piena che faccia sfiorare la portata eccedente la Q50 nel colatore sinistro del Flumini Mannu a sua volta risogomato con una sezione trapezia regolarizzata.

In sintesi l'argine secondario sinistro, inserito nel sistema di opere di scenario 4, consente di salvaguardare Uta e Assemini dalle portate dalle portate con tempo di ritorno 200 anni garantendo un franco di m 1.20 per una lunghezza totale di 4500.00 m.

I nuovi argini secondari, al pari di quelli principali, avranno una scarpa 2/1, pista al colmo del rilevato utilizzabile anche come pista ciclabile di larghezza di 3 m che dovrà essere raccordata alla viabilità locale. La realizzazione di questi nuovi argini secondari comporta l'impegno di nuove aree agricole e allo scopo è prevista una apposita voce per espropriazioni nel capitolo delle spese.



**NOTA IMPORTANTE** - La realizzazione di nuovi argini secondari comporta l'intercettazione di tutto il reticolo minore a monte degli stessi (Figura 6.22); allo scopo dovranno essere predisposte apposite opere sulla rete idrografica secondaria che consentano di convogliare adeguatamente le acque, bypassare i rilevati arginali, ovvero si dovranno realizzare collettori di guardia che raccolgano e allontanino nel recapito vallivo più adeguato le acque intercettate dai nuovi argini secondari. Poiché il PGRA esamina le criticità del reticolo principale, le opere citate non sono state esaminate in dettaglio in questo studio e vanno poste al centro di una progettazione dedicata e mirata al riordino e adeguamento di tutta la rete di dreno secondaria che interessa gli abitati di Assemini, Decimomannu e Uta. Tuttavia dal punto di vista economico si è voluto tenere conto di questa sistemazione idraulica del reticolo minore almeno in prima approssimazione con gli interventi di tipo S richiamati nel presente paragrafo.



Figura 6.22 – Argini secondari lato Uta e lato Assemini – Si noti il reticolo secondario



Figura 6.23 – Argine secondario lato Assemini (giallo) previsto in scenario 4



**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

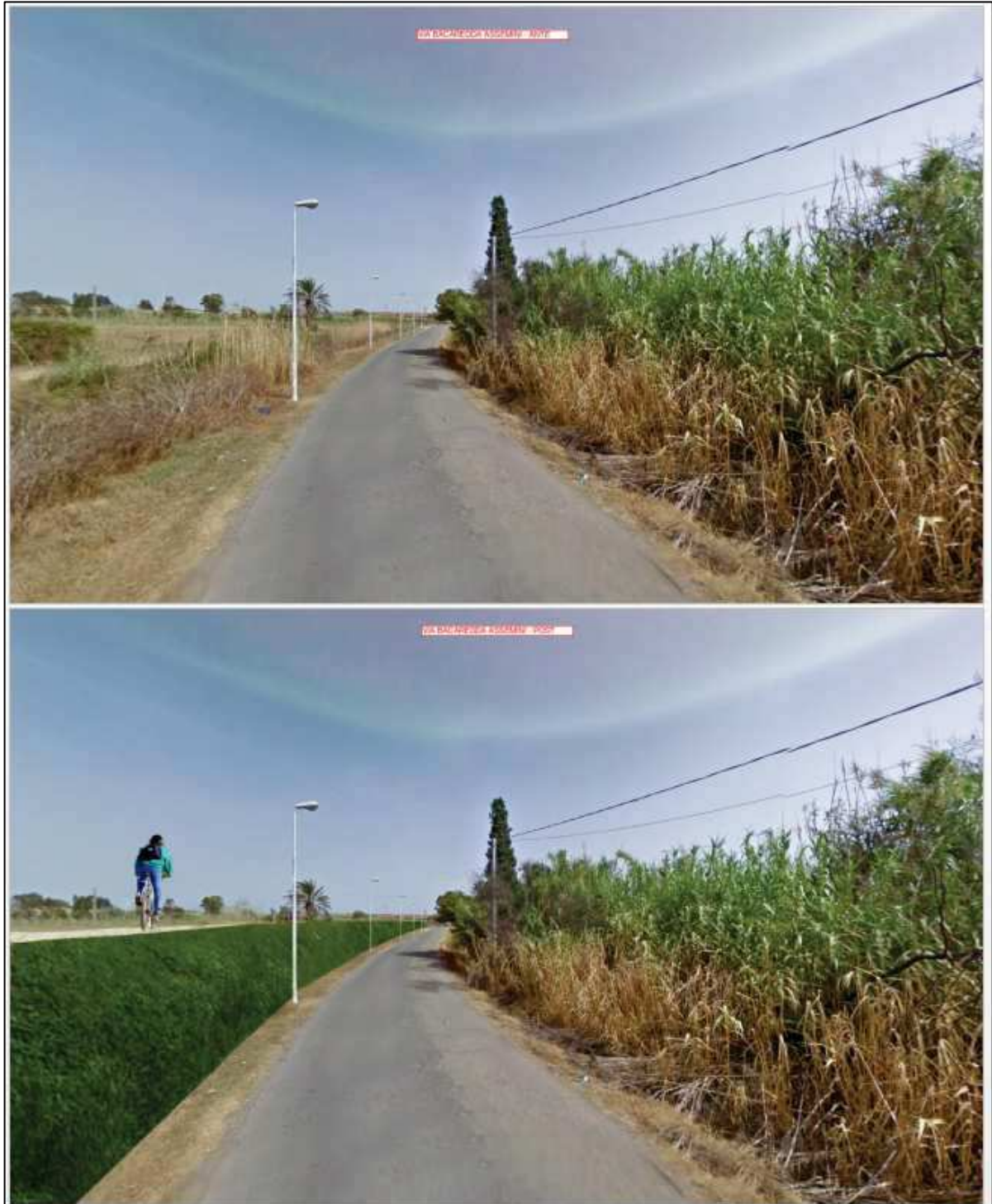


Figura 6.24 – Simulazione fotografica argine secondario lato Assemini (ex ante e ex post)



**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

### Interventi di tipo D. Demolizione dei ponti di Via Coghe, Benetti e del guado di Is Bagantinus

Per poter rendere efficaci gli interventi di sopralzo arginale, risagomatura e nuova arginatura è emersa la necessità di eliminare, nei diversi scenari, l'effetto di rigurgito di tre strutture interferenti: il Ponte di Via Coghe ad Assemini (Scenario 1 e 2), il ponte Benetti a Decimoputzu (scenario 3) e il guado di Is Bagantinus (Scenario 4). Si è dunque introdotto l'intervento di demolizione dei ponti come demolizione di cemento armato contabilizzando anche gli oneri di conferimento a discarica di calcestruzzo e ferro.



Figura 6.25 – Ponte Via Coghe





**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 6.26 – Ponte Benetti**



**Figura 6.27 – Guado Is Bagatinus al confine tra Assemmini e Decimomannu**



### Interventi di tipo O. Realizzazione di scaricatori di piena e soglie sfioranti

Tra gli interventi specificatamente previsti nello scenario 4 vi è quello di realizzazione di uno sfioro laterale di circa 500 m con quota della soglia posta qualche centimetro sopra il livello della piena cinquantenaria; il dimensionamento della soglia e la sua posizione sono scelti in modo che una quota parte della portata duecentenaria, pari a circa 500 mc/s, sfiori lateralmente sul colatore sinistro del Flumini Mannu con un carico idraulico di circa 70 cm (Figura 6.28).

In questo modo la portata T200 **residua** sarà in grado di defluire, a valle dello sfioratore, all'interno delle arginature (adeguate come da scenario 1), con un franco residuo di circa 50 cm.

Il grande vantaggio è che lo sfioro controllato consente di superare l'ipotesi di argini tracimabili posta alla base delle perimetrazioni del PSFF e dà luogo ad una mappatura completamente diversa della pericolosità. Altro effetto positivo è che non sarà più necessario realizzare un argine secondario lato Uta (che pone grossi problemi in corrispondenza del collegamento con l'argine destro del Flumini Mannu) e l'argine secondario lato Assemini risulta di dimensioni ridotte.

Lo scaricatore di piena, posizionato come in (Figura 6.29), sarà del tipo a larga soglia e realizzato con una geostuoia di protezione contro l'erosione.

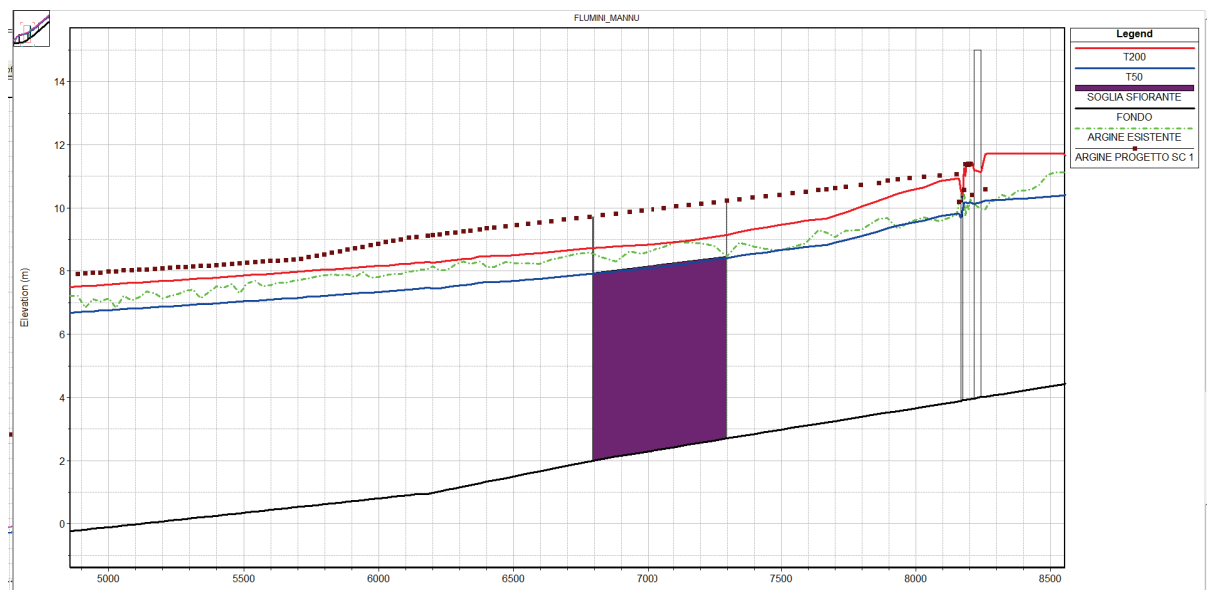


Figura 6.28 – Soglia sfiorante L = 500 m con quota di sfioro pari a quella della portata Q50

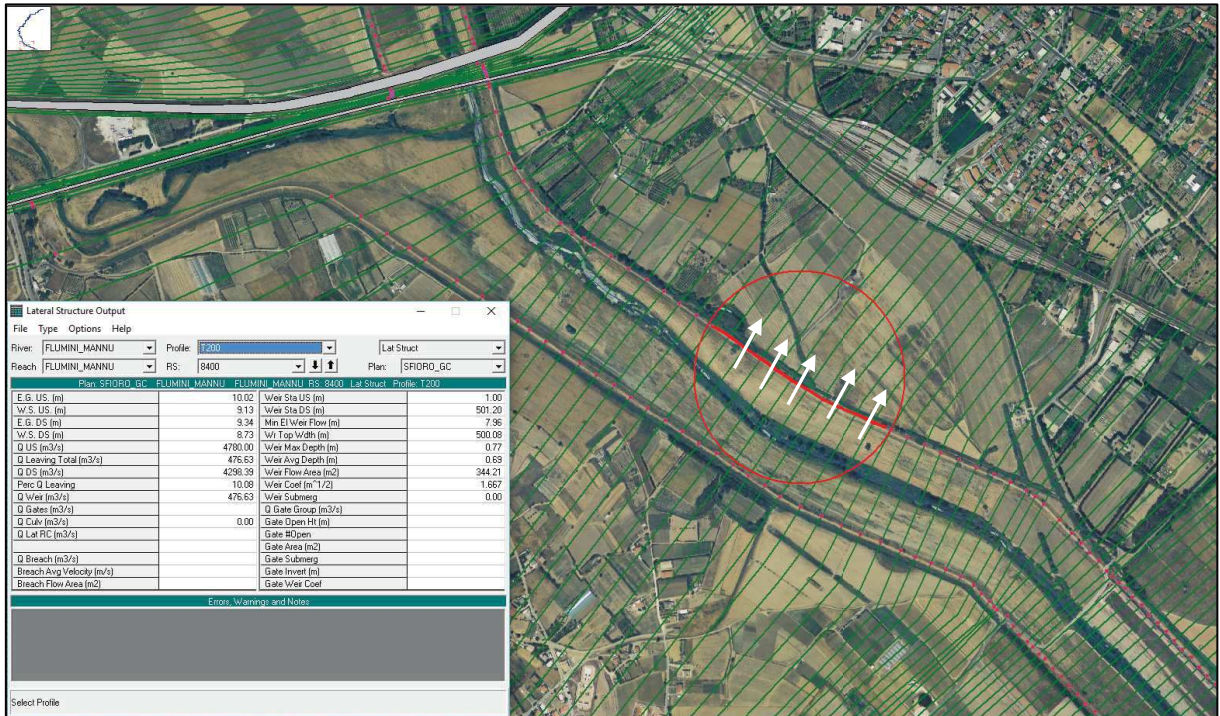


Figura 6.29 – Sfiatore L = 500 m –portata sfiorata di 476,63 mc/s, carico idraulico medio 0.69 m

### Interventi tipo M. Manutenzione degli argini

Si tratta di un tipo di intervento che viene previsto in tutti gli scenari compreso quello attuale (Scenario 0) e che comporta lo sfalcio e la pulizia degli argini esistenti.

### Interventi tipo S. Sistemazione idraulica reticolo nelle aree allagabili a ridosso degli argini esistenti

L'intervento di adeguamento in quota degli argini in terra a protezione delle aree in sponda sinistra e destra del Fluminimannu va coordinato con la sistemazione idraulica del reticolo nelle aree allagabili a ridosso delle stesse arginature. Lo scopo del riassetto è quello di garantire l'ordinato accesso dei deflussi, provenienti dalle aree pianeggianti e depresse limitrofe agli argini, verso i recapiti naturali.

In particolare per effetto della presenza dei rilevati arginali a prescindere dallo scenario dovranno essere sistemati e regolarizzati i due colatori esterni, attualmente in pessimo stato di manutenzione e di sezione idraulica inadeguata, in modo che gli stessi fungano da recapito delle acque opportunamente raccolte da canali dedicati e ne consentano il convogliamento in modo autonomo verso il mare aggirando l'ostacolo rappresentato dai rilevati arginali.

L'estensione stimata della zona oggetto di sistemazione ammonta a circa 1400 ha all'interno della quale area si prevede la riapertura di nuovi canali con opere accessorie e la realizzazione di attraversamenti che consentono il ripristino delle viabilità eventualmente interrotte.

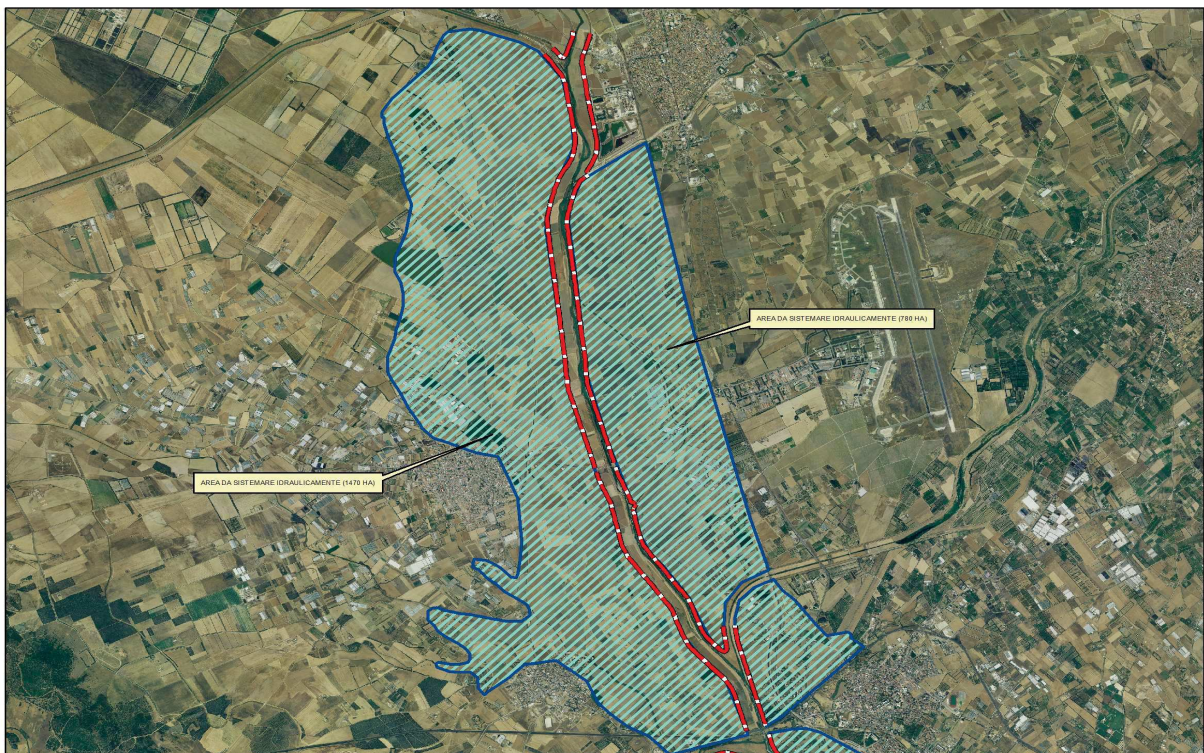
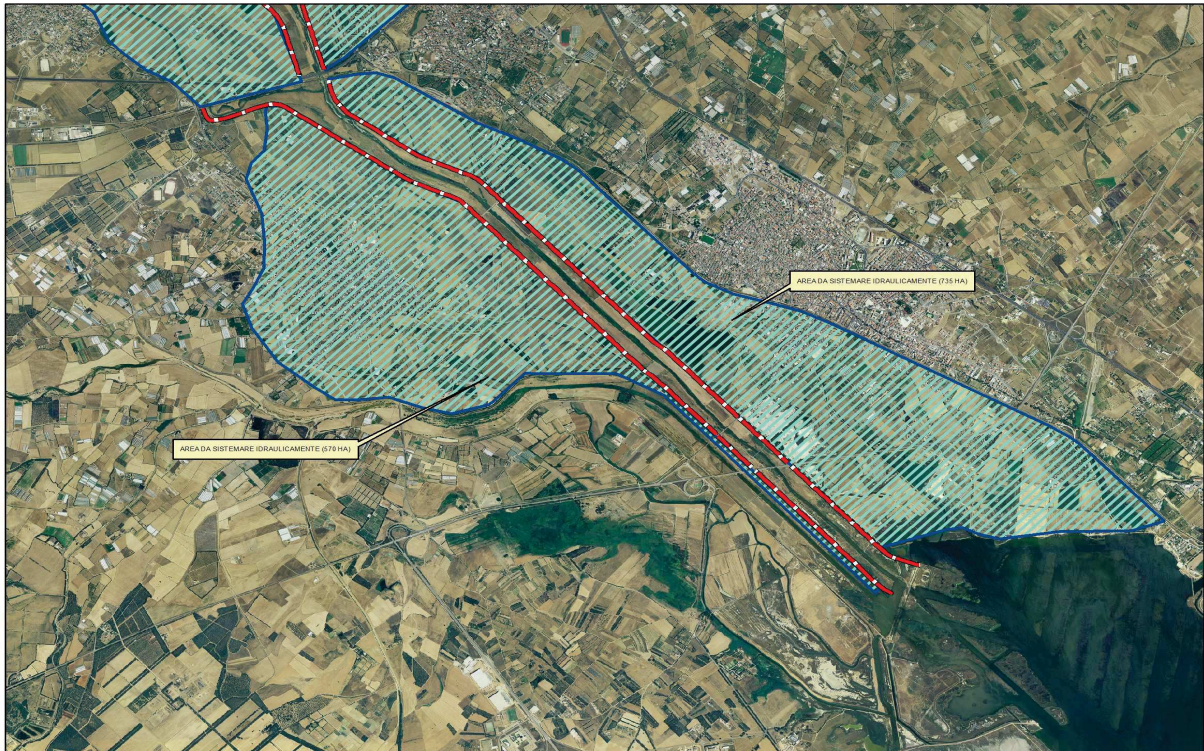


Figura 6.30 – Area da sistemare dal punto di vista idraulico a ridosso degli argini (1400 ha).



**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 6.31 – Canale secondario sponda sinistra Fluminimannu lato Assemini**



**Figura 6.32 – Canale secondario sponda sinistra Fluminimannu lato Assemini**



**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

## 6.5 STIMA DEL COSTO DI REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

La necessità di ottenere una valutazione del costo degli interventi coerente con il livello di dettaglio consentito dalla fase preliminare di progettazione, ha indotto a considerare le necessarie generalizzazioni nella previsione delle esecuzioni e nella stima del costo delle opere da realizzare.

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 in progetto.

La stima dei costi degli interventi sulle arginature è stata effettuata considerando la geometria dell'opera in progetto sulla base delle tipologie precostituite e indicate nell'allegato R6, ove il prezzo di analisi è valutato riportandolo 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).

Per la stima economica si è fatto riferimento:

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

Nella Tabella 6.6 sono sintetizzate le descrizioni degli interventi come sopra delineati 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 a 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 utile, 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 di quelle previste, i quali appaiono pertanto evidenziati e riferiti a un intervallo temporale annuale pur considerando che, in relazione a particolari condizioni, questi



**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

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

**Tabella 6.6 – Valutazione economica degli interventi**

	Descrizione	u.m.	q.ta	prezzo	importo
1	A.1 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO VALLE 130 SC 1-2-3-4	m	7145.00	€ 1 146.83	€ 8 194 111.79
2	A.2 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO MONTE 130 SC 1-2-3-4	m	9000.00	€ 1 146.83	€ 10 321 484.41
3	A.3 RISAGOMATURA COLATORE SX FLUMINI MANNU SC 4	m	1750.00	€ 692.00	€ 1 211 003.28
4	B.1 ADEGUAMENTO ARGINE SX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	m	7085.25	€ 1 304.27	€ 9 241 070.35
5	B.2 ADEGUAMENTO ARGINE DX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	m	7900.00	€ 1 288.97	€ 10 182 855.10
6	B.3 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 1	m	9165.01	€ 906.14	€ 8 304 771.27
7	B.4 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 1	m	9236.61	€ 1 031.76	€ 9 529 951.16
8	B.5 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 2	m	9165.01	€ 989.01	€ 9 064 275.49
9	B.6 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 2	m	9236.61	€ 1 084.02	€ 10 012 656.18
10	B.7 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 3	m	9165.01	€ 1 350.61	€ 12 378 342.42
11	B.8 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 3	m	9236.61	€ 1 048.73	€ 9 686 696.36
12	B.9 ADEGUAMENTO ARGINE DX DI RACCORDO CON L' ARGINE SECONDARIO DX SC 2	m	3042.00	€ 1 061.82	€ 3 230 050.55
13	B.10 ADEGUAMENTO ARGINE DX DI RACCORDO CON L' ARGINE SECONDARIO DX SC 3	m	3042.00	€ 1 214.54	€ 3 694 624.38
14	C.1 NUOVO ARGINE SECONDARIO SX SC 2	m	5708.22	€ 1 711.50	€ 9 769 606.08
15	C.2 NUOVO ARGINE SECONDARIO DX SC 2	m	4530.96	€ 1 629.89	€ 7 384 955.84
16	C.3 NUOVO ARGINE SECONDARIO SX SC 3	m	5708.22	€ 1 866.93	€ 10 656 834.10
17	C.4 NUOVO ARGINE SECONDARIO DX SC 3	m	4530.96	€ 1 772.84	€ 8 032 656.04
18	C.5 NUOVO ARGINE SECONDARIO SX SC 4	m	4500.00	€ 1 117.69	€ 5 029 600.50
19	D.1 DEMOLIZIONE DEL PONTE DI VIA COGHE ASSEMINI SC 1-2-3-4	m	670.00	€ 702.51	€ 470 684.00
20	D.2 DEMOLIZIONE DEL PONTE BENETTI DECIMOPUTZU SC 3	m	210.00	€ 751.81	€ 157 880.00
21	O.1 STRAMAZZO A LARGA SOGLIA CON GEOSTUOIA TIPO MACMAT SC 4	m	500.00	€ 400.00	€ 200 000.00
22	T.1 TRASPORTO TERRE FLUORSID SC 4	m3			€ 163 027.90
23	S.1 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX VALLE 130	ha	735.00	€ 3 300.00	€ 2 425 500.00
24	S.2 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX VALLE 130	ha	570.00	€ 3 300.00	€ 1 881 000.00
25	S.3 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX MONTE 130	ha	780.00	€ 3 300.00	€ 2 574 000.00
26	S.4 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX MONTE 130	ha	1470.00	€ 3 300.00	€ 4 851 000.00
27	M.1 MANUTENZIONE ARGINI ESISTENTI O IN ADEGUAMENTO SX VALLE 130	m	7085.25	€ 13.00	€ 92 108.25
28	M.2 MANUTENZIONE ARGINI ESISTENTI O IN ADEGUAMENTO DX VALLE 130	m	8790.36	€ 13.00	€ 114 274.68
29	M.3 MANUTENZIONE ARGINI ESISTENTI O IN ADEGUAMENTO SX MONTE 130	m	9165.01	€ 13.00	€ 119 145.13
30	M.4 MANUTENZIONE ARGINI ESISTENTI O IN ADEGUAMENTO DX MONTE 130	m	9236.61	€ 13.00	€ 120 075.88
31	M.5 MANUTENZIONE NUOVO ARGINE SECONDARIO SX	m	5708.22	€ 13.00	€ 74 206.81
32	M.6 MANUTENZIONE NUOVO ARGINE SECONDARIO DX	m	4530.96	€ 13.00	€ 58 902.48



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 Scenari di intervento

### 7.1 CRITERI DI INDIVIDUAZIONE

In generale 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 in relazione alle criticità idrauliche riscontrate nello stato attuale, espresse come pericolosità idraulica riscontrate ai diversi tempi di ritorno dall'analisi idraulica nel territorio in studio.

In analogia con l'ottica propria delle progettazioni preliminari, lo studio degli scenari di intervento 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.

Particolare attenzione deve essere riservata alle 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 privilegiando l'adeguamento di opere già esistenti per limitare gli impatti derivanti dalla realizzazione di nuove infrastrutture. Nella modulazione degli scenari si deve inoltre considerare l'esigenza di procedere nella realizzazione per lotti funzionali che, pur nella loro parzialità, garantiscano un adeguato controllo e prevenzione delle pericolosità idrauliche.

Nel caso del Flumini Mannu in base alle criticità riscontrate in stato attuale, si sono ipotizzati **quattro** scenari di intervento (SC 1, SC 2, SC 3 e SC4), che vengono presentati di seguito con una sintetica descrizione delle varie componenti sia dal punto di vista progettuale che dal punto di vista dell'analisi costi benefici.

Nella configurazione attuale, individuata come "Scenario 0", sono stati comunque inseriti gli interventi non strutturali, come 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 ad oggi ancora completata.



## 7.2 SCENARIO 0 (STATO ATTUALE)

Nello scenario zero sono stati inseriti solo gli oneri annui di manutenzione per le opere esistenti, valutate complessivamente pari a circa 445,6 migliaia di euro per anno (Tabella 7.7).

**Tabella 7.7 - Valutazione dei costi relativi allo "scenario 0"**

INTERVENTI	IMPORTO
TOTALE LAVORI	0
SPESE GENERALI (15%)	0
TOTALE LAVORI E SPESE	0
in cifra tonda	€ 0
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	€ 445 604

Nel seguito (Tabella 7.8) 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 tra gli interventi precedentemente descritti.

**Tabella 7.8 - Stato Attuale: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima 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	34 452 662	11 496 088	35 940 108	12 706 475	37 123 868	13 785 168
C - COMMERCIALE	32 214	4 301 754	33 380	5 459 234	34 600	6 287 669
H - CORPI IDRICI	435 480	-	440 116	-	442 274	-
I - INDUSTRIALI	409 651	55 158 388	446 535	63 349 159	474 716	71 179 850
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	6 375 474	-	6 442 278	-	6 483 526	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	506	-	578	-	726	-
N - STRADE COMUNALI	52 291	207 200	58 825	242 963	63 393	277 298
P - STRADE PROVINCIALI	50 550	285 047	56 509	358 607	62 703	443 026
R - RESIDENZIALE	1 447 032	270 240 193	1 699 819	339 629 745	1 924 690	408 005 973
S - STRADE STATALI	19 905	409 364	24 220	470 507	29 595	557 070
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	329 106	5 109 985	336 027	5 726 820	342 031	6 308 988
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	1 044 925	-	1 051 707	-	1 054 592	-
Totale	44 649 798	347 208 020	46 530 101	427 943 510	48 036 712	506 845 042



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

### 7.3 SCENARIO 1

Nello scenario 1 sono stati inseriti oltre agli interventi di sistemazione idraulica delle aree allagabili, anche gli interventi di **Adeguamento degli argini in sponda Sx e Dx a monte e a valle della SS 130, di risagomatura dell'alveo con una sezione regolarizzata e di demolizione del Ponte di via Coghe** nel comune di Assemini. Questi interventi consentono di affrancare gli abitati dal rischio associato all'accadimento della portata con Tr=50 anni e assicurando un franco di 1.20 m. Infine vi sono da computare gli oneri manutenzione degli argini in adeguamento e di quelli esistenti.

La valutazione complessiva di tali interventi si aggira intorno a 68 milioni di euro, cui vanno ad aggiungersi le spese generali da valutarsi per circa € 10.876.000 per un totale di lavori e spese di circa € 78.855.000. Tra gli oneri di manutenzione annui sono stati confermati quelli relativi agli argini esistenti o in adeguamento per un totale di circa € 445.604 per anno. Sebbene la protezione dall'evento con Tr=50 anni sia stata qui considerata come Scenario 1 su tutto il corso d'acqua esaminato, gli importi conseguenti (oggettivamente assai rilevanti) potranno essere partizionati in più step esecutivi. Questo, in particolare, in relazione alla possibilità di operare indipendentemente a valle e a monte della SS 130. Gli importi relativi sono facilmente deducibili dagli elementi di costo forniti.

Il prospetto complessivo dei costi è infatti presentato nella tabella seguente (Tabella 7.9):

**Tabella 7.9 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 1"**

INTERVENTI	IMPORTO
A.1 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO VALLE 130 SC 1-2-3-4	8 194 112
A.2 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO MONTE 130 SC 1-2-3-4	10 321 484
B.1 ADEGUAMENTO ARGINE SX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	9 241 070
B.2 ADEGUAMENTO ARGINE DX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	10 182 855
B.3 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 1	8 304 771
B.4 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 1	9 529 951
D.1 DEMOLIZIONE DEL PONTE DI VIA COGHE ASSEMINI SC 1-2-3-4	470 684
S.1 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX VALLE 130	2 425 500
S.2 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX VALLE 130	1 881 000
S.3 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX MONTE 130	2 574 000
S.4 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX MONTE 130	4 851 000
TOTALE LAVORI	67 976 428
SPESE GENERALI (16%)	10 876 228
TOTALE LAVORI E SPESE	<b>78 852 656.34</b>
in cifra tonda	<b>€ 78 855 000</b>
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	<b>€ 445 604</b>

L'obiettivo principale dello Scenario 1 è, come precisato, quello di **affrancare dalla portata T50** gli esposti a monte e a valle della S.S 130, costituiti prevalentemente dalle periferie di Assemini, Uta, Decimomannu, Villaspeciosa, Decimoputzu, Villasor e di alcune aree agricole; tale obiettivo è stato conseguito con l'adeguamento in quota dell'arginatura esistente con soprizzo medio di:

**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

- 1.16 m per una lunghezza totale di 7085.25 m per la sponda SX a valle della 130;
- 1.07 m per una lunghezza totale di 8790.36 m per la sponda DX a valle della 130;
- 0.16 m per una lunghezza totale di 9165.01 m per la sponda SX a monte della 130;
- 0.47 m per una lunghezza totale di 9236.61 m per la sponda DX a monte della 130;

Inoltre per tutto il tratto in oggetto l'alveo è stato risagomato con una sezione regolare trapezia di altezza 2 m e larghezza 50 con contestuale abbassamento del piano di golena per una profondità di 1 metro; infine è stato necessario provvedere alla demolizione del Ponte di Via Coghe nel Comune di Assemini.

Rispetto alla situazione attuale si osserva che la portata cinquantenaria è tutta contenuta tra gli argini, mentre resta inalterata l'area allagata per tempi di ritorno superiori.

Nella tabella seguente (Tabella 7.10) 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.

**Tabella 7.10 – Scenario 1: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima 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	3 338 574	1 671 896	35 940 108	12 706 475	37 123 868	13 785 168
C - COMMERCIALE	-	-	33 380	5 459 234	34 600	6 287 669
H - CORPI IDRICI	-	-	440 116	-	442 274	-
I - INDUSTRIALI	-	-	446 535	63 349 159	474 716	71 179 850
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	958 527	-	6 442 278	-	6 483 526	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	-	-	578	-	726	-
N - STRADE COMUNALI	1 538	14 226	58 825	242 963	63 393	277 298
P - STRADE PROVINCIALI	-	-	56 509	358 607	62 703	443 026
R - RESIDENZIALE	-	-	1 699 819	339 629 745	1 924 690	408 005 973
S - STRADE STATALI	5 362	178 206	24 220	470 507	29 595	557 070
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	6 703	175 615	336 027	5 726 820	342 031	6 308 988
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	-	-	1 051 707	-	1 054 592	-
<b>Totale</b>	<b>4 310 705</b>	<b>2 039 943</b>	<b>46 530 101</b>	<b>427 943 510</b>	<b>48 036 712</b>	<b>506 845 042</b>



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

## 7.4 SCENARIO 2

Nello Scenario 2 sono stati inseriti oltre agli interventi dello Scenario 1, anche gli interventi di **realizzazione di due nuovi argini secondari in sponda SX e DX a valle della S.S.130** che consentono, coordinati con gli altri interventi, di affrancare le aree agricole e le zone periferiche degli abitati dalle portate centenarie con un franco di 1.20 m. In aggiunta vi sono da computare gli oneri manutenzione degli argini in adeguamento.

La valutazione complessiva di tali interventi come sopra sinteticamente descritta supera di poco 89 milioni di euro, cui vanno ad aggiungersi le spese generali da valutarsi per circa € 14.336.000 per un totale di lavori e spese di quasi € 104.000.000. Tra gli oneri di manutenzione annui sono stati confermati quelli relativi agli argini esistenti o in adeguamento per un totale di circa € 578.713 per anno. Si ribadisce che, sebbene in scenario 2 siano stati considerati interventi su tutto il corso d'acqua, gli importi conseguenti potranno essere partizionati in più step esecutivi. Questo, in particolare, in relazione alla possibilità di operare indipendentemente a valle e a monte della SS 130.

Il prospetto dei costi è presentato nella tabella seguente (Tabella 7.11), insieme con l'entità stimata per gli oneri di manutenzione.

**Tabella 7.11 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 2"**

INTERVENTI	IMPORTO
A.1 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO VALLE 130 SC 1-2-3-4	8 194 112
A.2 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO MONTE 130 SC 1-2-3-4	10 321 484
B.1 ADEGUAMENTO ARGINE SX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	9 241 070
B.2 ADEGUAMENTO ARGINE DX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	10 182 855
B.5 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 2	9 064 275
B.6 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 2	10 012 656
D.1 DEMOLIZIONE DEL PONTE DI VIA COGHE ASSEMINI SC 1-2-3-4	470 684
C.1 NUOVO ARGINE SECONDARIO SX SC 2	9 769 606
C.2 NUOVO ARGINE SECONDARIO DX SC 2	7 384 956
B.9 ADEGUAMENTO ARGINE DX DI RACCORDO CON L'ARGINE SECONDARIO DX SC 2	3 230 051
S.1 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX VALLE 130	2 425 500
S.2 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX VALLE 130	1 881 000
S.3 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX MONTE 130	2 574 000
S.4 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX MONTE 130	4 851 000
TOTALE LAVORI	89 603 250
SPESE GENERALI (16%)	14 336 520
TOTALE LAVORI E SPESE	<b>103 939 769.53</b>
in cifra tonda	<b>€ 103 940 000</b>
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	<b>€ 578 713</b>

L'obiettivo principale dello scenario 2 è, come precisato, quello di affrancare dalla portata T100 le periferie urbane dei Comuni di Assemini, Uta, Decimomannu, Villaspeciosa, Decimoputzu, Villasor nonché alcune aree a destinazione agricola; tale obiettivo è stato conseguito integrando gli interventi



**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

dello scenario 1 sia con la realizzazione di due nuovi argini secondari che con l'adeguamento in quota dell'arginatura esistente a monte della 130.

Nello specifico le altezze medie dei nuovi argini sono di:

- 4.18 m per una lunghezza totale di 5708.22 m per il nuovo argine in sponda SX(ASSEMINI);
- 3.57 m per una lunghezza totale di 4530.95 m per il nuovo argine in sponda DX(UTA).

L'adeguamento in quota dell'arginatura esistente è avvenuta con un sopralzo medio di:

- 0.57 m per una lunghezza totale di 3041.2 m per la sponda DX a valle della 130 per il tratto di raccordo con il nuovo argine secondario;
- 0.45 m per una lunghezza totale di 9165.01 m per la sponda SX a monte della 130;
- 0.76 m per una lunghezza totale di 9236.61 m per la sponda DX a monte della 130.

Rispetto alla situazione attuale si ottiene il contenimento della portata centenaria tra i due argini secondari con franco di 1.20, fermo restando l'estensione delle aree allagate con portata T200.

Nella tabella seguente (Tabella 7.12) 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.

**Tabella 7.12 – Scenario 2: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno**

Categoria elemento	Evento Tr=50anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
			Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	3 338 574	1 671 896	6 508 598	3 193 290	37 123 868	13 785 168
C - COMMERCIALE	-	-	-	-	34 600	6 287 669
H - CORPI IDRICI	-	-	356 652	-	442 274	-
I - INDUSTRIALI	-	-	55 306	18 703 281	474 716	71 179 850
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	958 527	-	2 297 658	-	6 483 526	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	-	-	-	-	726	-
N - STRADE COMUNALI	1 538	14 226	9 692	65 541	63 393	277 298
P - STRADE PROVINCIALI	-	-	105	275	62 703	443 026
R - RESIDENZIALE	-	-	18 485	4 403 547	1 924 690	408 005 973
S - STRADE STATALI	5 362	178 206	5 322	159 160	29 595	557 070
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	6 703	175 615	74 613	1 619 835	342 031	6 308 988
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	-	-	2 338	-	1 054 592	-
<b>Totale</b>	<b>4 310 705</b>	<b>2 039 943</b>	<b>9 328 768</b>	<b>28 144 927</b>	<b>48 036 712</b>	<b>506 845 042</b>



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

## 7.5 SCENARIO 3

Nello scenario 3 sono stati inseriti oltre agli interventi dello scenario 1, anche gli interventi dello scenario 2 ovvero la **realizzazione di due nuovi argini secondari in sponda SX e DX a valle della S.S.130** che per questo scenario consentono, coordinati con gli altri interventi, di affrancare le aree agricole e le zone periferiche degli abitati dalle portate duecentenarie con un franco di 1.20 m. In aggiunta vi sono da computare gli oneri manutenzione degli argini in adeguamento. Inoltre per poter affrancare le sponde del fiume a monte della 130 dalla portata duecentenaria con un franco di 1.20 m. è stata necessaria prevedere anche **la demolizione del ponte Benetti a Decimoputzu**.

La valutazione complessiva di tali interventi come sopra sinteticamente descritta supera i 95 milioni di euro, cui vanno ad aggiungersi le spese generali da valutarsi per circa € 15.000.000 per un totale di lavori e spese di quasi € 110.000.000. Tra gli oneri di manutenzione annui sono stati confermati quelli relativi agli argini esistenti o in adeguamento per un totale di circa € 578.713 per anno.

Si ribadisce ancora che, sebbene sia stato qui considerato come Scenario 3 l'intervento su tutto il corso d'acqua, i lavori potranno essere partizionati in più steps esecutivi. Questo, in particolare, in relazione alla possibilità di operare indipendentemente a valle e a monte della SS 130. Il prospetto dei costi è presentato nella Tabella 7.11, insieme con l'entità stimata per gli oneri di manutenzione.

Tabella 7.13 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 3"

INTERVENTI	IMPORTO
A.1 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO VALLE 130 SC 1-2-3-4	8 194 112
A.2 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO MONTE 130 SC 1-2-3-4	10 321 484
B.1 ADEGUAMENTO ARGINE SX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	9 241 070
B.2 ADEGUAMENTO ARGINE DX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	10 182 855
B.7 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 3	12 378 342
B.8 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 3	9 686 696
D.1 DEMOLIZIONE DEL PONTE DI VIA COGHE ASSEMINI SC 1-2-3-4	470 684
D.2 DEMOLIZIONE DEL PONTE BENETTI DECIMOPUTZU SC 3	157 880
C.3 NUOVO ARGINE SECONDARIO SX SC 3	10 656 834
C.4 NUOVO ARGINE SECONDARIO DX SC 3	8 032 656
B.10 ADEGUAMENTO ARGINE DX DI RACCORDO CON L'ARGINE SECONDARIO DX SC 3	3 694 624
S.1 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX VALLE 130	2 425 500
S.2 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX VALLE 130	1 881 000
S.3 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX MONTE 130	2 574 000
S.4 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX MONTE 130	4 851 000
TOTALE LAVORI	94 748 739
SPESE GENERALI (16%)	15 159 798
TOTALE LAVORI E SPESE	<b>109 908 536.96</b>
in cifra tonda	<b>€ 109 910 000</b>
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	<b>€ 578 713</b>



**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'obiettivo principale dello scenario 3 è, come precisato, quello della salvaguardia degli esposti a monte e a valle della S.S 130 dalle portate T200; tale obiettivo è stato conseguito integrando gli interventi dello scenario 1 e 2 con l'innalzamento delle quote dei due nuovi argini secondari e con un ulteriore adeguamento in quota dell'arginatura esistente a monte della 130; in aggiunta è stata prevista la demolizione del Ponte Benetti in prossimità di Decimoputzu.

Nello specifico le altezze medie dei nuovi argini sono di:

- 4.65 m per una lunghezza totale di 5708.22 m per il nuovo argine in sponda SX(ASSEMINI);
- 4.00 m per una lunghezza totale di 4530.95 m per il nuovo argine in sponda DX(UTA).

L'adeguamento in quota dell'arginatura esistente prevede un sopralzo medio di:

- 0.98 m per una lunghezza totale di 3041.2 m per la sponda DX a valle della 130 per il tratto di raccordo con il nuovo argine secondario;
- 0.93 m per una lunghezza totale di 9165.01 m per la sponda SX a monte della 130;
- 1.24 m per una lunghezza totale di 9236.61 m per la sponda DX a monte della 130.

Rispetto alla situazione attuale in tale scenario si verifica il contenimento delle piene relative ad ogni tempo di ritorno all'interno degli argini secondari.

Nella tabella seguente (Tabella 7.14) 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.

**Tabella 7.14 – Scenario 3: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima 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	3 338 574	1 671 896	6 508 150	3 191 918	6 598 702	3 402 034
C - COMMERCIALE	-	-	-	-	-	-
H - CORPI IDRICI	-	-	356 652	-	356 652	-
I - INDUSTRIALI	-	-	55 306	18 703 281	57 257	20 631 376
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	958 527	-	2 297 658	-	2 311 027	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	-	-	-	-	-	-
N - STRADE COMUNALI	1 538	14 226	9 692	65 541	9 745	71 732
P - STRADE PROVINCIALI	-	-	105	275	105	509
R - RESIDENZIALE	-	-	18 485	4 403 547	18 503	5 535 891
S - STRADE STATALI	5 362	178 206	5 322	159 160	5 343	170 842
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	6 703	175 615	74 613	1 619 835	75 339	1 845 981
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	-	-	2 338	-	2 388	-
Totale	4 310 705	2 039 943	9 328 321	28 143 556	9 435 060	31 658 366



## 7.6 SCENARIO 4

Nello scenario 4 si è ipotizzata la realizzazione, in sinistra idraulica, di uno scaricatore di piena a larga soglia lungo 500 m e posto a valle del ponte sulla SS 130 che consente di far sfiorare una quota parte della portata bicentenaria pari a circa 500 mc/s. Con questa opera la piena T200, che transita a valle della soglia, risulta inferiore e tutta contenuta dagli argini già portati in quota (come da scenario 1). Si realizza quindi uno sfioro controllato verso le aree agricole in sinistra idraulica del comune di Decimomannu e Assemini e si evita la tracimazione arginale che è alla base della estesa pericolosità del PSFF.

Le aree pericolose cambiano in modo rilevante:

1. in sponda sinistra (lato Assemini) risultano sensibilmente ridotte e legate solo alla presenza del colatore, che deve far defluire, per T200, circa 600 mc/s somma della portata del proprio bacino naturale (107 mc/s) e di quella sfiorata (476 mc/s);
2. in sponda destra (lato Uta) spariscono e non risulta più necessario realizzare alcun argine secondario.

Per contenere l'effetto di allagamento del colatore sinistro, sovraccaricato con la portata che passa attraverso la soglia, la realizzazione dello sfioratore va coordinata con altri quattro interventi:

- la messa in opera di un argine secondario di lunghezza 4500 e altezza media di 2,60 m, dimensionato per convogliare la portata bicentenaria con franco 1.20 m (notare l'altezza sensibilmente minore dell'argine secondario rispetto a quello di scenario 3 che era 4.65 m);
- la risagomatura del colatore sinistro, a partire dal ponte di via Coghe fino alla foce, con una sezione trapezia larga 30 m al fondo e alta mediamente 1.5 m;
- lo spostamento di parte cumuli di terra in corrispondenza della laveria della Fluorsid per consentire la corretta risagomatura della golena sinistra del colatore a valle del ponte di via Coghe;
- La demolizione del guado di Is Bagantinus al confine tra Assemini e Decimomannu;

La valutazione complessiva di tali interventi si aggira intorno a 74 milioni di euro, cui vanno ad aggiungersi le spese generali da valutarsi per circa € 11.932.810 per un totale di lavori e spese di circa € 86.515.000. Tra gli oneri di manutenzione annui sono stati confermati quelli relativi agli argini esistenti o in adeguamento per un totale di circa € 519.811 per anno.



**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 complessivo dei costi è infatti presentato nella tabella seguente (Tabella 7.9):

**Tabella 7.15 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 4"**

INTERVENTI	IMPORTO
A.1 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO VALLE 130 SC 1-2-3-4	8 194 112
A.2 RISAGOMATURA ALVEO CON SCAVO DI SBANCAMENTO MONTE 130 SC 1-2-3-4	10 321 484
A.3 RISAGOMATURA COLATORE SX FLUMINI MANNU SC4	1 211 003
B.1 ADEGUAMENTO ARGINE SX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	9 241 070
B.2 ADEGUAMENTO ARGINE DX A VALLE SS 130 SC 1-2-3-4	10 182 855
B.3 ADEGUAMENTO ARGINE SX A MONTE SS 130 SC 1	8 304 771
B.4 ADEGUAMENTO ARGINE DX A MONTE SS 130 SC 1	9 529 951
C.5 NUOVO ARGINE SECONDARIO SX SC4	5 029 601
D.1 DEMOLIZIONE DEL PONTE DI VIA COGHE ASSEMINI SC 1-2-3-4	470 684
O.1 STRAMAZZO A LARGA SOGLIA CON GEOSTUOIA TIPO MACMAT SC4	200 000
T.1 TRASPORTO TERRE FLUORSID SC4	163.028
S.1 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX VALLE 130	2 425 500
S.2 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX VALLE 130	1 881 000
S.3 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE SX MONTE 130	2 574 000
S.4 SISTEMAZIONE IDRAULICA AREE DX MONTE 130	4 851 000
TOTALE LAVORI	74 580 060
SPESE GENERALI (16%)	11 932 810
TOTALE LAVORI E SPESE	<b>86 512 869.34</b>
in cifra tonda	<b>€ 86 515 000</b>
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	<b>€ 519 811</b>

Nella tabella seguente (Tabella 7.10) 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.

**Tabella 7.16 – Scenario 4: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima 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	3 338 574	1 671 896	4 937 702	2 140 327	5 107 589	2 332 952
C - COMMERCIALE	-	-	-	-	-	-
H - CORPI IDRICI	-	-	352 939	-	356 646	-
I - INDUSTRIALI	-	-	42 290	3 295 667	53 475	9 348 747
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	958 527	-	2 239 975	-	2 359 440	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	-	-	-	-	-	-
N - STRADE COMUNALI	1 538	14 226	5 766	28 669	6 309	39 182
P - STRADE PROVINCIALI	-	-	28	195	52	337
R - RESIDENZIALE	-	-	11	2 236	11	3 317
S - STRADE STATALI	5 362	178 206	6 922	221 208	6 922	221 208
T - INFRASTRUTTURE E RETI (IDRICHE, ELETTRICHE)	6 703	175 615	13 391	235 763	15 038	274 279
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	-	-	62 944	-	97 736	-
Totale	4 310 705	2 039 943	7 661 967	5 924 066	8 003 216	12 220 021



## 8 Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento

### 8.1 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 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 una 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 funzione della analisi Costi-Benefici che prenda in considerazione sia i costi associati all’intervento ed i benefici derivanti dalla realizzazione dello stesso intervento, quantificabili in termini di riduzione del danno atteso, sia in funzione del soddisfacimento 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 vengono inseriti.

### 8.2 INTERAZIONI 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 e misure di post-evento. Adeguatamente prima delle piene le popolazioni, dovranno essere allertate, potranno essere evacuate e si potranno adottare quelle azioni che limitano i danni dell’esonazione 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.



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

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.

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 importante sarà comunque considerata: riguarda la definizione del livello di pericolosità da associare a specifiche infrastrutture e, conseguentemente, al territorio sotteso.

In specifico per il tratto del Flumini Mannu a monte e a valle della SS 130 si ricorda che nelle analisi di dettaglio sviluppate nel Capitolo 3 si sono date le informazioni sulle aree attualmente a pericolosità di alluvione, mentre nel Capitolo 4 sono riportati i risultati ottenuti con la modellazione idraulica aggiornata. Questo ha permesso tra l'altro di stabilire che **nel tratto a monte della SS 130 l'allagamento in sponda destra e la fuoriuscita dell'acqua, che viene fatto corrispondere al superamento della quota idrica corrispondente a un franco di altezza inferiore a 20 cm, avvenga con portate di piena di circa 1070 m<sup>3</sup>/s (Qamm) che corrisponde ad un tempo di ritorno di 9.3 anni; per quanto riguarda la sponda sinistra la portata identificata per il superamento della quota idrica corrispondente al franco di 20 cm è di circa 890 m<sup>3</sup>/s (Qamm) che equivale ad un tempo di ritorno di 7.2 anni.** Questi valori di tempi di ritorno possono essere assunti come indice di allertamento grave del territorio della parte a monte della SS 130 nella situazione attuale. Per portate inferiori a Qamm si ha assenza di esondazioni.

**Nel tratto a valle della SS 130 l'allagamento in sponda destra e la fuoriuscita dell'acqua, che viene fatto corrispondere al superamento della quota idrica corrispondente a un franco di altezza inferiore a 20 cm, avvenga con portate di piena di circa 1520 m<sup>3</sup>/s (Qamm) che corrisponde ad un tempo di ritorno di 9.5 anni; per quanto riguarda la sponda sinistra la portata identificata per il**



**superamento della quota idrica corrispondente al franco di 20 cm è di circa 1550 m<sup>3</sup>/s (Qamm) che equivale ad un tempo di ritorno di 9.8 anni.** Ugualmente, questi valori di tempi di ritorno possono essere assunti come indice di allertamento grave del territorio della parte a valle della SS 130 nella situazione attuale. Per portate inferiori a Qamm si ha assenza di esondazioni.

In sintesi si ritiene che nella stesura attuale del PGRA dovrà necessariamente fornire una analisi degli elementi critici di interazione con un deflusso delle acque, sia in termini di opere di protezione esistenti che di infrastrutture che, comunque, interagiscono con i corsi d'acqua al fine di definire le portate che possono defluire senza pericolo per i territori adiacenti con la attuale capacità di deflusso negli alvei. A seguire può essere impostata una operazione di inversione della funzione che da luogo alla curva probabilistica degli eventi estremi di piena e di determinare il tempo di ritorno atteso per l'evento che diviene critico per il territorio.

### 8.3 ANALISI ECONOMICA DEGLI SCENARI D'INTERVENTO IPOTIZZATI

Per gli scenari d'intervento definiti nel Capitolo 6, è stato calcolato l'andamento del flusso attualizzato di costi e benefici e il valore finale del VAN secondo la metodologia ed i criteri di valutazione economica precedentemente illustrati. 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 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



**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

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 scenario si ritiene coerente con le analisi da realizzare. Per alcuni interventi potranno essere considerati ulteriori oneri di sostituzione di apparecchiature o rifacimento di opere, quando necessari su questo arco temporale. Di seguito si considereranno sinteticamente gli scenari d'intervento ipotizzati nella bassa valle del Flumini 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

### Scenario 0 – Situazione attuale

Nello scenario zero sono stati inseriti gli interventi di manutenzione ordinaria degli argini esistenti.

Gli oneri di manutenzione sono valutati in € 445.604 per anno.

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

La valutazione dei danni di piena riferita allo stato attuale, già fornita nel Capitolo 7 è riportata per comodità nella tabella seguente, ed è assunta come riferimento per la quantificazione dei benefici conseguenti alla realizzazione delle opere considerate negli scenari di intervento.

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

**Tabella 8.17– Scenario 0 - Stato Attuale: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	44 649 798	347 208 020	46 530 101	427 943 510	48 036 712	506 845 042

### Scenario 1

Nello scenario 1 sono stati inseriti gli interventi di adeguamento degli argini in sponda sx e dx a monte e a valle della SS 130, di risagomatura dell'alveo con una sezione regolarizzata, di demolizione del Ponte di via Coghe nel comune di Assemini oltre agli interventi di sistemazione idraulica delle aree allagabili. L'obiettivo è quello della salvaguardia degli esposti a monte e a valle della S.S 130, costituiti prevalentemente dalle periferie urbane dei Comuni di Assemini, Uta, Decimomannu, Villaspeciosa, Decimoputzu, Villasor e di alcune aree a destinazione agricola.

La valutazione complessiva degli oneri derivanti da tali interventi è di 78.855.000,00 euro.

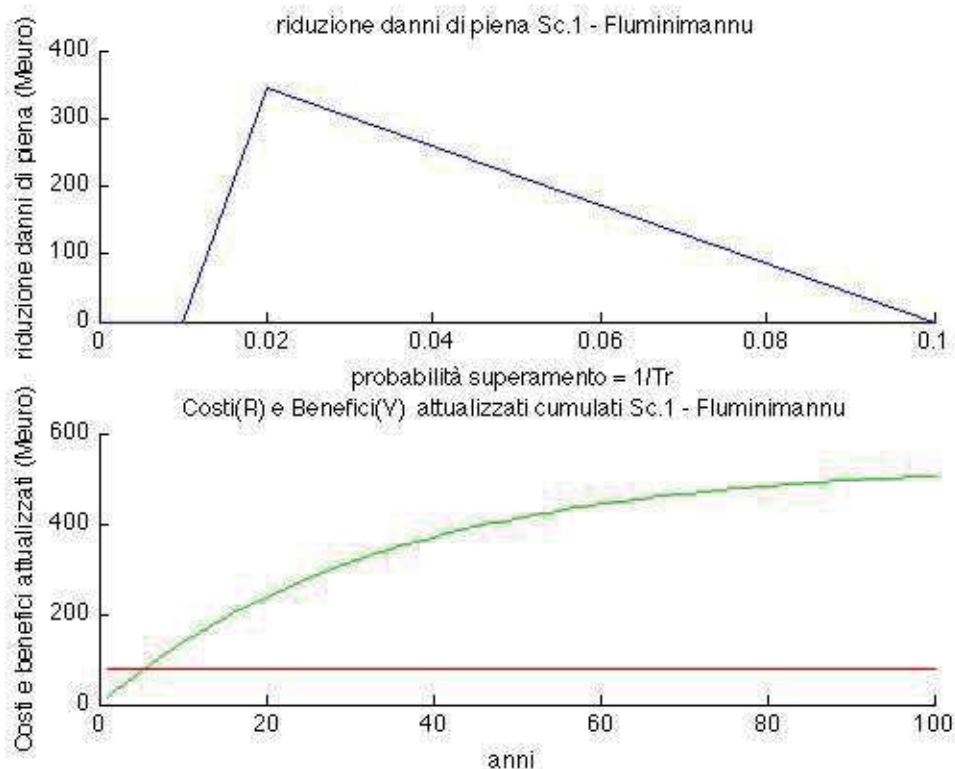
Gli oneri di manutenzione annui sono stati valutati pari a € 445.604 per anno.

Rispetto alla situazione attuale si riscontra la considerevole riduzione dell'estensione delle aree allagate e dell'entità dei danni per l'evento con Tr=50 anni, mentre per i tempi di ritorno maggiore la situazione resta invariata. Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree vulnerate con la configurazione ipotizzata nello scenario, anche la valutazione dei danni conseguenti per i tre tempi di ritorno considerati.



**Tabella 8.18 – Scenario 1: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	4 310 705	2 039 943	46 530 101	427 943 510	48 036 712	506 845 042



**Figura 8.1 – Scenario 1: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per Tr=10 anni**

Come si evidenzia dalla Figura 8.1, nel determinare la curva di riduzione del danno di piena si è considerato che, nella situazione attuale, il tempo di ritorno per il quale si può ipotizzare danno nullo sia per Tr=10 anni. Questo valore è coerente con quanto affermato nei capitoli precedenti nell’analisi dello stato di fatto per il corso vallivo rispetto al ponte sulla SS 130. Tuttavia si ritiene che il tempo di ritorno di circa 7 anni che determina l’esonazione della sola parte a monte del ponte sulla SS 130 possa interessare zone a scarsa valenza, anche in relazione alla frequenza elevata dell’evento critico stimato. In definitiva danni significativi di piena sono considerati solo per eventi con Tr maggiore di 10 anni.

Il valore del beneficio medio annuo atteso conseguente a questo scenario di intervento è pari a circa  $15.53 \cdot 10^6$  euro/anno.



**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 8.1 visualizza i flussi attualizzati di costi e benefici nell'arco temporale esaminato. E' evidente come, nonostante l'importo rilevante di realizzazione di questo scenario di intervento, si determini la convenienza economica conseguente alla sua realizzazione già con un orizzonte temporale di ammortamento di pochi anni.

## Scenario 2

Nello scenario 2 oltre agli interventi previsti nello scenario 1 sono stati inseriti gli interventi di realizzazione di due nuovi argini secondari in sponda Dx e Sx a valle della S.S 130 per la protezione idraulica dell'evento con  $Tr=100$  anni. In questo scenario sono inserite, ancora, come opere complementari le sistemazioni idrauliche delle aree limitrofe agli argini modificati.

La valutazione complessiva degli oneri derivanti da tali interventi è di 103.940.000,00 euro. Gli oneri di manutenzione annui sono stati valutati pari a € 578.713 per anno.

Rispetto alla situazione attuale si riscontra la sostanziale riduzione dell'estensione delle aree allagate e dei danni per gli eventi con  $Tr=50$  e  $Tr=100$  anni. Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree vulnerate con la configurazione ipotizzata per tutti i tempi di ritorno, anche la valutazione dei danni conseguenti.

**Tabella 8.19 – Scenario 2: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento $Tr=50$ anni		Evento $Tr=100$ anni		Evento $Tr=200$ anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	4 310 705	2 039 943	9 328 768	28 144 927	48 036 712	506 845 042

Come si evidenzia dalla Figura 8.2, nel determinare la curva di riduzione del danno di piena si è ugualmente considerato che, nella situazione attuale, il tempo di ritorno per il quale si può ipotizzare danno nullo sia  $Tr=10$  anni, così come ipotizzato per lo Scenario 1 e coerentemente con quanto affermato nei capitoli precedenti nell'analisi dello stato di fatto.

Sulla base di queste considerazioni, il valore del beneficio medio annuo atteso conseguente a questo scenario di intervento aumenta significativamente ed è pari a circa  $18.53 \cdot 10^6$  euro/anno. La Figura 8.2 che visualizza i flussi attualizzati di costi e benefici, evidenzia come, nell'arco temporale esaminato, questo scenario di intervento determina una convenienza economica conseguente alla sua realizzazione fin dai primi anni, nonostante gli importi rilevanti necessari.

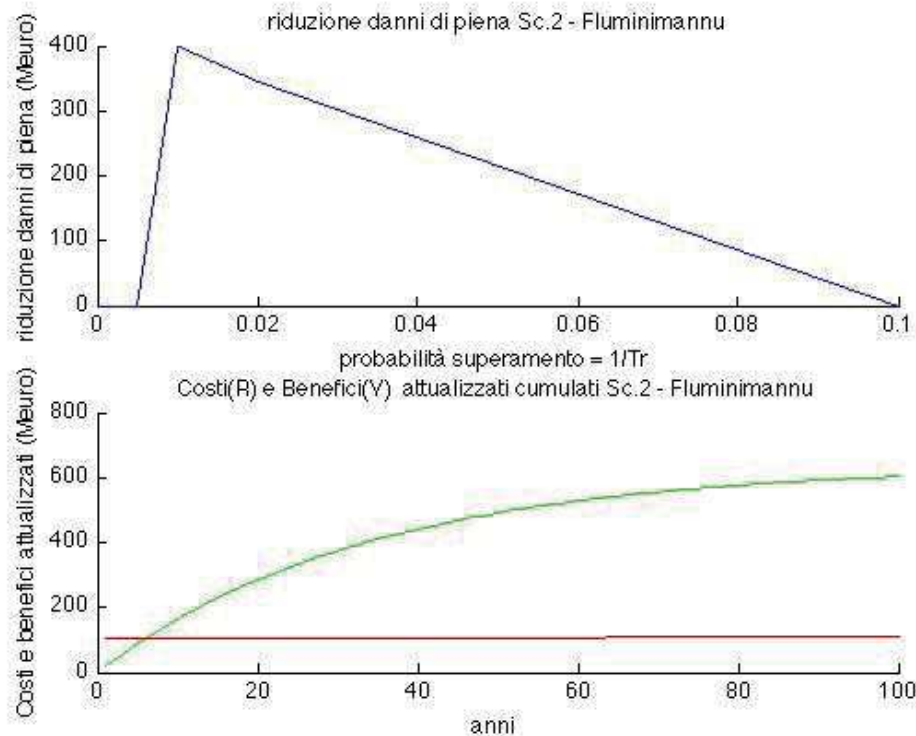


Figura 8.2 – Scenario 2: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per  $Tr=10$  anni

### Scenario 3

Nello scenario 3 si sono considerati gli interventi la protezione del territorio dall'evento con  $Tr=200$  anni: oltre all'adeguamento degli interventi previsti nello scenario 1 2 è stato inserito anche l'intervento di demolizione del ponte Benetti in prossimità di Decimoputzu. In questo scenario sono inserite, ancora, come opere complementari le sistemazioni idraulica delle aree limitrofe agli argini modificati.

La valutazione complessiva degli oneri derivanti da tali interventi è di 109.910.000,00 euro. Gli oneri di manutenzione annui sono stati valutati pari a € 578.713 per anno.

Rispetto alla situazione attuale si riscontra la riduzione dell'estensione delle aree allagate e dei danni conseguenti anche per l'evento con  $Tr=200$  anni. Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree vulnerate con la configurazione ipotizzata per tutti i tempi di ritorno, anche la valutazione dei danni residui conseguenti.



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 8.20 – Scenario 3: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	4 310 705	2 039 943	9 328 768	28 144 927	9 435 060	31 658 366

Come si evidenzia dalla Figura 8.3, nel determinare la curva di riduzione del danno di piena si è ugualmente considerato che, nella situazione attuale, il tempo di ritorno per il quale si può ipotizzare danno nullo sia  $Tr=10$  anni, così come ipotizzato per lo Scenario 1 e 2.

Sulla base di queste considerazioni, il valore del beneficio medio annuo atteso conseguente a questo scenario di intervento aumenta significativamente ed è pari a circa  $22.10 \cdot 10^6$  euro/anno. La Figura 8.3 che visualizza i flussi attualizzati di costi e benefici, evidenzia come questo scenario di intervento determina una convenienza economica conseguente alla sua realizzazione già con un orizzonte temporale di ammortamento di pochi anni, nonostante l'elevato importo per la sua realizzazione.

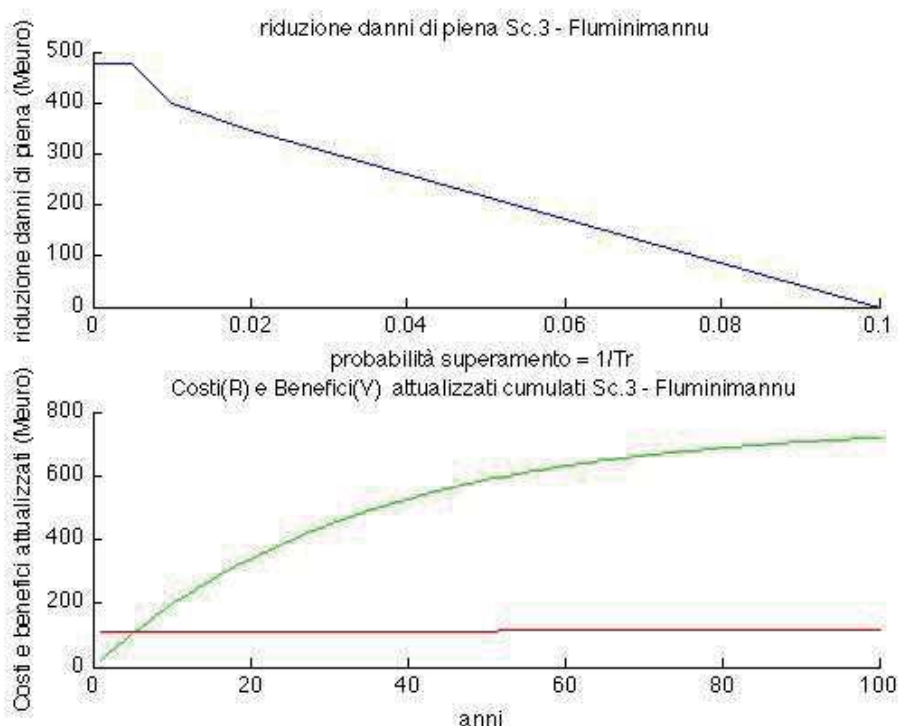


Figura 8.3 – Scenario 3: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per  $Tr=10$  anni



**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

#### Scenario 4

Nello scenario 4 si è ipotizzata la realizzazione, in sinistra idraulica, di uno scaricatore di piena a larga soglia lungo 500 m posto a valle del ponte sulla SS 130 che consente di far sfiorare una quota parte della portata bicentenaria pari a circa 500 mc/s. Con questa opera la piena T200, che transita a valle della soglia, risulta inferiore e tutta contenuta dagli argini già portati in quota (come da scenario 1) e si evita la tracimazione arginale che è alla base della estesa pericolosità del PSFF. Per contenere l'effetto di allagamento del colatore sinistro, sovraccaricato con la portata che passa attraverso la soglia, la realizzazione dello sfioratore va coordinata con altri quattro interventi:

- la messa in opera di un argine secondario sinistro;
- la risagomatura del colatore sinistro;
- lo spostamento di parte cumuli di terra in corrispondenza della laveria della Fluorsid;
- La demolizione del guado di Is Bagantinus al confine tra Assemini e Decimomannu;

La valutazione complessiva degli oneri derivanti da tali interventi è di 86.515.000,00 euro. Gli oneri di manutenzione annui sono stati valutati pari a € 519.811 per anno.

Rispetto alla situazione attuale si riscontra la scomparsa delle aree allagate e dei danni conseguenti lato Uta e la riduzione lato Assemini anche per l'evento con Tr=200 anni.

Nella tabella seguente è consegnata, oltre l'estensione delle aree vulnerate con la configurazione ipotizzata per tutti i tempi di ritorno, anche la valutazione dei danni residui conseguenti.

**Tabella 8.21 – Scenario 4: estensione aree vulnerate per categoria di danno e stima danno**

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	4 310 705	2 039 943	7 661 967	5 924 066	8 003 216	12 220 021

Come si evidenzia dalla Figura 8.4, nel determinare la curva di riduzione del danno di piena si è ugualmente considerato che, nella situazione attuale, il tempo di ritorno per il quale si può ipotizzare danno nullo sia Tr= 10 anni, così come ipotizzato per lo Scenario 1 , 2 e 3.

Sulla base di queste considerazioni, il valore del beneficio medio annuo atteso conseguente a questo scenario di intervento aumenta ulteriormente rispetto allo scenario precedente ed è pari a circa  $22.41 \cdot 10^6$  euro/anno. La Figura 8.4 visualizza i flussi attualizzati di costi e benefici.

Dalla comparazione delle ultime Figure si nota come questo scenario di intervento determina una convenienza economica conseguente alla sua realizzazione ancora maggiore rispetto agli scenari precedentemente esaminati. Rispetto ai risultati ottenuti con scenario 3, come conseguenza della riduzione nei costi previsti per la sua realizzazione ed all'incremento di benefici per i tempi di ritorno maggiori, lo scenario 4 evidenzia la convenienza economica con un orizzonte temporale di ammortamento di pochi anni.

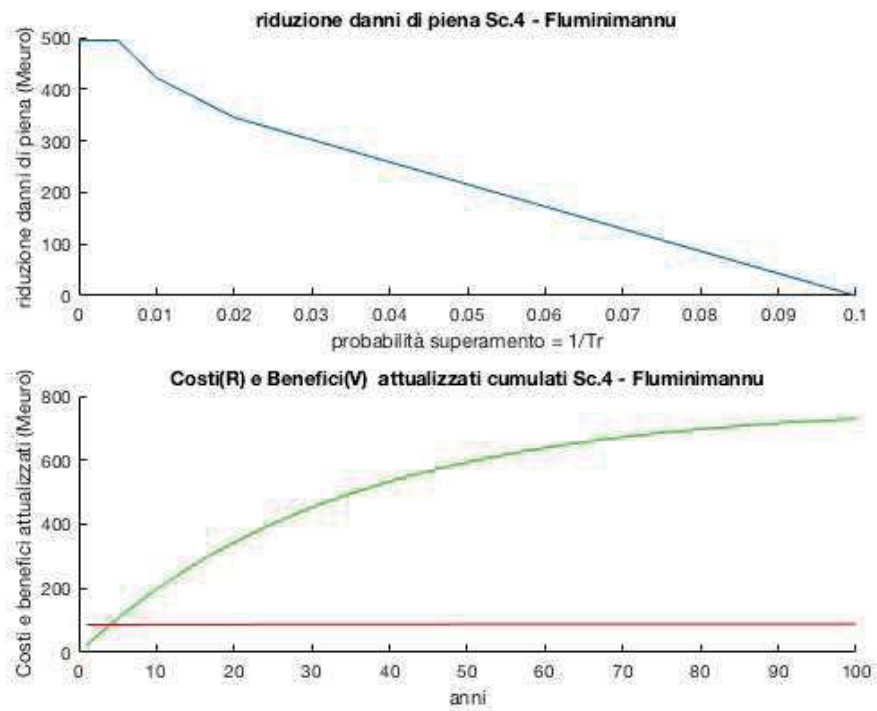


Figura 8.4 – Scenario 4: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici con ipotesi di azzeramento dei danni di piena per  $Tr=10$  anni