

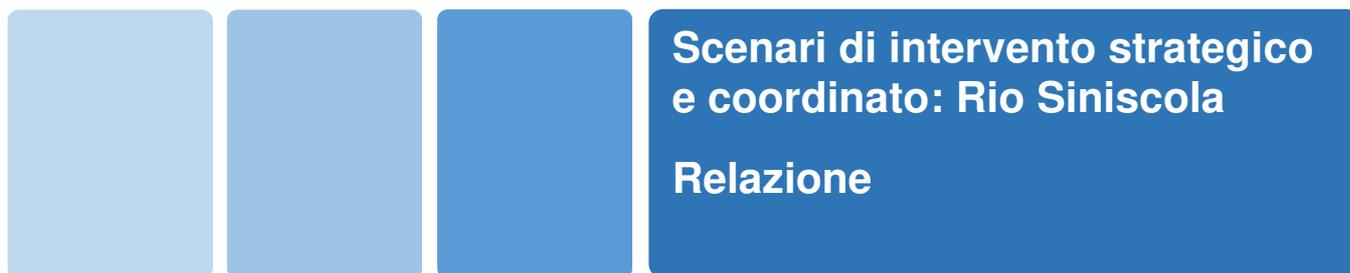


REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Piano di gestione del rischio di alluvioni

secondo ciclo di pianificazione



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



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

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Autorità di Bacino della Sardegna

DIREZIONE GENERALE DELL'AGENZIA REGIONALE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA

Direttore Generale: Antonio Sanna

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

Coordinamento tecnico-amministrativo: Gianluigi Mancosu

Coordinamento operativo: Luisa Manigas

Elaborazioni GIS: Gian Luca Marras

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

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

Responsabile Scientifico: Giovanni Maria Sechi

Elaborazioni GIS: Giovanni Cocco

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

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

DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Direttore Generale: Antonio Pasquale Belloi

Direttore del Servizio pianificazione e gestione delle emergenze: Mauro Merella

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

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

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI

Direttore Generale: Piero Dau

Direttore del Servizio opere idriche e idrogeologiche: Costantino Azzena

Gruppo di lavoro: Roberta Daino, Alberto Spano

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

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

Sommario

1	Premesse	7
2	Descrizione sintetica del sistema idrografico: Rio di Siniscola	9
3	Sintesi delle opere di difesa idraulica del Rio di Siniscola nel tratto esaminato.....	12
4	Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF	13
4.1	Delimitazione delle fasce fluviali.....	15
4.2	Quadro delle principali criticità.....	16
5	Aggiornamento della modellazione idraulica nella situazione attuale e confronto con le mappature del PSFF 18	
5.1	Premessa.....	18
5.2	Criticità specifiche attuali	23
5.3	Volume di piena e aree esondate.....	24
6	Procedura operativa per il di calcolo del danno di piena nel Bacino del Rio di Siniscola	26
7	Quadro generale degli interventi di mitigazione del danno.....	29
7.1	Metodologia di individuazione degli interventi	29
7.2	Definizione tipologica delle opere di sistemazione idraulica.....	31
8	Descrizione degli scenari di intervento esaminati per la salvaguardia delle aree di esondazione	32
8.1	Intervento A: Realizzazione di nuova arginatura in sponda sinistra a valle del ponte di ferro.....	32
8.2	Intervento b: Realizzazione di nuova arginatura in sponda destra a valle del ponte di ferro	33
8.3	Intervento C: Sbanco dell'area di ricarica artificiale e ripristino dell'area golenale.....	35
8.4	Intervento D: Realizzazione di nuova arginatura in sponda sinistra a monte del ponte di ferro	36
8.5	E. Ricalibratura della sezione d'alveo di forma trapezia L= 800 m B= 14m	38
8.6	F. Ampliamento dell'attuale ponte mediante l'inserimento di due nuove luci e il sopralzo dell'impalcato stradale.....	38
8.7	G. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda sinistra a valle del "Ponte di Ferro"	40
8.8	H. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda destra a valle del "Ponte di Ferro" 40	
8.9	I. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda sinistra a monte del "Ponte di Ferro"	40
9	Stima del costo di realizzazione degli interventi.....	41
10	Scenari di intervento	43



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

10.1	Criteri di individuazione	43
10.2	Scenario 0 (stato attuale).....	44
10.3	Scenario 1 – Difesa dell’abitato di Siniscola	46
10.4	Considerazioni sull'area valliva	50
11	Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento	51
11.1	Premesse.....	51
11.2	Interazioni tra PGRA e piani di emergenza	51
11.3	Analisi economica degli scenari d’intervento ipotizzati	53
11.3.1	Scenario 0 – Situazione attuale	54
11.3.2	Scenario 1 – Interventi di manutenzione urgente	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

Indice delle Figure

Figura 2.1 - Sezioni di calcolo nell'ambito del modello Hecras del PSFF	10
Figura 2.2 - Stralcio IGM 1953 e fotografia aerea 1954	11
Figura 4.1 Tratto indagato nella modellazione idraulica dal PSFF (Tratto a monte della SS 125)	14
Figura 4.2 Tratto indagato nella modellazione idraulica dal PSFF (Tratto a valle della SS 125)	15
Figura 5.1 Sezioni trasversali adoperate nel PSFF	19
Figura 5.2 Sezioni trasversali adoperate nel presente studio	20
Figura 5.3 Confronto tra aree PSFF e le mappature del presente studio (Tr= 50 anni).....	21
Figura 5.4 Confronto tra aree PSFF e le mappature del presente studio (Tr= 50 anni).....	22
Figura 5.5 Confronto tra aree PSFF e le mappature del presente studio (Tr= 50 anni).....	23
Figura 6.1 Procedura di calcolo ALFA per la determinazione del danno per ciascuna categoria di elemento esposto: diagramma di flusso.....	27
Figura 8.1 Disposizione planimetrica dell'intervento A	33
Figura 8.2 Rappresentazione del modello del suolo a valle del ponte esistente	34
Figura 8.3 Disposizione planimetrica dell'intervento B -	34
Figura 8.5 Rappresentazione del modello del suolo a valle del ponte esistente	35
Figura 8.6 Rappresentazione dell'area oggetto di modellazione altimetrica.....	36
Figura 8.7 Rappresentazione dell'area oggetto di intervento.....	37
Figura 8.8 Rappresentazione dell'area oggetto di intervento.....	38
Figura 8.9 Ponte di ferro - configurazione attuale.....	39
Figura 8.10 Ponte di ferro - ipotesi progettuale.....	39
Figura 10.1 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni.....	44
Figura 10.2 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni.....	44
Figura 10.3 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni.....	45
Figura 10.4 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni.....	46
Figura 10.5 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni.....	47
Figura 10.6 Scenario 1- Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni	47
Figura 11.1 - Scenario 1: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici.....	55



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

Indice delle Tabelle

Tabella 5.1 - Volumi di allagamento allo stato attuale	25
Tabella 6.1 - Categorie di danno degli elementi presenti nel DBEE e relativo costo	26
Tabella 9.1 – Valutazione economica degli interventi	42
Tabella 10.1 - Valutazione dei costi relativi allo "scenario 0"	45
Tabella 10.2 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno	46
Tabella 10.3 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 1"	49
Tabella 10.4 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno	50
Tabella 11.1 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate e stima del danno.....	54
Tabella 11.2 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno totale	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

Elenco degli Allegati

ZONA IDROGRAFICA 5 - Posada Cedrino

Bacino : 16 – Fiume Rio di Siniscola

Elaborati di Relazione

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

Tavole

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

1 Premesse

L'Accordo di collaborazione tra l'Agenzia Regionale di Distretto Idrografico (ARDIS) della Regione Sardegna e il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) dell'Università degli Studi di Cagliari, formalizzato con convenzioni in data 23 Dicembre 2013 e 31 Marzo 2014, è finalizzato alla realizzazione di studi e ricerche per la *"predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni sui principali corsi d'acqua del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE in data 23.10.2007 e dell'art. 7 del Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49"*.

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

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

In sintesi, con l'accordo ARDIS e DICAAR si sono impegnati a collaborare per la realizzazione delle attività e le prestazioni di interesse comune finalizzate **alla predisposizione del Piano di gestione del rischio di alluvione** relativo al Distretto Idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (art. 7 e Allegato I del D.L. 23 febbraio 2010 n. 49 e art. 7 della Direttiva 2007/60/CE). Pertanto, per le zone a pericolosità di esondazione a seguito di alluvione, così come definite negli studi già realizzati, l'accordo tra ARDIS e DICAAR prevede di **individuare e definire in termini dimensionali le azioni strutturali per la mitigazione dei danni di piena, nonché il loro grado di priorità**, al fine della riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

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

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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

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

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

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

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

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

2 Descrizione sintetica del sistema idrografico: Rio di Siniscola

Ai fini della descrizione sintetica dell'ambito territoriale, si riporta di seguito la descrizione del bacino del rio di Siniscola, estratta dal PSFF, dall'elaborato 5_16_1_1_4-Rel-Monografica MINORI TRA IL POSADA E IL CEDRINO

Il rio di Siniscola drena un bacino idrografico di forma vagamente rettangolare che segue una fascia depressa formata lungo un sistema di faglie di interesse regionale avente asse NNE-SSW. Nel complesso tale area assume la conformazione di un graben asimmetrico in cui settore settentrionale, che culmina nel monte Albo di oltre 1000 m s.m. di altitudine, risulta maggiormente rialzato rispetto a quello meridionale. Il fondo di tale graben corrisponde al fondovalle del Siniscola ed è occupato da conglomerati ed arenarie continentali pliopleistoceniche.

Verso la costa tale complesso è stato inciso, a tratti fino a riesumare il substrato Paleozoico, dal reticolo idrografico attuale a formare un ripiano terrazzato mediamente posto una ventina di metri al di sopra del fondovalle alluvionale del Siniscola che, in prossimità del mare, ha colmato una piana costiera che raggiunge una larghezza massima di circa 2 km, dove sono tuttora visibili evidenti tracce di un sistema di paludi costiere e di alvei fluviali abbandonati.

Il Siniscola scorre pertanto al fondo di una valle alluvionale ribassata di alcune decine di metri rispetto al fondovalle principale. Allo stato attuale parrebbe che il corso d'acqua, nel tratto di studio, abbia raggiunto un sostanziale equilibrio rispetto al profilo di fondo e che quindi prevalgano i processi di erosione laterale di sponda, legati alla naturale tendenza alla divagazione dell'asta fluviale, che alla lunga portano al progressivo allargamento del fondovalle alluvionale.

L'alveo del Siniscola è di tipo monocursale, debolmente sinuoso, con pendenza media lungo il primo tratto pari allo 0,4% e lungo il tratto focivo (che presenta quote di fondo alveo al di sotto del livello del mare) prossima allo 0,1%.

In passato nella piana costiera l'alveo assumeva un conformazione di tipo meandriforme. A seguito degli interventi di bonifica che hanno portato alla realizzazione del rilevato arginale in sinistra, l'alveo è stato rettificato fin nei pressi della foce.

Il rio di Siniscola è stato rilevato da valle della Strada Provinciale n. 45 sino alla foce in mare, a valle della località Sa Petra Ruja.

Complessivamente nel PSFF sono state rilevate 23 sezioni trasversali, integrate dal rilievo delle opere idrauliche (attraversamenti, opere trasversali etc.) poste in prossimità delle sezioni stesse. Le sezioni interessano una lunghezza del tratto fluviale vallivo esteso per circa 10,9 km di asta, con un interesse medio delle sezioni trasversali pari a circa 474 m. In Figura 4 è riportato lo stralcio planimetrico estratto dal PSFF con indicazione dell'ubicazione delle sezioni trasversali rilevate.



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

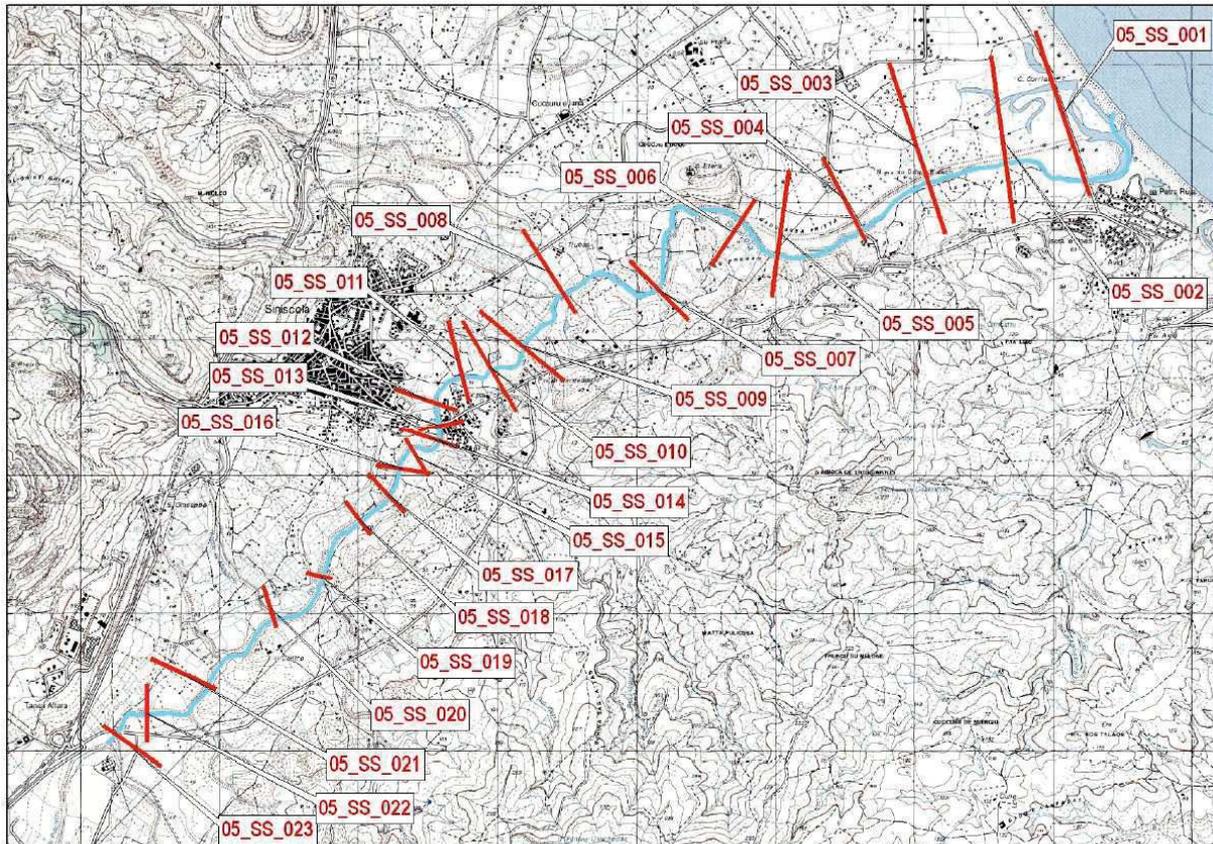


Figura 2.1 - Sezioni di calcolo nell'ambito del modello Hecras del PSFF

Le successive immagini documentano la modifica subita dalle aree contermini il Rio successivamente agli anni 60; le modifiche hanno riguardato come evidente sia la consueta espansione edilizia dell'abitato che progressivamente andava ad estendersi verso le aree più vallive sin quasi in prossimità delle aree golenali; nel contesto costiero si è invece assistito ad una progressiva occupazione delle aree prossime agli stagni con alterazione della circolazione 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

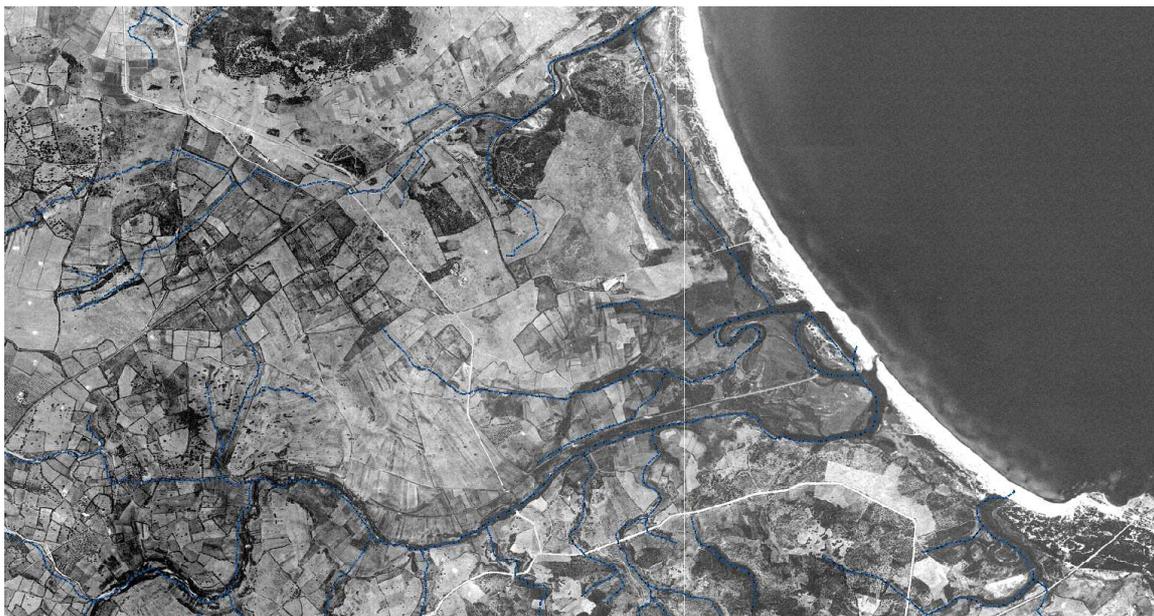
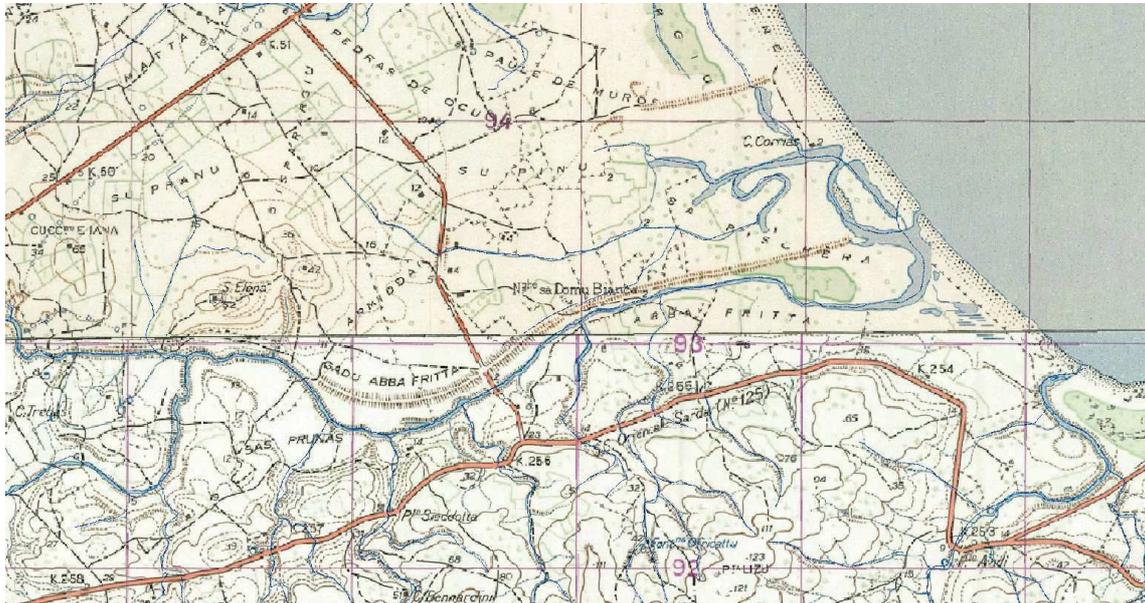


Figura 2.2 - Stralcio IGM 1953 e fotografia aerea 1954



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

3 Sintesi delle opere di difesa idraulica del Rio di Siniscola nel tratto esaminato.

Di seguito si riporta la descrizione delle opere di difesa idraulica esistenti nel tratto del Rio interno all'abitato tratte dalle monografie del PSFF.

Nel settore del rio di Siniscola indagato sono presenti due tratti che sono stati oggetto di sistemazioni idrauliche.

Il primo è situato nei pressi dell'abitato di Siniscola, a partire dal ponte delle S.S. 125: in questo tratto, nel dicembre 2006¹ - quando sono stati effettuati i sopralluoghi - erano in corso interventi di risagomatura e canalizzazione dell'asta fluviale, con posa in sponda destra di un rilevato arginale. L'obiettivo di tali interventi parrebbe essere la protezione dei fabbricati edificati sul fondovalle alluvionale nei pressi delle sponde.

In corrispondenza della piana costiera è stato realizzato, anteriormente all'inizio degli anni '60, un lungo rilevato arginale per consentire la bonifica del tratto di piana posta a nord del Siniscola. A sud tale intervento non è stato necessario in quanto l'asta fluviale corre nei pressi di rilievi collinari rocciosi che contengono naturalmente le acque di piena.

¹ Gli interventi all'atto della predisposizione del presente documento (Giugno 2016) sono conclusi, i suddetti interventi sono stati realizzati allo scopo di potenziare la difesa arginale ma escludendo qualunque effetto di riduzione della pericolosità idraulica ai fini del P.A.I..



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

4 Pericolosità idrauliche documentate nel PSFF

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

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

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

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

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

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

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

Di seguito si consegna un estratto relativo alla Relazione Monografica del 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

Le simulazioni evidenziano come la corrente defluisca in condizioni subcritiche per tutto il tratto oggetto di studio e per tutti gli eventi considerati; solo localmente, in corrispondenza degli attraversamenti posti alle sezioni 16, 4 ed 1, si osservano condizioni di supercritiche conseguenti all'interferenza dei manufatti.

Procedendo da monte verso valle, contemporaneamente ad un progressivo incremento della larghezza della sezione bagnata e dei tiranti idrici, le velocità medie passano da valori prossimi a 2 m/s nel tronco montano fino a 0,5 – 1 m/s nel tratto focivo.

In tutto il tratto studiato la portata con tempo di ritorno 2 anni risulta contenuta nell'alveo inciso mentre per eventi più gravosi vengono sempre interessati i piani golenali.

In particolare risultano interessati i seguenti ambiti:

- a monte del ponte in località "Tanca Altara", in sinistra, per eventi a partire da $T = 50$ anni;
- in corrispondenza del centro di Siniscola, tra la sez. 17 e la sez. 11, a causa dell'inadeguatezza del ponte della Strada Orientale Sarda per eventi di piena $T \geq 200$ anni, potrebbero essere coinvolti alcuni insediamenti posti in sinistra;
- nella parte centrale del tratto in esame (sez. 10 – sez. 7) l'intero ambito fluviale; in questo caso non sono coinvolti centri urbani e/o infrastrutture;
- nel tratto di valle (sez. 6 – sez. 1), a causa dell'inadeguatezza dell'argine in sinistra per eventi di piena con $T \geq 50$ anni, viene interessata un'ampia fascia golenale in parte paludosa (dove possono essere riattivati alcuni rami dimessi); in tale settore (ad uso prevalentemente agricolo) l'elemento sensibile potenzialmente inondabile con tiranti fino a 1,80 m è il depuratore posto in località "Sa Domu Bianca".

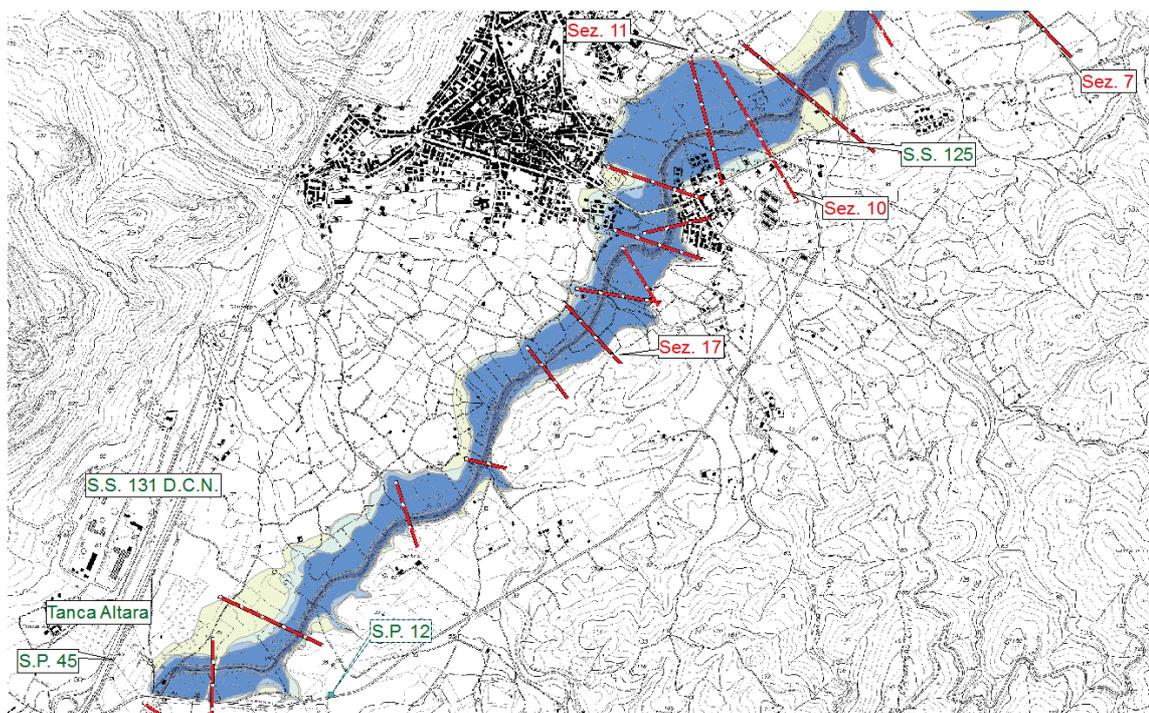


Figura 4.1 Tratto indagato nella modellazione idraulica dal PSFF (Tratto a monte della SS 125)



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

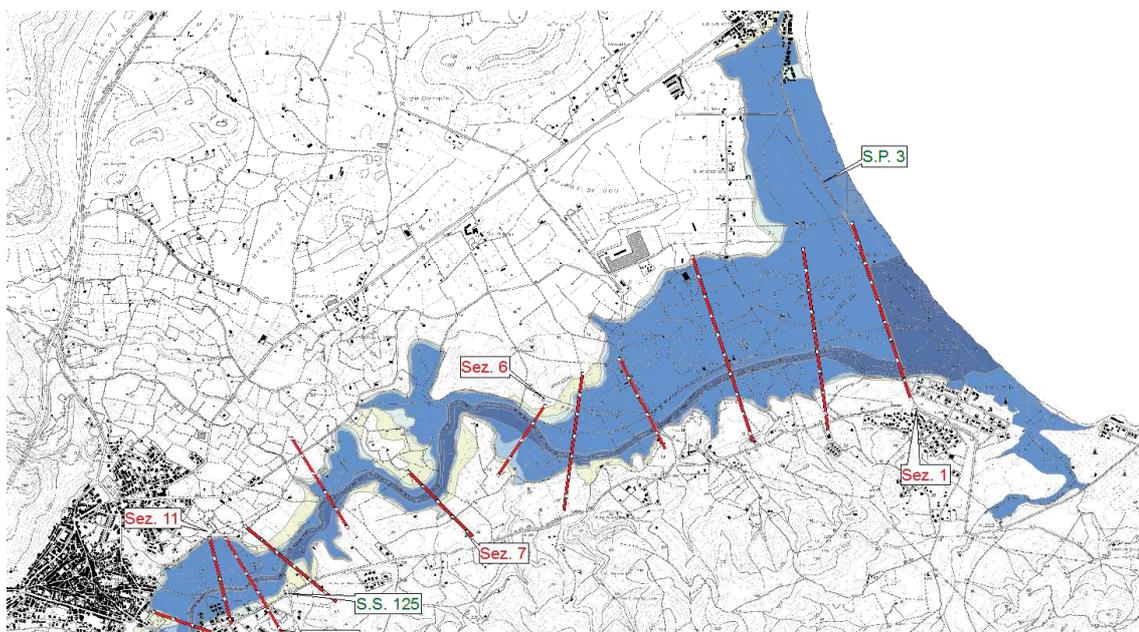


Figura 4.2 Tratto indagato nella modellazione idraulica dal PSFF (Tratto a valle della SS 125)

4.1 DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI

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

Tratto tra il ponte del nodo stradale tra la S.P.12, la S.P.45 e la S.S.131 D.C.N. (in prossimità della località di Tanca Altara) e il ponte della S.S. 125 a Siniscola (sez. SS023 – SS 013)

In tutto il tratto in oggetto, le fasce di esondazione (ad eccezione di quella relativa ad eventi con tempo di ritorno 2 anni, che risulta attestata sull'alveo inciso) per gli eventi più gravosi raggiungono ampiezze mediamente comprese tra i 100 ed i 300 m, interessando aree agricole e qualche casa sparsa.

Tuttavia presso l'abitato di Siniscola, a causa dell'effetto di ostruzione del ponte della S.S. n. 125, si rileva un importante allargamento delle fasce che raggiungono i 500 m con l'interessamento di un vasto settore urbanizzato in sponda sinistra e diversi fabbricati a ridosso della sponda destra.

Tratto tra a valle del ponte della S.S. 125 in corrispondenza dell'abitato di Siniscola (sez. SS013 – SS 010)



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

Lungo il tratto in oggetto, fermo restando la coincidenza con l'alveo inciso della fascia relativa all'evento con $T = 2$ anni, si rileva che, per eventi con tempo di ritorno superiore, i piani golenali vengono interessati con un andamento meno omogeneo rispetto al tratto precedente 100 anni raggiungendo un'ampiezza di circa 450 m ed in destra, nonostante la presenza di una sistemazione idraulica con arginatura (ancora in fase di completamento durante i sopralluoghi svolti nel dicembre 2006), si rileva l'interessamento di diversi fabbricati dell'abitato di Siniscola già per eventi con $T = 50$ anni. La difesa delle aree sopra descritte potrà essere posta in essere con il completamento dell'argine sopra citato.

Tratto tra l'abitato di Siniscola ed il ponte della Strada Orientale Sarda S.S. 125 (sez. SS010 – SS 004)

Nel tratto in oggetto, anche per la sezione d'alveo poco incisa che favorisce le esondazioni, le fasce relative ad eventi con $T \geq 50$ anni risultano estese all'intero ambito fluviale, con maggior allargamento in sinistra, a monte del ponte della Strada Orientale Sarda. Da segnalare la presenza di una porzione di territorio rialzata che, rispetto alle fasce B_200 e C, forma un'isola; tale settore è situato in sinistra idraulica poco a valle della località C. Trubas. Le ampiezze sono comprese tra i 200 ed i 700 m circa tuttavia, grazie al fatto che la pressione antropica è non elevata, non risultano coinvolti centri urbani e/o infrastrutture.

Tratto tra il ponte della Strada Orientale Sarda S.S. 125 e la foce (sez. SS004 – SS 000)

Questo tratto terminale è caratterizzato dalla presenza del ponte stradale in località "Sa Petra Ruja" e dell'argine in sinistra (realizzato per la bonifica delle aree a nord del rio), risultati entrambi inadeguati per eventi di piena con $T \geq 50$ anni. L'argine viene sormontato con il coinvolgimento in sinistra di un'ampia fascia golenale costituita da aree, in parte paludose, prevalentemente occupate da appezzamenti agricoli dove, oltre ad alcune case sparse, viene coinvolto il depuratore posto in località "Sa Domu Bianca"; non sono coinvolti insediamenti in destra, dove il limite delle fasce di esondazione è imposto dal piede del versante. Da segnalare la presenza all'interno delle fasce di esondazione di numerosi fabbricati presso la località La Caletta, dove si è proceduto all'edificazione anche all'interno di alcune aree più depresse.

L'ampiezza complessiva delle aree interessate passa dai 600 m presso il ponte stradale ai circa 3,2 km presso la foce.

4.2 QUADRO DELLE PRINCIPALI CRITICITÀ

La principale criticità che caratterizza l'attuale assetto del Rio di Siniscola riguarda l'insufficienza idraulica dell'alveo presso l'abitato e nella zona più valliva con il coinvolgimento dell'aree foci interessate da insediamenti di tipo turistico.

L'assetto attuale del rio di Siniscola è condizionato dalla presenza di un tratto risagomato e canalizzato con un argine in destra presso l'abitato di Siniscola e dalla presenza di un lungo rilevato arginale, in sponda sinistra, in corrispondenza della piana costiera.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

L'analisi idraulica ha evidenziato come in tutto l'ambito di studio la portata con tempo di ritorno 2 anni sia contenuta nell'alveo inciso mentre per eventi più gravosi siano sempre interessati i piani golenali.

In particolare :

- l'inadeguatezza in quota del ponte posto in località "Tanca Altara" (l'impalcato viene sormontato già per tempi di ritorno pari a 50 anni) causa un rigurgito a monte che favorisce esondazioni in sinistra, per eventi a partire da $T = 50$ anni;
- il ponte della Strada Orientale Sarda n. 125 impone un restringimento tale per cui, per portate elevate ($T \geq 200$ anni), si verifica il sormonto del rilevato arginale e l'inondazione dei terreni circostanti, in particolar modo in sinistra;
- in corrispondenza del centro di Siniscola si verificano esondazioni al transito di eventi significativi che coinvolgono alcuni fabbricati in destra;
- nel tratto di valle del riu di Siniscola, l'inadeguatezza del ponte in località "Sa Petra Ruja", (incompatibile al deflusso di portate con $T \geq 50$ anni) e l'inadeguatezza dell'argine presente in sponda sinistra (sormontato per eventi di piena con $T \geq 50$ anni) favoriscono esondazioni diffuse su entrambe le sponde; qui, oltre al depuratore posto in località "Sa Domu Bianca" (potenzialmente inondabile con tiranti fino a 1,80 m), vengono coinvolte aree in parte paludose, prevalentemente occupate da appezzamenti agricoli, dove possono anche essere riattivati in piena alcuni rami dell'alveo ora dismessi;
- inoltre vengono interessati dagli allagamenti numerosi fabbricati presso la località La Caletta.

Solo il ponte della Strada Orientale Sarda non evidenzia specifiche criticità, risultando compatibile, in termini di livelli al colmo, anche col deflusso della portata cinquecentennale (franco idraulico maggiore di 0,5 m).

Durante i sopralluoghi è emerso che sul riu di Siniscola erano in fase di completamento lavori di risagomatura dell'asta fluviale che hanno comportato la mobilitazione di discreti volumi di depositi alluvionali.

Presso gli archivi del Genio Civile di Nuoro è presente la determina relativa ai lavori sul riu di Siniscola da cui si evince che detti lavori dovrebbero estendersi in futuro sia a monte che a valle del tratto finora oggetto di intervento, fino a coinvolgere la quasi totalità dell'asta fluviale ad esclusione della foce.

Allo stato attuale parrebbe che il corso d'acqua nel tratto di studio abbia raggiunto un sostanziale equilibrio rispetto al profilo di fondo e quindi che prevalgono i processi di erosione laterale di sponda legati alla naturale tendenza alla divagazione dell'asta fluviale. Con la realizzazione di nuovi interventi di risagomatura e canalizzazione il territorio a disposizione per le divagazioni sarebbe nettamente ristretto se non annullato, favorendo la rettificazione del tracciato dell'alveo al quale consegue, inevitabilmente, un deciso aumento della capacità di erosione della corrente.

Inoltre gran parte dei tratti oggetto di sistemazione non presenta particolari criticità limitrofe al corso d'acqua, trattandosi di aree agricole prive di insediamenti o infrastrutture.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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

5.1 PREMESSA

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

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

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

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

Complessivamente il modello geometrico assunto si sviluppa per una lunghezza poco superiore a 11 km compresi tra l'area industriale in località Tanca Altara e la foce, così come modellato nell'ambito del PSFF.

La differenza fra i due modelli idraulici, nei tratti comuni pertanto, è sostanzialmente dovuta alla numerosità e dettaglio delle sezioni trasversali utilizzate: nel PSFF sono state utilizzate 39 sezioni principali piane normali all'asse del fiume; nel presente studio sono state adoperate 110 sezioni. L'analisi idraulica è stata ugualmente eseguita per eventi con i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni, come nel PSFF.

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

Per quanto attiene i valori di portata utilizzati, sono stati utilizzati i valori stimati nel PSFF, con la variazione delle portate lungo il corso fluviale come indicato nel medesimo studio. Alle sezioni di modello sono associate pertanto le seguenti portate:



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

River	RS modello Hec PGRA	RS Modello Hec PSFF	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
Rio Siniscola	11297	23	580	706	832
Rio Siniscola	9820	21	612	745	877
Rio Siniscola	9184	20	658	801	943
Rio Siniscola	6256	9	718	875	1030
Rio Siniscola	5598	8	758	923	1090
Rio Siniscola	3213	5	782	952	1120

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

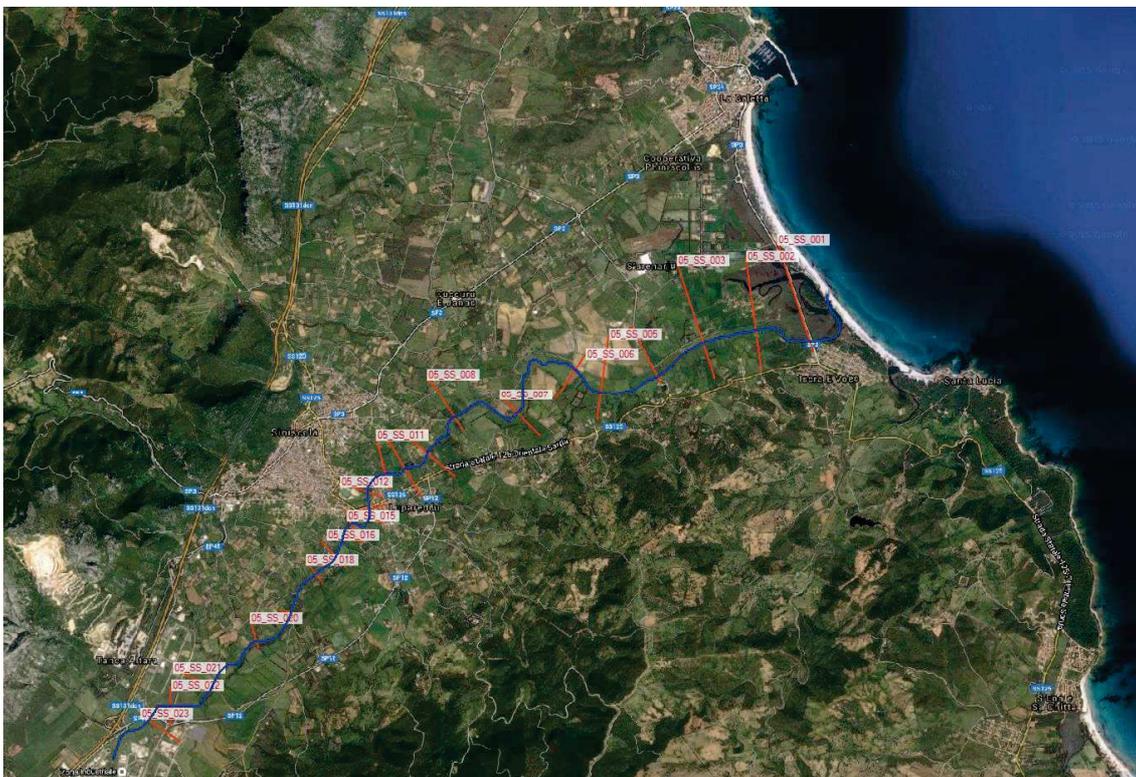


Figura 5.1 Sezioni trasversali adoperate nel PSFF



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

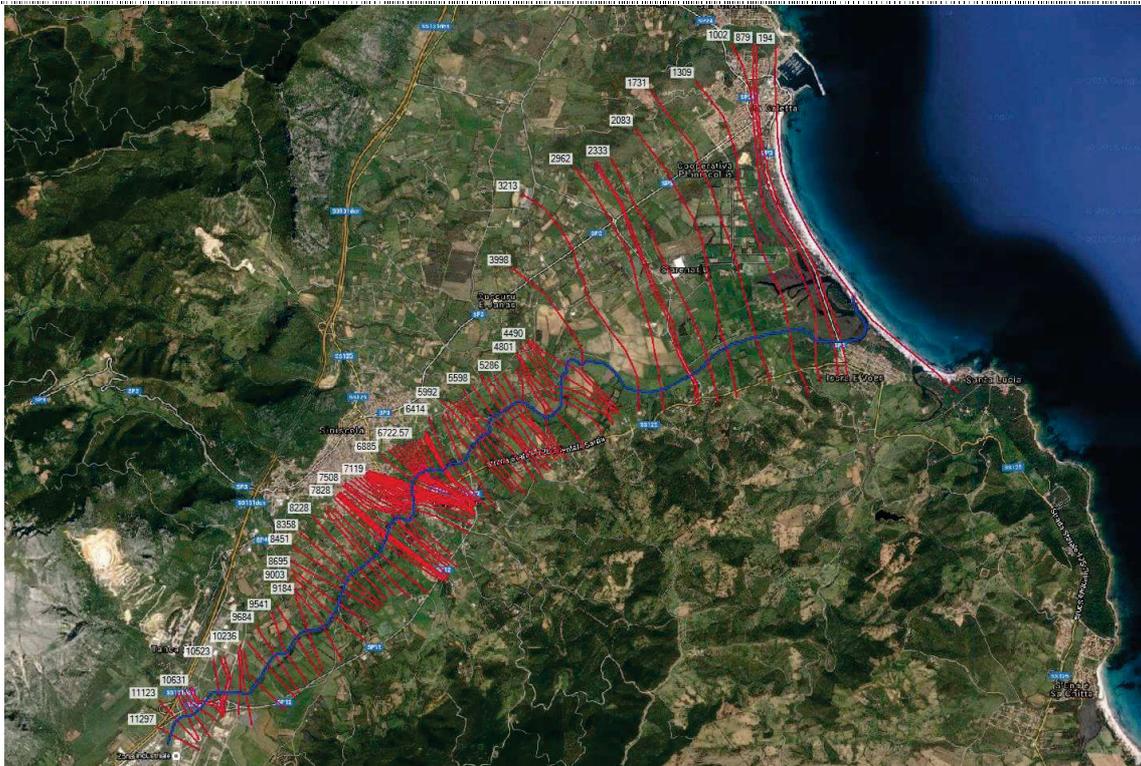


Figura 5.2 Sezioni trasversali adoperate nel presente studio

Le differenze tra le aree interessate dalle esondazioni, rispettivamente riscontrate nell'ambito del PSFF e nel presente studio, non sono particolarmente significative; le differenze sono evidentemente da attribuire ad una più dettagliata informazione cartografica e dal maggior numero delle sezioni considerate nel modello idraulico.

Malgrado il livello di informazione attuale sulla altimetria sia estremamente più dettagliato, le differenze, come detto, non sono particolarmente rilevanti; in particolare di seguito si consegna un confronto tra le aree a pericolosità riscontrate nel PSFF e nel presente studio in occasione di eventi di piena con tempo di ritorno di 50 anni.

Tratto a monte dell'abitato di Siniscola.

In sponda destra l'orografia è tale da contenere le portate di piena in prossimità dell'incile dell'alveo stesso, la quota delle aree contermini tende ad aumentare rapidamente; i limiti delle due aree di allagamento tendono sostanzialmente a coincidere. Si evidenziano limitate differenze in particolare in corrispondenza delle immissioni del reticolo minore

In sponda sinistra le aree contermini sono maggiormente pianeggianti, conseguentemente, il grado di dettaglio del DTM 1m consente una migliore lettura delle aree coinvolte. Tuttavia le differenze sono contenute, in aumento o in diminuzione, a valori massimi inferiori ai 100 m , con i valori maggiori in corrispondenza delle immissioni del reticolo minore.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

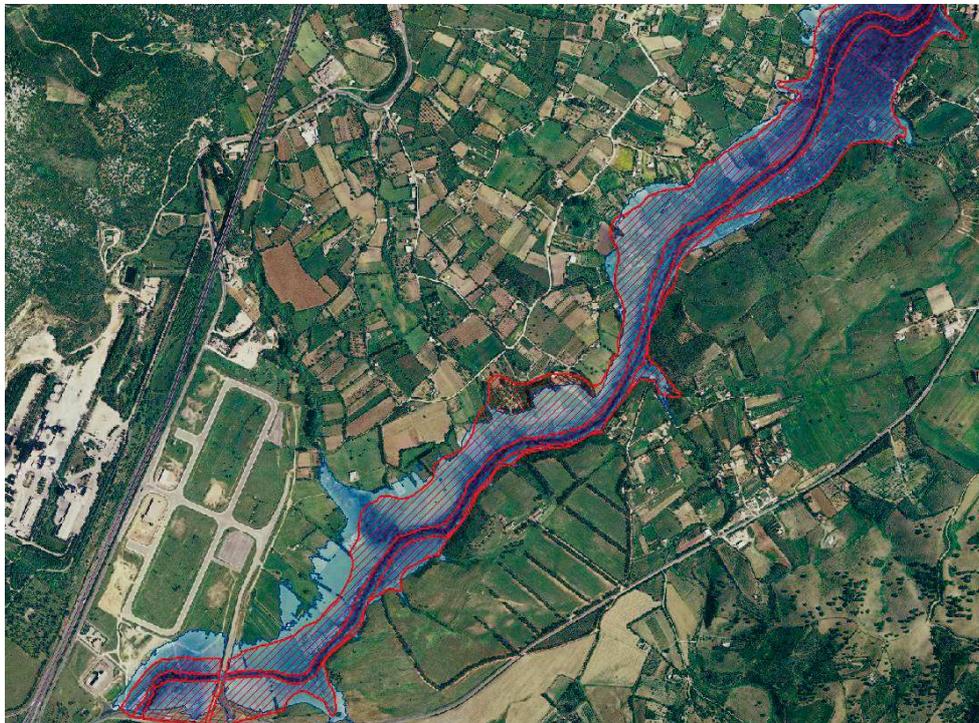


Figura 5.3 Confronto tra aree PSFF e le mappature del presente studio (Tr= 50 anni)

Tratto in corrispondenza dell'abitato di Siniscola (a monte e a valle del ponte di ferro)

Come riscontrato anche in occasione di eventi recenti di piena, e come indicato nei paragrafi precedenti, il ponte di ferro costituisce un significativo elemento di criticità. L'analisi effettuata con modello idraulico evidenzia in sponda sinistra un rigurgito che a sua volta determina un'espansione in sponda sinistra ben maggiore di quanto indicato nello studio PSFF.

L'allagamento si estende per circa 170m andando a coinvolgere abitazioni che nelle mappe del PSFF risultavano franche.

A valle del ponte, in sponda sinistra, i due scenari di pericolosità tendono ad uniformarsi, andando a "leggere" in entrambi i casi il rilevato realizzato in corrispondenza delle strutture sportive esistenti.

Anche in questo caso le aree di espansione dell'esonazione individuate in sponda destra tendono a coincidere; soprattutto nel tratto a monte del ponte. A valle del ponte in entrambe le modellazioni si è dato atto dell'insufficienza del rilevato ferroviario e del coinvolgimento delle abitazioni ponte tra il fiume stesso e la SS 125.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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



Figura 5.4 Confronto tra aree PSFF e le mappature del presente studio (Tr= 50 anni)

Tratto in a valle dell'abitato di Siniscola sino alla foce

Anche in questo tratto non si individuano differenze rilevanti, tuttavia è opportuno evidenziare tre situazioni particolari:

La prima riguarda la località posta ad ovest del rilievo Sant'Elena, le rimanenti due riguardano l'estremità nord (loc. La Caletta) e sud (foce Rio S'Abbasuora).

Nel primo caso il PSFF delimita l'area allagabile, ricomprendendo al suo interno anche i due compluvi minori, di cui il Rio Rena Latta e sicuramente il più importante. L'area allagabile, risale il percorso dei dei compluvi estendendosi quindi l'allagamento; l'espansione della esondazione di piena determinata dal modello qui elaborato è invece minore, l'allagamento ricomprende esclusivamente le aree contermini il fiume; le differenze sono contenute entro i 250 - 300m.



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

In prossimità de La Caletta, il PSFF limita l'area allagabile lungo il canale che veicola le acque del versante montano; l'analisi qui effettuata invece va oltre il canale stesso andando a comprendere aree più depresse dentro l'abitato.

A sud, in corrispondenza della foce del S'Abbasuora, il PSFF estende l'area allagabile anche all'interno delle zone umide contermini il citato rio, sino a lambire i centri turistici di Sa Petra Ruia e di Santa Lucia, senza però coinvolgere le aree antropizzate.



Figura 5.5 Confronto tra aree PSFF e le mappature del presente studio (Tr= 50 anni)

5.2 CRITICITÀ SPECIFICHE ATTUALI

Nel presente studio non viene considerata l'ipotesi del collasso di opere di difesa, sia il rilevato arginale in sponda destra a valle dell'abitato, e sia il rilevato in sponda sinistra che precede l'attraversamento sulla SP 3.

Questa assunzione in quanto le uniche opere presenti lungo il tratto indagato sono delle semplici opere a servizio delle strade adiacenti che, come già detto, non presentano alcun carattere di difesa idraulica.

La valutazione delle criticità verrà quindi effettuata in condizioni di assenza di opere esistenti, verificando la condizione che induce al superamento del ciglio dell'alveo corrispondente a un franco minimo di ampiezza minore o uguale a 20 cm^2 .

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

²Tale 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

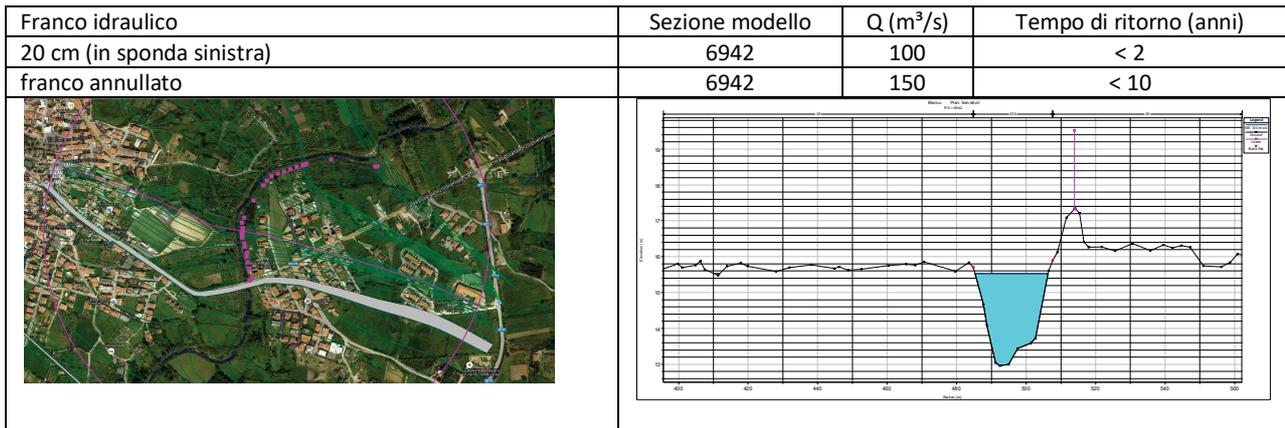
PRESIDENZA
 Direzione Generale Agenzia Regionale del
 Distretto Idrografico della Sardegna



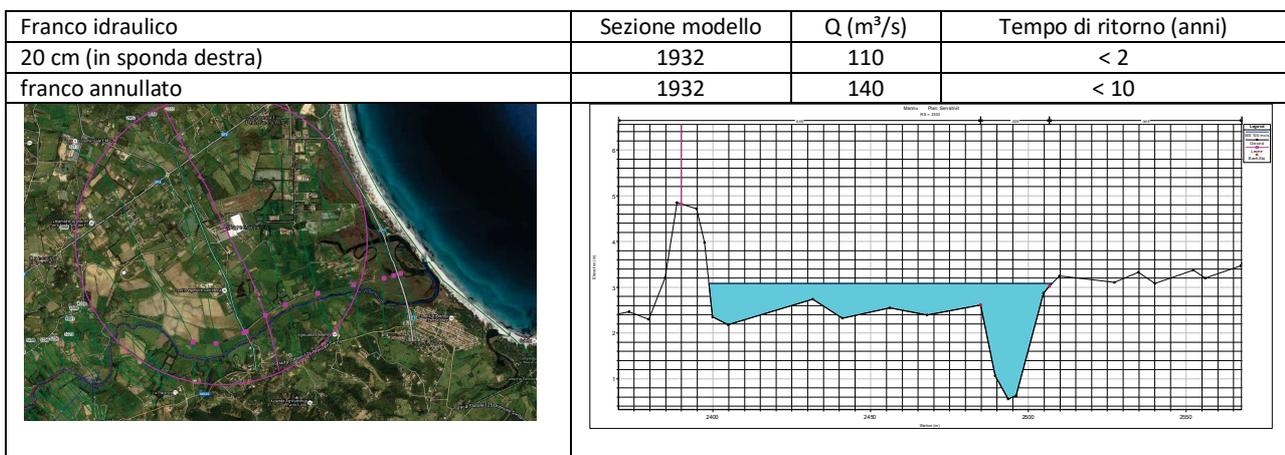
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
 DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E
 ARCHITETTURA
 SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

I risultati dell'indagine sono di seguito presentati considerando indipendentemente i due tratti arginati sopra citati.

1° Tronco: in prossimità dell'abitato di Siniscola:



2° Tronco: Tratto a valle del ponte per la chiesa di Snat'Elena :



5.3 VOLUME DI PIENA E AREE ESONDATE

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



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 5.1 - Volumi di allagamento allo stato attuale

Tr (anni)	W (m ³)
50	5.6 x 10 ⁶
100	6.3 x 10 ⁶
200	6.9 x 10 ⁶



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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.

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

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

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

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

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

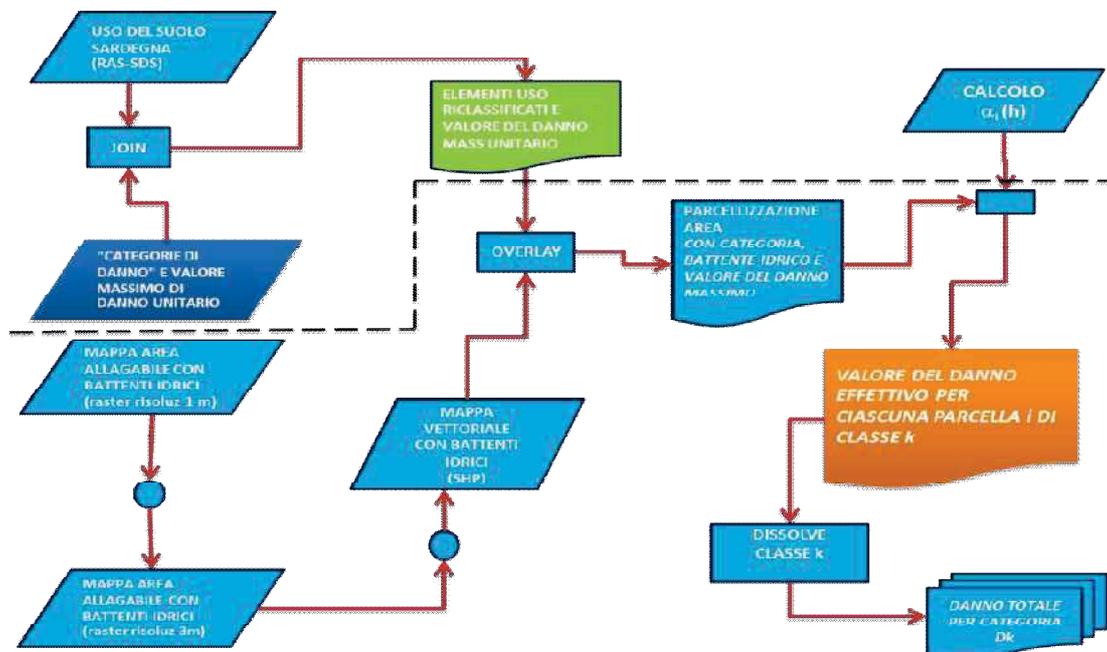


Figura 6.1 Procedura di calcolo ALFA per la determinazione del danno per ciascuna categoria di elemento esposto: diagramma di flusso



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

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 categoria di danno dell'elemento esposto e dal battente idrico presente nella i -esima parcella di territorio occupata dal bene stesso. Per la sua definizione si rimanda ai paragrafi precedenti.

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

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

Infine, attraverso una procedura informatica di aggregazione nelle varie classi delle categorie $k = 1, K$ di danno (*dissolving*) è quindi possibile calcolare il danno totale associato per ciascuna categoria. La procedura di determinazione del danno è rappresentata mediante il diagramma di flusso in Figura 6.1.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

7 Quadro generale degli interventi di mitigazione del danno

7.1 METODOLOGIA DI INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI

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

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

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

- A. **analisi delle pericolosità allo stato attuale**, definizione, sulla base dei risultati delle simulazioni idrauliche effettuate ai diversi tempi di ritorno, quantificazione del danno medio annuo atteso; in tale fase è inoltre documentata la massima portata che può defluire nell'alveo allo stato attuale senza alcuna esondazione lungo il tronco studiato;
- B. **definizione tipologica degli interventi di salvaguardia e criteri per il dimensionamento delle opere** in considerazione dell'impatto prevedibile e delle peculiarità ambientali;
- C. **individuazione dei singoli interventi** mirati alla risoluzione di specifiche criticità e loro caratterizzazione dimensionale ed economica preliminare;
- D. **composizione dei singoli interventi in possibili scenari progettuali** tra loro alternativi e loro caratterizzazione economica;
- E. **analisi di modellazione idraulica della configurazione con scenari progettuali**, sia per evento critico preso a riferimento per la definizione dei requisiti dimensionali delle opere che per gli altri tempi di ritorno (tempo di ritorno di 50, 100, 200) e corrispondente definizione delle eventuali aree residue con pericolosità idraulica;
- F. **comparazione tecnica economica** tra le diverse alternative di intervento mediante l'analisi costi-benefici;
- G. **definizione di una ipotesi di phasing nella realizzazione degli interventi e scelta dello scenario di intervento in considerazione delle pericolosità affrontate.**



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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

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

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

7.2 DEFINIZIONE TIPOLOGICA DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

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

1. interventi strutturali di costruzione e/o demolizione:

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

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

- a. manutenzioni periodiche dell'alveo.

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

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

La loro geometria consente sia la percorribilità sommitale con uno stradello ricavato al colmo dell'argine per le attività di manutenzione e sorveglianza, da raccordarsi alla viabilità pedonale o ciclabile sia la fruizione pubblica dei piani arginali.

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

Nella predisposizione dello scenario di intervento sono inoltre stati valutati i progetti che nel recente passato sono stati predisposti nel corso d'acqua esaminato, inerenti sia alle opere di difesa idraulica spondale esistenti e sia al progetto di adeguamento del ponte di ferro sulla SS 125

In questa sede si è quindi operato con la finalità di predisporre scenari di intervento che, compatibilmente con la necessità di mitigazione del rischio, siano di minore impatto ambientale possibile, rispettosi delle caratteristiche del territorio e paesaggistiche nel delicato eco-sistema considerato.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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

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

In analogia con l'ottica propria delle progettazioni preliminari, lo studio degli scenari di intervento deve prevedere anche la formulazione di ipotesi progettuali alternative mettendo in evidenza la variabilità dei danni patiti (e dei benefici ritraibili in termini di loro riduzione) a fronte degli impegni economici sopportati. Per quanto possibile, nella definizione degli scenari di intervento, si è anche assunto il criterio di definire una ripartizione territoriale omogenea nel considerare set di opere e misure tali da garantire un determinato livello di protezione in partizioni omogenee dell'area esaminata..

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

Sommariamente gli interventi saranno sostanzialmente: la realizzazione di un nuovo attraversamento lungo la SS 125 in sostituzione dell'attuale, l'adeguamento in sagoma e quota del rilevato arginale in sponda destra a valle del ponte di cui sopra, la realizzazione di una nuova arginatura a monte del ponte in sinistra e in destra idraulica e a valle in sinistra idraulica, il ripristino dell'area golenale in sinistra idraulica con eliminazione di una parte delle ricariche eseguite per la realizzazione di strutture sportive, la risagoma del corso d'acqua per la lunghezza interessata dagli interventi di arginatura.

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

Scenario 1: Come descritto nella relazione metodologica di piano, gli scenari sono definiti come articolazione di interventi tipologici previsti; nello specifico sono previsti all'interno dello scenario previsto i seguenti interventi.

8.1 INTERVENTO A: REALIZZAZIONE DI NUOVA ARGINATURA IN SPONDA SINISTRA A VALLE DEL PONTE DI FERRO

Come si evince dalla Figura 8.1, a valle del ponte, in sponda sinistra sono stati realizzati dei campi da calcio previo soprizzo in quota del piano di sedime, Questa condizione da un lato offre un parziale difesa delle aree retrostanti e contestualmente determina una riduzione della sezione idraulica con conseguente rigurgito del profilo idrico. L'intervento in oggetto si propone di ridurre l'estensione della zona a ridosso del fiume nella quale è stato soprizzata la quota del terreno, realizzare un argine in sponda sinistra con un'altezza massima di circa 2.5m e larghezza al coronamento di 4m



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

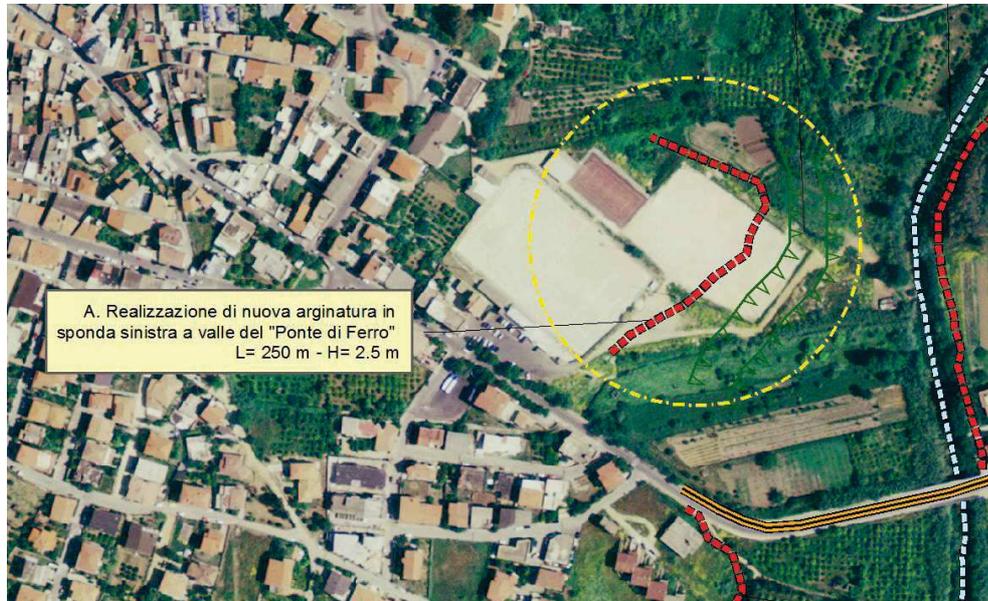


Figura 8.1 Disposizione planimetrica dell'intervento A

8.2 INTERVENTO B: REALIZZAZIONE DI NUOVA ARGINATURA IN SPONDA DESTRA A VALLE DEL PONTE DI FERRO

L'intervento prevede l'adeguamento in quota e sagoma dell'arginatura esistente; l'attuale arginatura si attesta su un valore dell'altezza poco superiore al metro, e nella parte subito a valle del ponte l'arginatura risulta inglobata in un rilevato della larghezza di circa 30 m.

L'arginatura proposta si attesta su valori dell'altezza di circa 2.50 con una larghezza del coronamento di 4 m e uno sviluppo di 740 m. L'arginatura si imposta in corrispondenza dell'attraversamento e termina sull'alto topografico posto in prossimità del chilometro 258.800 della SS 125 Orientale Sarda. L'intervento ha la finalità di mettere in sicurezza l'intera area edificata in sponda destra a valle del ponte.

La successiva figura riporta il DTM ad un metro con cromatismi legati alla quota dell'argine esistente e del rilevato ad esso retrostante.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

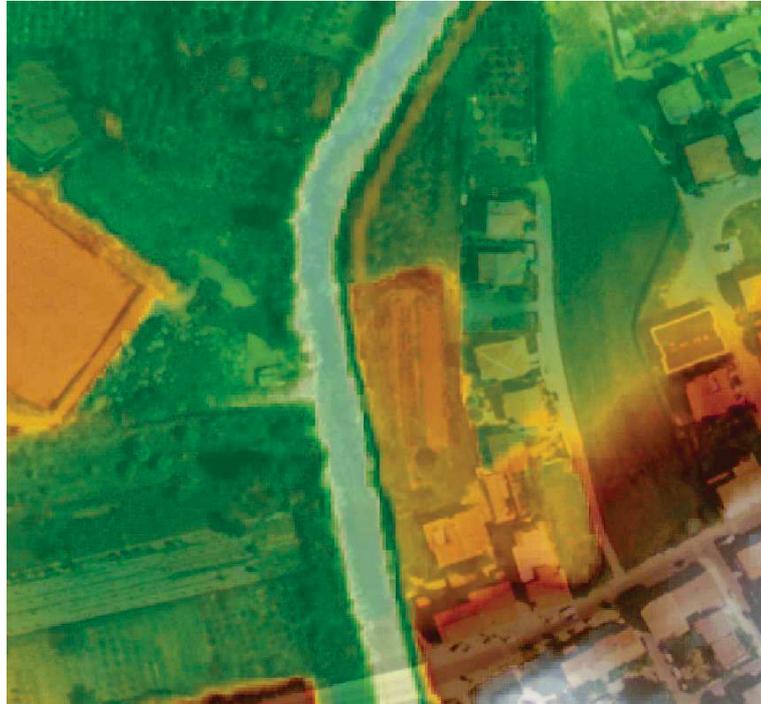


Figura 8.2 Rappresentazione del modello del suolo a valle del ponte esistente

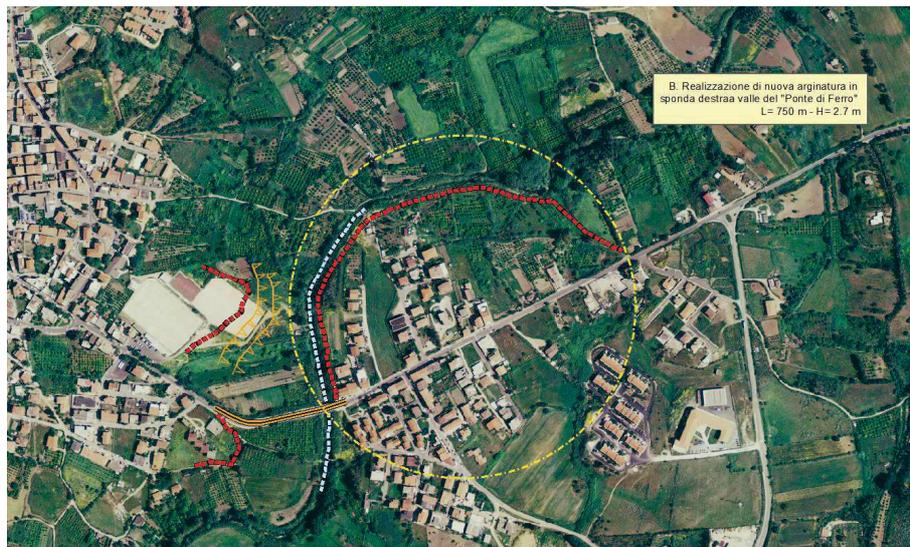


Figura 8.3 Disposizione planimetrica dell'intervento B -



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

8.3 INTERVENTO C: SBANCAMENTO DELL'AREA DI RICARICA ARTIFICIALE E RIPRISTINO DELL'AREA GOLENALE

L'intervento prevede la rimozione di parte della ricarica realizzata per la realizzazione di uno dei due campi da calcio posti a valle del ponte di ferro in prossimità della sponda sinistra del fiume.

La ricarica ha una potenza di circa 2.0 - 2.5 m e si estende verso il rio determinando una parzializzazione della via di transito della corrente. La realizzazione dell'arginatura in sponda destra e il permanere della suddetta opera determinerebbe una parzializzazione rilevante della sezione idraulica. L'intervento tende quindi a eliminare il campo da calcio arretrando il rilevato di circa 70 m i

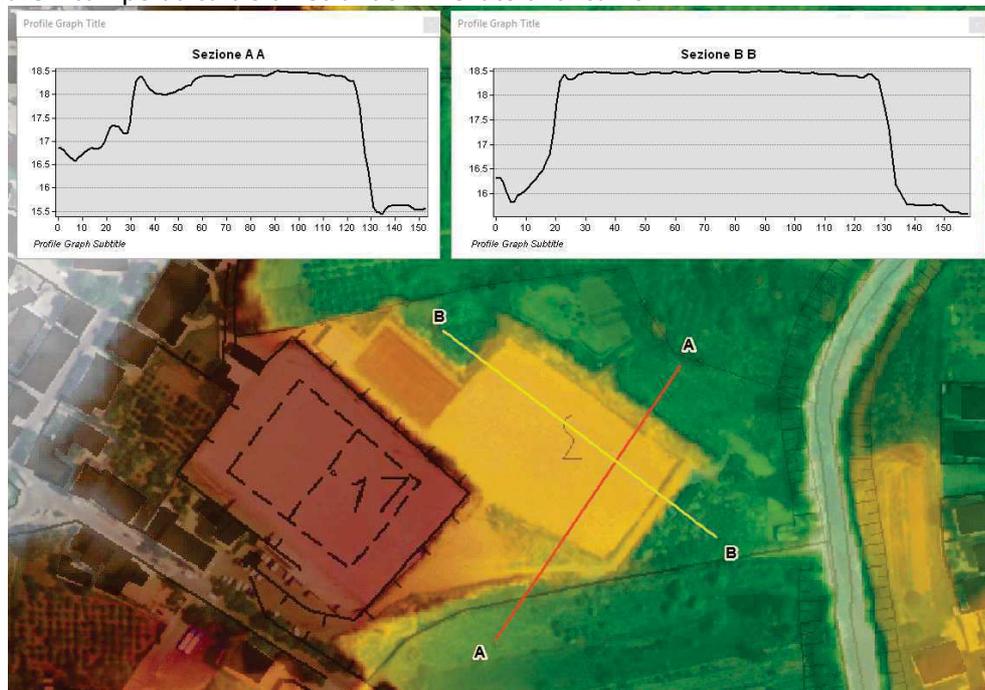


Figura 8.4 Rappresentazione del modello del suolo a valle del ponte esistente

L'intervento come detto si prefigge di eliminare il rilevato al fine di ampliare la sezione idraulica nel tratto di massima conduttanza raccordando il limite sinistro alle luci del nuovo ponte di cui all'intervento di seguito descritto.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

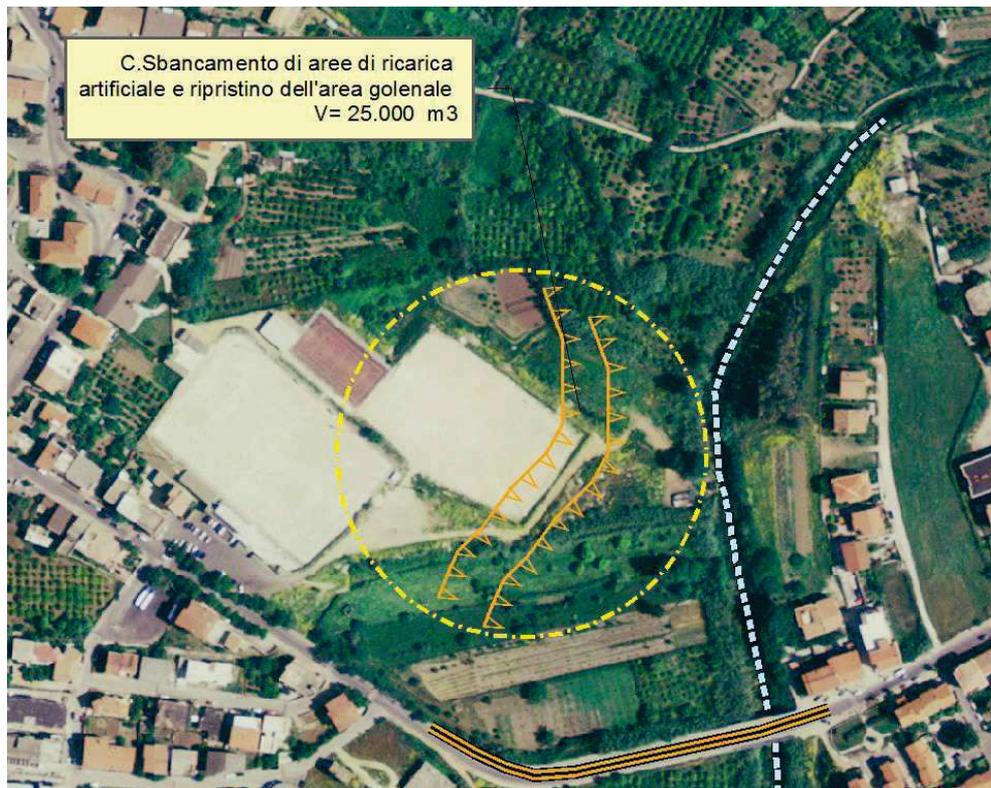


Figura 8.5 Rappresentazione dell'area oggetto di modellazione altimetrica.

8.4 INTERVENTO D: REALIZZAZIONE DI NUOVA ARGINATURA IN SPONDA SINISTRA A MONTE DEL PONTE DI FERRO

A monte del ponte di ferro, in sponda sinistra, l'area edificata tende ad estendersi verso il fiume interessando le aree a rischio di esondazione. I tiranti idrici in corrispondenza delle aree con insediamenti non sono rilevanti, tuttavia si ravvede la necessità di mettere in sicurezza le suddette aree e la viabilità ad essa prossima mediante la realizzazione di un argine in terra che si sviluppa in affiancamento alla medesima viabilità.

L'argine avrà un'altezza in sommità massima di circa 2.5 m andando poi a ridursi alle estremità, La sommità dell'argine sarà di 4m con la possibilità di ospitare una viabilità

L'arginatura avrà uno sviluppo complessivo di 150 m.

Di seguito si consegna la figura con uno stralcio planimetrico dell'area con lo sviluppo dell'arginatura.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

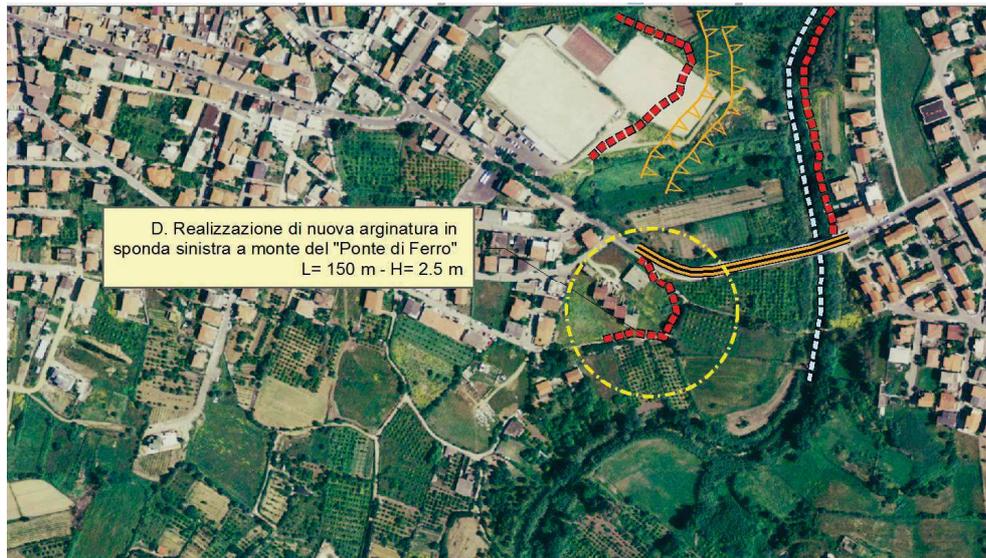


Figura 8.6 Rappresentazione dell'area oggetto di intervento.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

8.5 E. RICALIBRATURA DELLA SEZIONE D'ALVEO DI FORMA TRAPEZIA $L= 800$ M $B= 14$ M

Al fine di ottimizzare la capacità di trasporto della sezione d'alveo si prevede una ricalibratura della sezione nel tratto d'aveo compreso tra una sezione posta a circa 150 m dal ponte sulla SS 125 posto in prossimità dell'abitato e per 350 m a valle dello stesso ponte. La sezione sarà trapezia con una larghezza alla base di 14m e sponde con pendenza 3:2 in sponda destra mentre la sponda sinistra potrà avere una pendenza più dolce al fine di favorirne il raccordo con le arcate del ponte e ristabilire la zona di scambio tra il fiume e le zone contermini.



Figura 8.7 Rappresentazione dell'area oggetto di intervento.

8.6 F. AMPLIAMENTO DELL'ATTUALE PONTE MEDIANTE L'INSERIMENTO DI DUE NUOVE LUCI E IL SOPRALZO DELL'IMPALCATO STRADALE

L'attuale attraversamento sulla SS 125 è elemento di criticità per il deflusso delle portate di piena. Questo aspetto è rilevato dalle modellazioni idrauliche ed è stato, per altro, riscontrato nella realtà in occasione di recenti eventi meteorici anche di non rilevante intensità,



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

8.7 G. SISTEMAZIONE IDRAULICA RETICOLO A MONTE DEL NUOVO ARGINE IN SPONDA SINISTRA A VALLE DEL "PONTE DI FERRO"

Gli interventi sono finalizzati alla regolazione delle acque retrostante la struttura arginale. Consistono nella manutenzione del compluvio proveniente dall'abitato di Siniscola e che ha il bacino di origine a sud della SS 125. Il compluvio nella seconda parte attraversa la SS 125 stessa andando a sversare poco a sud del campo da calcio esistente. Sono ricompresi nell'intervento tutte le opere minori finalizzate al controllo e canalizzazione delle acque di corrivazione che altrimenti insisterebbero a tergo del rilevato in progetto e il loro recapito verso il compluvio di cui sopra.

8.8 H. SISTEMAZIONE IDRAULICA RETICOLO A MONTE DEL NUOVO ARGINE IN SPONDA DESTRA A VALLE DEL "PONTE DI FERRO"

L'intervento è finalizzato al controllo e regimazione delle acque di deflusso nelle aree esterne al sistema arginale previsto a valle del ponte e in sponda destra. Il sistema di drenaggio prevede il recapito delle acque dell'area urbanizzata retrostante il sistema di difesa e il loro recapito oltre l'arginatura prevista. L'intervento prevede anche l'intercettazione delle acque provenienti lungo la SS 125 e la loro immissione oltre l'arginatura mediante condotta con valvola clapet.

8.9 I. SISTEMAZIONE IDRAULICA RETICOLO A MONTE DEL NUOVO ARGINE IN SPONDA SINISTRA A MONTE DEL "PONTE DI FERRO"

L'intervento consiste in una serie di opere minori per il controllo delle acque superficiali non intercettate dal compluvio richiamato al punto G e che seguendo la viabilità esistente e la naturale pendenza delle aree andrebbero a confluire a ridosso dell'arginatura in progetto. L'intervento si riallaccia al sistema di drenaggio superficiale urbano ed inoltre raccoglie le acque di piattaforma dell'area urbanizzata sino al convogliamento oltre l'argine. A compimento dell'intervento si prevede la realizzazione della immissione delle acque oltre l'argine mediante condotta con valvola.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

9 Stima del costo di realizzazione degli interventi

La necessità di ottenere una valutazione dell'onere per la realizzazione degli interventi deve essere coerente con il livello di dettaglio consentito con la presente fase di pianificazione. Questo ha consentito di considerare le necessarie generalizzazioni in fase di stima del costo delle opere.

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

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

Per la stima economica si è fatto riferimento:

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

Nella tabella successiva 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 quelle previste, i quali appaiono pertanto evidenziati e riferiti a un intervallo temporale annuale pur considerando che, in relazione a particolari condizioni, questi si



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

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

Tabella 9.1 – Valutazione economica degli interventi

	Descrizione	Importo
1	A. Realizzazione di nuova arginatura in sponda sinistra a valle del "Ponte di Ferro"	213 845.00
2	B. Realizzazione di nuova arginatura in sponda destra a valle del "Ponte di Ferro"	641 535.00
3	C. Sbancamento di aree di ricarica artificiale e ripristino dell'area golenale	96 500.00
4	D. Realizzazione di nuova arginatura in sponda sinistra a monte del "Ponte di Ferro"	136 860.80
5	E. Ricalibratura della sezione d'alveo di forma trapezia L= 800 m B= 14m	558 492.00
6	F. Ampliamento dell'attuale ponte mediante l'inserimento di due nuove luci e il sopralzo dell'impalcato stradale compresa la realizzazione delle rampe d'accesso alla viabilità esistente	2 420 000.00
7	G. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda sinistra a valle del "Ponte di Ferro"	19 800.00
8	H. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda destra a valle del "Ponte di Ferro"	29 700.00
9	I. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda sinistra a monte del "Ponte di Ferro"	6 600.00
10	L. Manutenzione nuovi argini nella conformazione prevista per il punto A	495 000.00
11	M. Manutenzione nuovi argini nella conformazione prevista per il punto B	3 250.00
12	N. Manutenzione nuovi argini nella conformazione prevista per il punto D	2 600.00



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

10 Scenari di intervento

10.1 CRITERI DI INDIVIDUAZIONE

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

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

Particolare attenzione stata riservata per le aree nelle quali sono presenti cespiti con danno potenziale elevato (edifici residenziali o commerciali, industriali, strade importanti e ferrovie, se presenti) prevedendo i conseguenti interventi di salvaguardia i quali hanno privilegiato l'adeguamento di opere già esistenti per limitare gli impatti derivanti dalla realizzazione di nuove infrastrutture. Nella modulazione degli scenari si è tenuto in considerazione l'esigenza di procedere nella realizzazione per lotti funzionali che, pur nella loro parzialità, garantiscano un adeguato controllo e prevenzione delle pericolosità idrauliche.

Nel seguito sono presentati i cinque scenari di riferimento che sono stati considerati, con una sintetica descrizione delle varie componenti sia dal punto di vista progettuale che dal punto di vista dell'analisi costi benefici: in particolare nella configurazione di intervento individuata come **"Scenario 0"** sono stati inseriti gli interventi non strutturali (prescrizioni, manutenzioni, interventi di ripristino della funzionalità di opere già esistenti ivi comprese le demolizioni a carico di opere la cui procedura di dismissione non è stata completata). Il rimanente scenario presenta quindi sia interventi strutturali che gli interventi non strutturali di cui sopra secondo una articolazione di seguito descritta.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

10.2 SCENARIO 0 (STATO ATTUALE)



Figura 10.1 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni



Figura 10.2 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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



Figura 10.3 Scenario 0 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni

Nello Scenario 0 non è contemplato alcun tipo di intervento i soli oneri riguardano la manutenzione dell'argine esistente, come riportato in Tabella 12.1 .

Tabella 10.1 - Valutazione dei costi relativi allo "scenario 0"

TOTALE oneri manutenzione (per anno)	59 800,00
--------------------------------------	-----------

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

Tabella 10.2 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	3 037 250	929 314	3 319 376	1 073 278	3 430 074	1 159 055
C - COMMERCIALE	939	76 758	1 982	153 658	2 503	199 785
H -CORPI IDRICI	107 864	-	107 864	-	107 864	-
I - INDUSTRIALI	65 585	12 725 371	77 385	14 807 780	79 044	15 908 329
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	829 203	-	829 687	-	830 606	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	7 021	-	22 787	-	25 598	-
N - STRADE COMUNALI					1	1
P - STRADE PROVINCIALI	11 233	51 262	11 335	54 386	11 455	57 649
R - RESIDENZIALE	144 913	26 628 473	155 932	29 338 939	161 597	31 620 571
S - STRADE STATALI	108	2 534	145	3 238	280	4 173
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	42 749	524 009	44 331	595 288	46 293	653 378
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	21 104		21 104	-	21 121	-
Totale	4 267 970	40 937 720	4 591 928	46 026 565	4 716 435	49 602 941

10.3 SCENARIO 1 – DIFESA DELL'ABITATO DI SINISCOLA

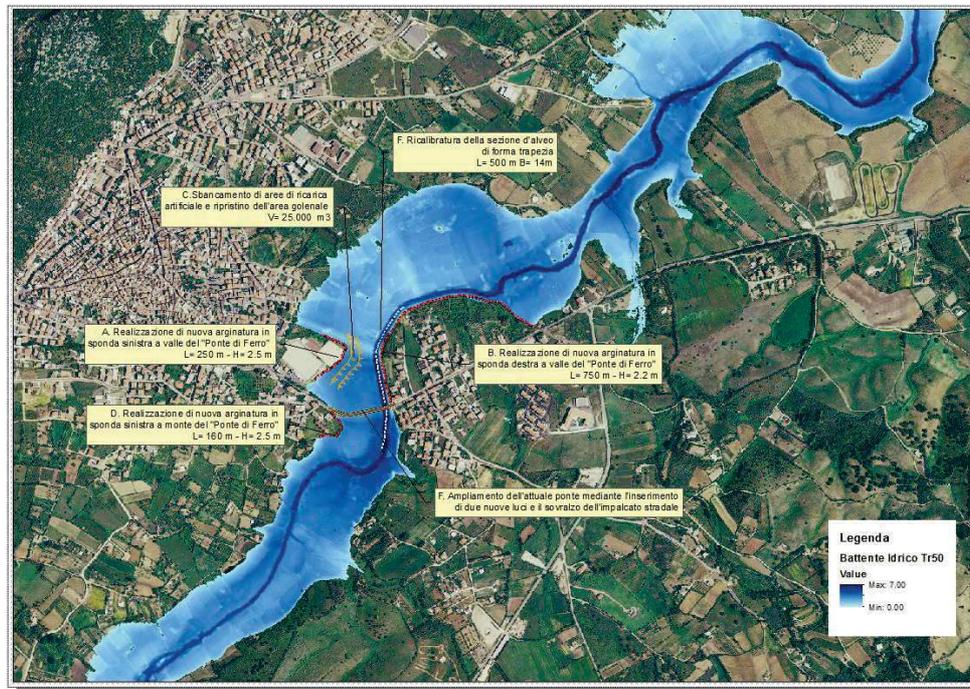


Figura 10.4 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 50 anni



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

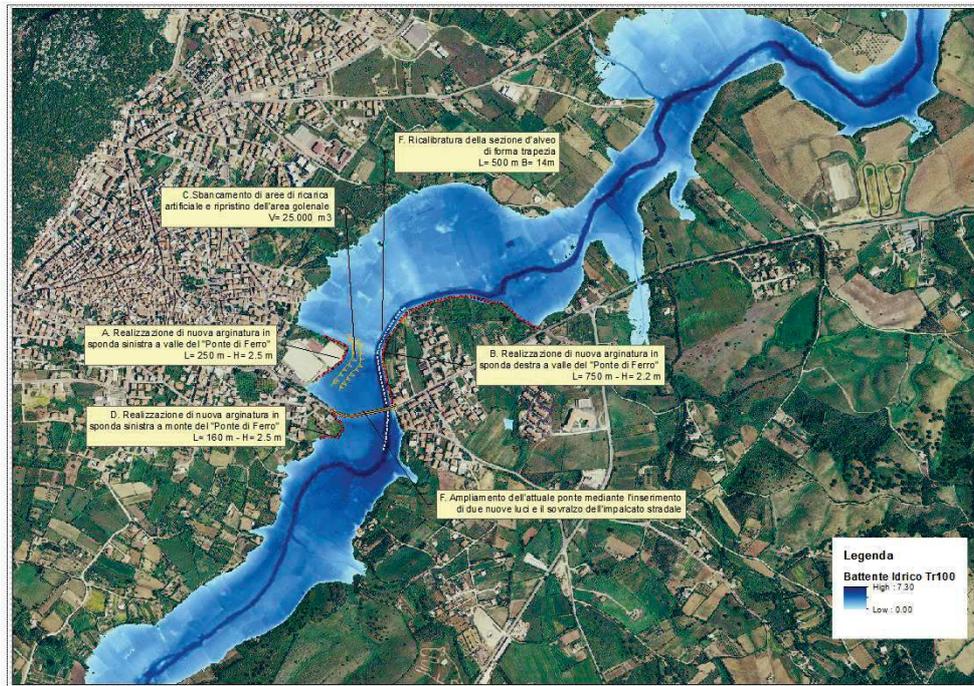


Figura 10.5 Scenario 1 - Aree di allagamento con tempi di ritorno di 100 anni



Figura 10.6 Scenario 1- Aree di allagamento con tempi di ritorno di 200 anni



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 1 è quello della messa in sicurezza le porzioni dell'abitato e delle strutture esistenti più prossime al fiume. Il contesto sul quale si opera è in sinistra e in destra idraulica del fiume a monte e a valle dell'attraversamento della SS 125.

Come più volte richiamato, le due le cause di criticità idraulica maggiori sono legate alle dimensioni dell'attuale attraversamento stradale e alla presenza di un rilevato in terra sul quale è stato realizzato il campo da calcio; questo determina una maggiore vulnerabilità rispetto all'edificato posto in sponda sinistra a monte e a valle del ponte, e all'edificato posto in sponda destra a valle dell'attraversamento. L'attraversamento stesso è inoltre estremamente sollecitato in occasione di eventi di particolare rilevanza.

In sintesi, lo Scenario 1 prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

In sponda sinistra:

- la realizzazione di una nuova arginatura a valle del "Ponte di Ferro" realizzato in terra dell'altezza di 2.50 m con larghezza al coronamento di 4m, l'intervento si estende per una lunghezza di 250 m mettendo in protezione alcune strutture sportive e la viabilità ad esse annessa.
- la realizzazione di una nuova arginatura a monte del "Ponte di Ferro" realizzato in terra dell'altezza di 2.50 m con larghezza al coronamento di 4m, l'intervento si estende per una lunghezza di 160 m mettendo in protezione alcune residenze e la viabilità ad esse annessa.

In sponda destra:

- la realizzazione di una nuova arginatura a valle del "Ponte di Ferro" realizzato in terra dell'altezza di 2.20 m con larghezza al coronamento di 4m, l'intervento si estende per una lunghezza di 750 m mettendo in protezione un'area urbanizzata e d estendendosi per 750 sin quasi a raggiungere la SS 125.

In alveo

- adeguamento dell'attraversamento sulla SS 125 con sovrizzo dell'impalcato esistente e realizzazione di due nuovi luce alla sua sinistra;
- risagoma dell'alveo per un tratto di 500 m con sezione trapezia, larghezza 14 m.

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

Tabella 10.3 - Valutazione dei costi relativi allo "Scenario 1"

INTERVENTI	IMPORTO
A. Realizzazione di nuova arginatura in sponda sinistra a valle del "Ponte di Ferro"	213 845
B. Realizzazione di nuova arginatura in sponda destra a valle del "Ponte di Ferro"	641 535
C. Sbanramento di aree di ricarica artificiale e ripristino dell'area golenale	96 500
D. Realizzazione di nuova arginatura in sponda sinistra a monte del "Ponte di Ferro"	136 861
E. Ricalibratura della sezione d'alveo di forma trapezia L= 800 m B= 14m	558 492
F. Ampliamento dell'attuale ponte mediante l'inserimento di due nuove luci e il sopralzo dell'impalcato stradale compresa la realizzazione delle rampe d'accesso alla viabilità esistente	2 421 900
G. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda sinistra a valle del "Ponte di Ferro"	19 800
H. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda destra a valle del "Ponte di Ferro"	29 700
I. Sistemazione idraulica reticolo a monte del nuovo argine in sponda sinistra a monte del "Ponte di Ferro"	6 600
TOTALE LAVORI	4 125 233
TOTALE SPESE GENERALI (16%)	660 037
TOTALE LAVORI E SPESE	4 785 270.05
in cifra tonda	4 800 000
TOTALE oneri manutenzione (per anno)	90 850

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

Tabella 10.4 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima analitica del danno

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
A - AGRICOLA	2 946 190.03	878 073.95	3 230 132.32	1 028 460.87	3 357 553.63	1 127 135.83
C - COMMERCIALE	4 369.39	1 049 669.16	4 995.66	1 275 165.03	5 182.58	1 467 897.75
H -CORPI IDRICI	108 164.22	-	108 162.69	-	108 161.18	-
I - INDUSTRIALI	64 161.46	11 807 922.90	64 432.40	13 697 190.57	66 351.43	15 477 825.34
J - AREE PROTETTE DI PREGIO AMBIENTALE	825 944.81	-	827 456.26	-	829 048.54	-
K - AREE STORICHE E ARCHEOLOGICHE	6 956.59	-	22 758.70	-	25 420.62	-
N - STRADE COMUNALI				-		
P - STRADE PROVINCIALI	11 365.78	55 663.31	11 486.08	59 769.47	11 732.03	64 084.32
R - RESIDENZIALE	111 452.16	18 695 402.57	117 326.75	20 271 707.66	120 778.10	21 697 757.45
S - STRADE STATALI	167.28	3 097.49	176.49	3 734.69	133.48	3 150.99
T - INFRASTRUTTURE E RETI(IDRICHE,ELETTRICHE)	40 790.03	492 025.02	41 908.15	519 276.39	43 798.28	576 509.02
X - ALTRE AREE CON DANNI NON TANGIBILI	21 104.21		21 104.21	-	21 120.62	-
Totale	4 140 665.95	32 981 854.40	4 449 939.72	30 886 000.27	4 589 280.47	33 807 260.78

10.4 CONSIDERAZIONI SULL'AREA VALLIVA

Come evidenziato nelle valutazioni idrauliche, l'area di pertinenza fluviale in sinistra idraulica e in prossimità della zona fociva del Rio di Siniscola è interessata da fenomeni di allagamento, sia per effetto del sormonto arginale del fiume anche per tempi di ritorno inferiori ai 50 anni e sia per l'allagamento da mare in condizioni estreme; la combinazione delle due condizioni determina vaste aree che si protraggono per qualche centinaio di metri dal rilevato arginale sinistro.

Sull'area insistono svariati insediamenti sparsi, un depuratore ed il nuraghe Sa Domu Bianca; si è valutata preliminarmente la possibilità di intervenire con il soprizzo dell'argine esistente al fine della messa in sicurezza dell'intera area. Le modellazioni preliminari hanno subito fatto emergere che un intervento di questo tipo avrebbe determinato un incremento del livello idrico con conseguente incremento delle criticità per la viabilità esistente e per gli attraversamenti sul fiume.

In virtù di ciò si ritiene che un adeguato piano di delocalizzazione delle abitative esistenti possa essere l'unica possibilità per la riduzione del rischio locale.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

11 Analisi Costi-Benefici degli scenari di intervento

11.1 PREMESSE

Come più ampiamente descritto nella Relazione metodologica predisposta per il bacino pilota “Bassa Valle Coghinas”, tra gli obiettivi dell’Accordo di collaborazione tra ARDIS e DICAAR è detto che, una volta definiti gli interventi infrastrutturali e organizzata l’esecuzione per scenari, dovrà essere giustificata la loro realizzazione sulla base di una analisi dei relativi costi e la riduzione dei danni di piena conseguenti. In definitiva, dovranno essere fornite giustificazioni tecnico-economiche della convenienza nella pianificazione futura prevista dal Piano nello scenario d’intervento analizzato a breve termine (sei anni secondo le indicazioni della normativa) e su un orizzonte temporale più ampio, orientativamente esteso fino al completamento delle ipotesi infrastrutturali considerate.

Un’impostazione di tale tipo è sostanzialmente coerente con quanto contenuto nel punto 3 dell’articolo 7 della Direttiva Europea 2007/60 e ripreso nell’Allegato 1 del DL n. 49/2010 che prevede per i bacini idrografici interessati dal rischio idraulico sia impostata un metodologia sostanzialmente basata sull’analisi costi-benefici per valutare le misure di mitigazione previste nel Piano. Anche le priorità d’intervento dovranno, conseguentemente, essere stabilite in relazione ad una analisi Costi-Benefici che prenda in considerazione sia i costi associati all’intervento che i benefici derivanti dalla realizzazione dello stesso intervento, quantificati in termini di riduzione del danno atteso, sia anche in funzione del soddisfacimento di vincoli o esigenze irrinunciabili e non tangibili, ovvero a vincoli tecnologici imposti, ad esempio, da esigenze tecniche nella sequenza realizzativa del sistema di protezione in cui sono inseriti.

11.2 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 per l’evento di piena e misure di post-evento. Con opportune modalità, prima delle piene le popolazioni dovranno essere allertate, potranno essere evacuate e si potranno adottare quelle azioni che limitano i danni dell’erosione sulle infrastrutture e sui beni più sensibili. Prima e durante l’evento si dovranno adottare misure di intervento e sorveglianza sul territorio: esempi tipici possono essere rappresentati da interdizione all’uso d’infrastrutture di trasporto, realizzazione di lavori temporanei di innalzamento di strutture di protezione, apertura di varchi per agevolare il deflusso, ecc. Dopo la piena dovranno essere adottate le misure che agevolano un rapido recupero nella possibilità di svolgere le regolari attività produttive, e la riutilizzazione delle infrastrutture temporaneamente interdette.

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



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

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

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

In specifico per il rio di Siniscola, si ricorda che nelle analisi di dettaglio sviluppate nel Capitolo 5 si sono date le informazioni sulle aree attualmente a pericolosità di alluvione, mentre nel Capitolo 6 sono riportati i risultati ottenuti con la modellazione idraulica aggiornata.

Nello stato attuale, si ricorda che l'analisi sviluppata ha evidenziato come, le portate massime ammissibili allo stato attuale delle opere di difesa e delle strutture sono in diverse sezioni significativamente inferiori rispetto ai valori dei T_r considerati nel PSFF.

Pertanto, nello stato attuale, a questi tempi di ritorno degli eventi di portata si dovrebbe fare riferimento nel predisporre sistemi di allerta, sostanzialmente basati sull'osservazione delle grandezze idrologiche e idrauliche attese negli specifici eventi di piena.

In prospettiva, gli scenari di intervento esaminati hanno suggerito le ipotesi di azioni per realizzare le opere secondo gli scenari descritti nel capitolo precedente. Queste, in linea generale, comprendono opere di adeguamento delle protezioni attualmente presenti rispetto ai necessari requisiti di sicurezza idraulica delineati nei criteri di dimensionamento.

In considerazione della situazione specifica del territorio e della criticità dello stato di fatto, sono necessarie soluzioni di breve termine che richiedono la sorveglianza e l'allertamento di un ambito territoriale che con maggiore frequenza potrebbe essere interessato da esondazioni controllate, in modo da proteggere i territori più vallivi. Ovviamente queste soluzioni richiedono particolari attenzioni nelle procedure di allertamento che dovranno essere considerate nei Piani di emergenza e di Protezione civile.

In conclusione, si ritiene che nella stesura attuale dello Studio, che sostanzialmente considera le criticità attuali e gli scenari di intervento ipotizzabili, si deve evidenziare la presenza di elementi critici per il deflusso delle acque in termini di funzionalità di infrastrutture esistenti e la necessità di definire azioni di allertamento della popolazione nel territorio vulnerabile.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

11.3 ANALISI ECONOMICA DEGLI SCENARI D'INTERVENTO IPOTIZZATI

Per ognuno degli scenari d'intervento precedentemente definiti 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:

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

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

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

r = tasso di interesse utilizzato.

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

Nelle applicazioni che seguono, si è fatto riferimento a un tasso r relativamente basso, assunto pari al 3% che può essere giustificato con riferimento al secondo punto sopra dato.

L'orizzonte temporale nell'analisi economica è stato assunto pari a 100 anni per tutti gli scenari di intervento esaminati. Considerata la tipologia delle opere questo 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 Tirso, riprendendo per ciascuno di essi le caratterizzazioni economiche più estesamente descritte nel Capitolo 7.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDENZA
Direzione Generale Agenzia Regionale del
Distretto Idrografico della Sardegna



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

11.3.1 SCENARIO 0 – SITUAZIONE ATTUALE

Nello scenario zero non sono inserite nuove opere infrastrutturali. Lo scenario considera pertanto la situazione attuale senza interventi aggiuntivi se non quelli di ordinaria manutenzione come previsti nell'apposita voce che prevede apposite lavorazioni di conservazione degli argini esistenti allo stato attuale.

Gli oneri di manutenzione computati nello scenario attuale sono valutati in € 59.800 all'anno.

La valutazione dei danni di piena riferita allo stato attuale, già fornita nel Capitolo 10 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 0 e i danni medi annui attesi a seguito della realizzazione degli interventi, considerati negli Scenari successivi.

Tabella 11.1 - Stato Attuale: estensione delle aree vulnerate 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 (€)
Totale	4 267 970	40 937 720	4 591 928	46 026 565	4 716 435	49 602 941

11.3.2 SCENARIO 1 – INTERVENTI DI MANUTENZIONE URGENTE

Come già detto, nello Scenario 1 si prevedono interventi per la messa in sicurezza le porzioni dell'abitato di Siniscola e delle strutture esistenti più prossime al fiume. Il contesto sul quale si opera è in sinistra e in destra idraulica del fiume a monte e a valle dell'attraversamento della SS 125.

L'entità delle lavorazioni e dei costi è stata effettuata sulla base delle insufficienze arginali riscontrate con la simulazione idraulica di ciascun tronco fluviale. La valutazione complessiva degli oneri derivanti dagli interventi previsti è di circa € 4.800.00.

Gli oneri di manutenzione annui determinano un leggero incremento di quelle relative agli argini esistenti, per un totale di circa € 90.850 per anno.

Tabella 11.2 – Scenario 1: estensione delle aree vulnerate per categoria di danno e stima del danno totale

CATEGORIA ELEMENTO	Evento Tr=50 anni		Evento Tr=100 anni		Evento Tr=200 anni	
	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)	Area (mq)	Valore (€)
Totale	4 140 665.95	32 981 854.40	4 449 939.72	30 886 000.27	4 589 280.47	33 807 260.78



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

Rispetto alla situazione attuale dalla tabella si riscontra la significativa riduzione dell'estensione delle aree allagate e dei danni per tutti i tempi di ritorno. Sulla base delle valutazioni delle criticità attuali date in Capitolo 5, il tempo di ritorno al quale possono essere associati danni nulli è stato posto uguale a $Tr=10$ anni.

Il valore del beneficio medio annuo atteso in questo scenario è pari a circa 0.59 Meuro/anno. L'andamento della curva di riduzione del danno in funzione della probabilità dell'evento atteso è dato in Figura 11.1, dove sono visualizzati anche i flussi attualizzati di costi e benefici. Dalla figura si riscontra che il raggiungimento della rientro economico dell'intervento si attesta intorno al decimo anno di vita dell'opera, evidenziando quindi la sua efficienza anche in termini economici.

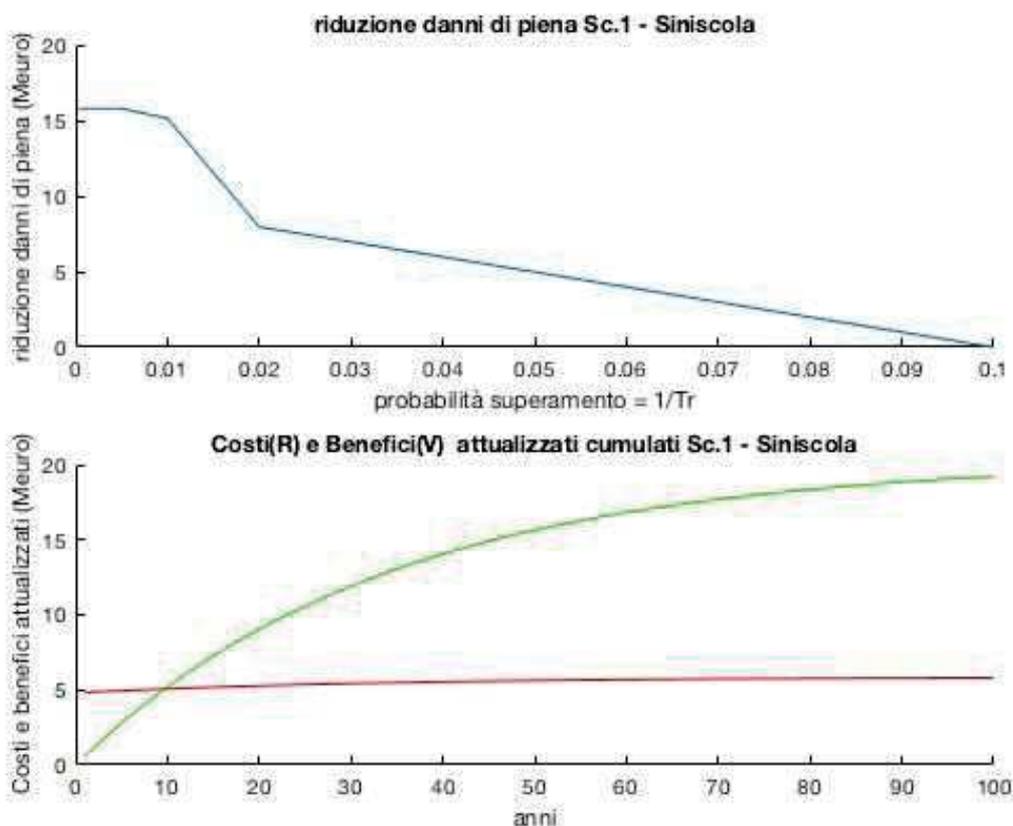


Figura 11.1 - Scenario 1: Riduzione del danno di piena e curve cumulate dei valori attualizzati di costi e benefici