



Comune di Pula
Citta Metropolitana di Cagliari



***PROPOSTA DI VARIANTE LOCALE AL PIANO DI ASSETTO
IDROGEOLOGICO IN LOCALITA' BINGIA GIRONIMA
COMUNE DI PULA - CITTA METROPOLITANA DI CAGLIARI.***

Studio idraulico

Relazione tecnico illustrativa

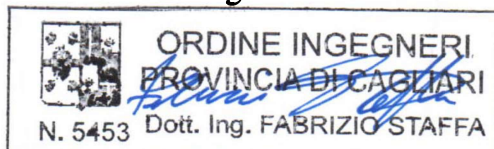
DATA:
Marzo 2021

Aggiornamento:
Febbraio 2025

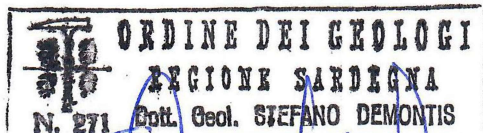
SCALA:

Allegato I.A

I Tecnici incaricati
Dott. Ing. Fabrizio Staffa



Dott. Geol. Stefano Demontis



Il Committente
F.lli Abeltino



***Proposta di variante locale al Piano di Assetto Idrogeologico,
in località Bingia Gironima – Comune di Pula
CITTA METROPOLITANA DI CAGLIARI.***

Studio idraulico

Allegato I.A: Relazione tecnico illustrativa

Rev. Gennaio 2025



Indice

1	Premessa.....	3
1.1	Elenco numerato files allegati allo studio	5
2	Inquadramento territoriale.....	6
3	Analisi storica e studi pregressi	9
3.1	Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	9
3.2	Il Piano Stralcio per le Fasce Fluviali	14
3.3	Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo al procedimento di adozione del Piano Urbanistico Comunale di Pula.	18
3.4	Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del rio Mannu di Pula	20
3.5	Il Piano di gestione del Rischio Alluvioni – Inondazioni costiere	25
4	Analisi idrologiche ed idrauliche	27
4.1.1	Stato di fatto dei luoghi	27
4.1.2	Portate utilizzate per la modellazione idraulica.....	32
4.1.3	Risultati delle simulazioni idrauliche	32
5	Considerazioni conclusive e ridefinizione del rischio idraulico.....	34



1 Premessa

La presente proposta di variante puntuale al piano di assetto idrogeologico è redatta a seguito di approfondimenti locali del quadro conoscitivo dell'area in studio che coinvolge l'ambito sub-comunale, in località Bingia Gironima – Comune di Pula Città Metropolitana di Cagliari.

L'area in studio è infatti attraversata da un elemento appartenente al reticolo idrografico di riferimento dell'intero territorio regionale, così come approvato con Deliberazione n. 3 del 30.07.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale avente per oggetto "Direttiva 2007/60/CE – D.Lgs.49/2010 - Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico della Regione Autonoma della Sardegna – Reticolo idrografico di riferimento per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive", il CANALE_5641 sul quale non sono state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica.



Figura 1.1: Panoramica dell'area oggetto dello studio su Google Earth (acquisizione immagine luglio 2019)

Lungo l'asta del CANALE_5641 sono istituite le fasce di prima salvaguardia (ordine gerarchico di Horton Strahler 1° con fasce di 10m) così come introdotte¹ dall'art. **30 ter delle NTA del PAI**.

Il **comma 1** del succitato articolo specifica che per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L

¹ Articolo introdotto con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 27/02/2018 e approvato con Decreto del Presidente della Regione n. 35 del 27/04/2018 - BURAS n. 23 – Parte I e II del 03/05/2018



variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto.

Il **comma 2** del medesimo articolo specifica che per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fascia di cui al comma 1, i proponenti sono tenuti preliminarmente ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare.

Inoltre è stata recentemente introdotta nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni con deliberazione n. 1 del 11.12.2018 dell'Autorità di Bacino Regionale la "*Carta delle aree di pericolosità derivanti da inondazioni costiere*" di cui bisogna tener conto se l'area di studio riguarda i territori costieri come specificato nell'allegato B della Deliberazione n. 1 del 4.12.2020 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Per quanto appena illustrato verrà sviluppato un apposito studio idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); inoltre secondo quanto previsto dal comma 4 dell'art. 30ter delle NTA del PAI laddove le aree da essi individuate siano più estese delle fasce di prima salvaguardia, sono approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con le procedure di cui all'articolo 37 e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme di salvaguardia di cui all'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006. mentre, laddove le aree individuate siano inferiori delle fasce di cui al comma 1, sono approvati con un'unica deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme del PAI.

Le analisi idrologiche ed idrauliche dei fenomeni di piena sono state condotte sia per il tempo di ritorno pari a 200 anni in accordo con quanto prescritto dai criteri e le modalità di calcolo usualmente adottate per le reti urbane di drenaggio delle acque meteoriche, che per i 4 tempi di ritorno stabiliti dal PAI per gli studi di compatibilità idraulica, 50, 100, 200 e 500 anni.

Dal punto di vista idraulico la propagazione dell'evento estremo ricostruito è stata eseguita tramite un modello idraulico monodimensionale largamente utilizzato in campo internazionale, HECRAS.



1.1 Elenco numerato files allegati allo studio

FILES in formato pdf/A:

Allegato I.A: Relazione tecnico illustrativa

Allegato I.B: Relazione idrologica ed idraulica

Allegato I.C.1: Risultati numerici delle simulazioni idrauliche

Allegato I.C.2: Sezioni idrauliche di moto permanente

Allegato I.C.3: Profili idraulici di moto permanente

Allegato I.D: Schede monografiche delle infrastrutture di attraversamento interferenti

Allegato I.E: Schede degli interventi di mitigazione

Allegato I.1.1: Inquadramento territoriale dell'area in studio

Allegato I.1.2: Carta del reticolo idrografico di riferimento

Allegato I.1.3: Carta delle infrastrutture di attraversamento interferenti

Allegato I.2.1: Aree a pericolosità idraulica vigenti

Allegato I.2.2: Aree a pericolosità idraulica - studio di variante

Allegato I.3: Carta del danno potenziale

Allegato I.4: Aree a rischio idraulico – studio di variante

FILES in formato .shp:

Bacini_Pula_VAR_20250212.shp

Er_Pula_VAR_20250212.shp

Hi_Pula_VAR_20250212..shp

Ri_Pula_VAR_20250212..shp

Sezioni_Pula_VAR_20250212..shp

Opere_interferenti_Pula_VAR_20250212



2 Inquadramento territoriale

Il presente studio interessa un'area in località Bingia Gironima, in Comune di Pula in prossimità dell'area di foce del Riu Mannu di Pula è attualmente occupata dalle serre e dai fabbricati di una vecchia azienda agricola.

Dal punto di vista cartografico il sito è inquadrato nel Foglio n. 566 Sezione III "Pula" della Cartografia I.G.M. in scala 1:25.000 e nella Sezione 566 130 "Pula" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) della Sardegna in scala 1:10.000.

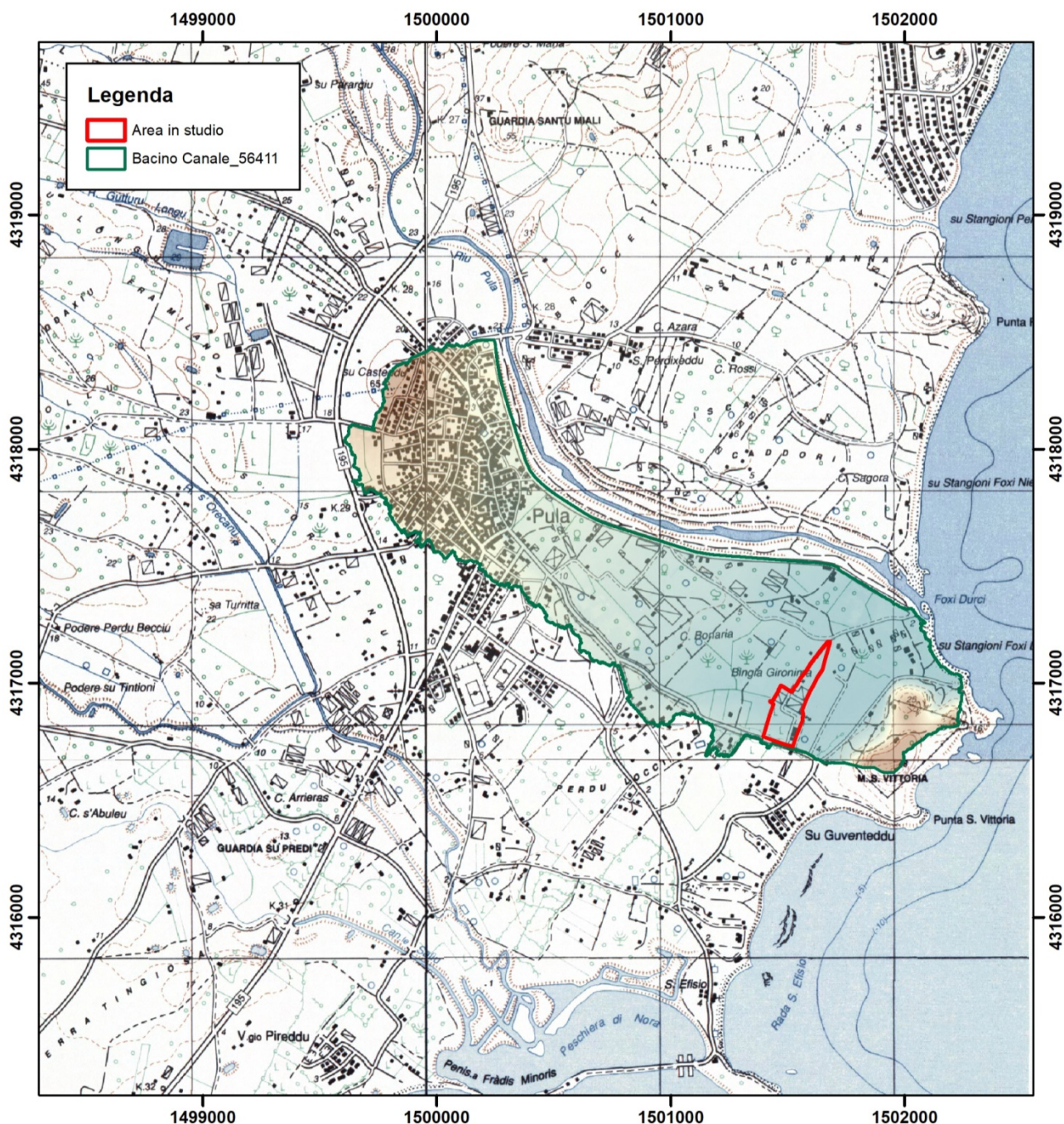


Figura 2.1: Area in studio su Cartografia IGM in scala 1:25.000 - Foglio n. 566 Sezione III "Pula";

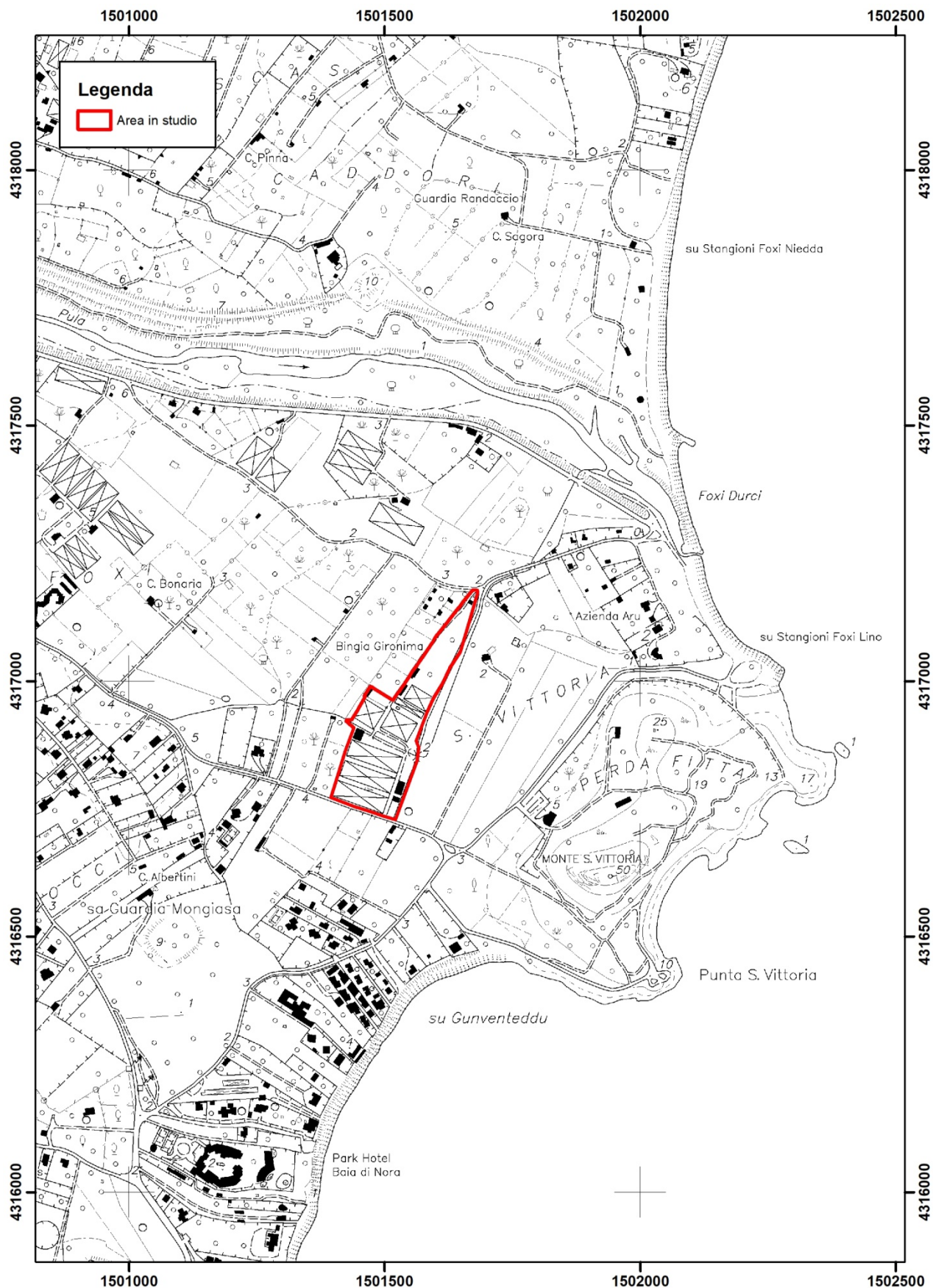


Figura 2.2: Inquadramento dell'area in studio su Stralcio della Sezione n. 566 130 "Pula", della Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10.000;

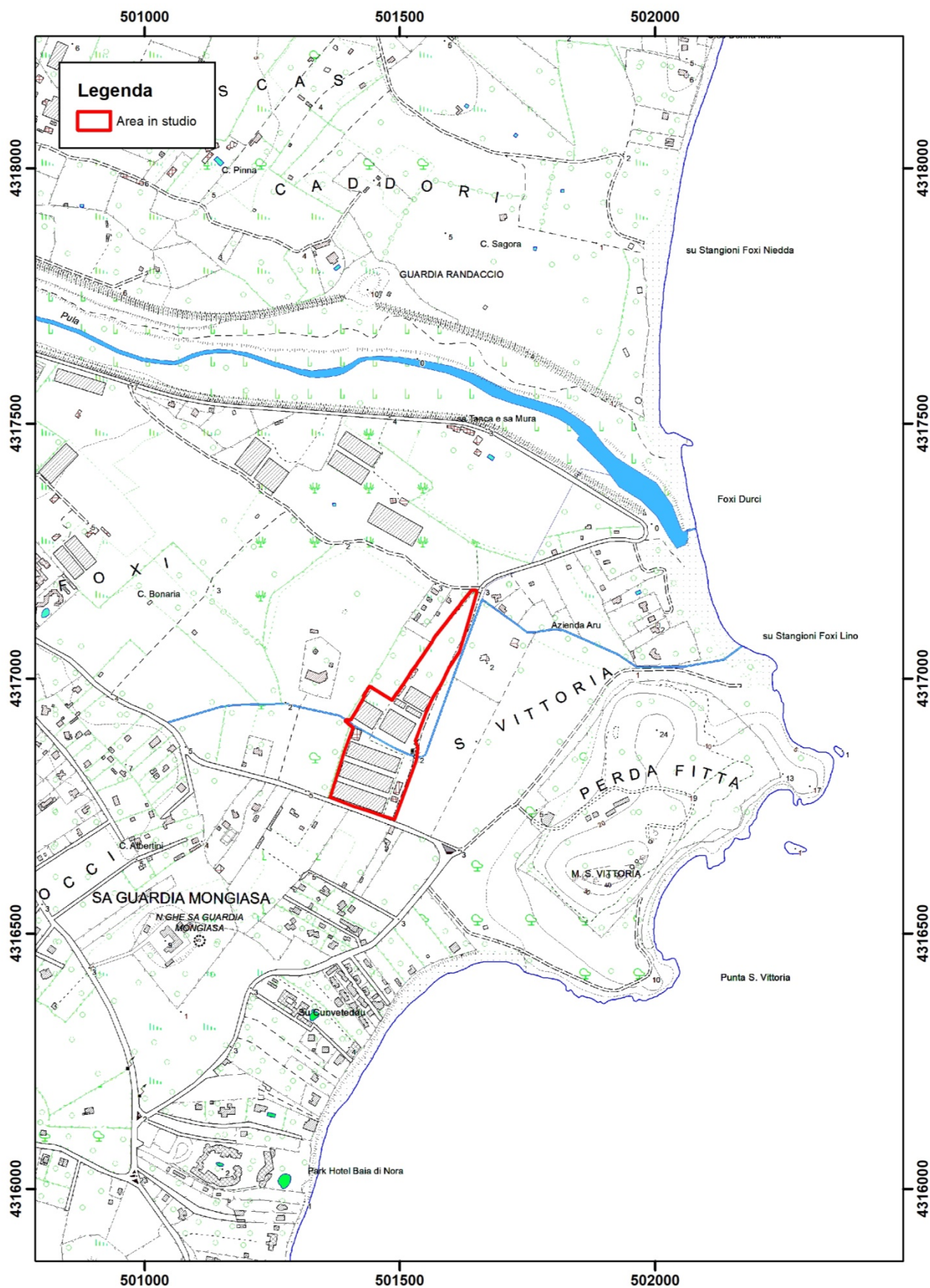


Figura 2.3: Inquadramento dell'area in studio su Stralcio della Sezione n. 566 130 "Pula", della Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10.000;



3 Analisi storica e studi pregressi

Attività propedeutica per qualsiasi studio idraulico è l'analisi storica, che tramite la ricerca bibliografica o testimonianze deve individuare le aree storicamente interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico. Tali attività, seguita dall'indagine in sito dello stato attuale dei luoghi, e tutte le informazioni raccolte sono la base del presente studio idrologico-idraulico.

In particolare l'area di Foce del Rio di Pula è stata oggetto di analisi idrologica e idraulica già dalla prima stesura del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico², che ne aveva individuato le principali criticità e le aree potenzialmente allagabili.

3.1 Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il PAI oltre ad individuare le aree a pericolosità idraulica lungo l'asta del Rio di Pula redige anche una scheda degli interventi con le principali caratteristiche del bacino in studio e le portate per i tempi di ritorno dei 50,100,200 e 500 anni.

In particolare il tratto terminale è interessato dai tronchi critici B7SOTC001 e B7SOTC004, per il quali sono state individuate le seguenti criticità:

"Il tronco critico in esame (codice B7soTC001) si trova in comune di Villa San Pietro-Pula, e riguarda la località denominata: Rio Mannu. La sezione è stata individuata per il fatto che risulta limitrofa ad un elemento sensibile classificato in categoria E3 o E4. Ai fini delle verifiche idrauliche la sezione è stata inoltre scelta in maniera da riconoscervi una sezione di controllo significativa ai fini del deflusso, ovvero in cui per la presenza di un'ostruzione (ponte, soglia, guado, etc.) fosse possibile determinare l'altezza idrica al contorno per la determinazione del profilo idraulico.

In fase di calcolo idrologico, è stata adottata la sezione del ponte al fine del calcolo delle portate di piena con i metodi indicati nelle linee guida. In fase di calcolo idraulico è stato ricavato, mediante il codice di calcolo HEC, il profilo di moto permanente nel tronco costituito dalla sequenza delle 15 sezioni idriche trasversali (di cui la n. 2 costituita dalla B7soTC001 e la n. 7 dalla B7soTC004) indicate nella tavola in allegato.

All'alveo (channel), nel tratto considerato è stato attribuito un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.013 (canale in terra regolare con presenza di erba); alle sponde (overbank) è stato attribuito un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.023 (canale in terra irregolare e vegetazione bassa) per l'intorno della sezione B7soTC001, mentre, per la B7soTC004, all'alveo (channel), nel tratto considerato è stato attribuito un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.018 (canale in terra irregolare); alle sponde (overbank) è stato attribuito un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.021 (canale in terra irregolare con presenza di erba). Le informazioni summenzionate sono state desunte dalla carta degli elementi vulnerabili prodotta per il presente studio, dalla cartografia CTR

² approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006



1:10.000 ed IGM 1:25.000, dallo specifico sopralluogo eseguito dai relatori, e dalle fotografie (allegate nella scheda sintetica relativa alla sezione) eseguite durante i rilievi topografici nel periodo 06 ottobre 2000 - 20 ottobre 2000.

B7soTC001 - I dati morfometrici ed idrologici fondamentali della sezione di controllo sono i seguenti:

Sezione (coordinate Gauss-Boaga E,N): 1499390 4320544

Lunghezza dell'asta: 33.008 (km)

Area del bacino: 135.16 (km²)

Pendenza media dell'asta: 0.446 (%)

Quota della sezione: 9.46 (m s.l.m.)

Quota media del bacino: 391.11 (m s.l.m.)

Tempo di corrivazione - adottato: 6.14 (h)

B7soTC004 - I dati morfometrici ed idrologici fondamentali della sezione di controllo sono i seguenti:

Sezione (coordinate Gauss-Boaga E,N): 1500295 4318476

Lunghezza dell'asta: 34.79 (km)

Area del bacino: 136.52 (km²)

Pendenza media dell'asta: 0.395 (%)

Quota della sezione: 4.19 (m s.l.m.)

Quota media del bacino: 387.33 (m s.l.m.)

Tempo di corrivazione - adottato: 6.32 (h)

La determinazione dei tronchi critici è stata eseguita con riferimento ai criteri illustrati nella relazione generale, cui si rimanda integralmente; le caratteristiche idrauliche della sezione (scabrezze, grado di ostruzione dovuto ad elementi antropici, etc.) sono state specificamente rilevate per la sezione di controllo, ed estrapolate a monte e a valle, per l'estensione di calcolo, modificandole – qualora necessario – sulla base delle informazioni fornite dai topografi, dalle immagini fotografiche e dalla cartografia.

La sezione del ponte, in muratura (B7soTC001) con un arco, contribuisce in maniera sostanziale alla ostruzione idraulica risultando sottodimensionato rispetto alle portate considerate, lasciando una luce libera insufficiente, non considerando la presenza di un impalcato immediatamente a valle che contribuisce ulteriormente all'ostruzione. A monte e a valle l'alveo risulta canalizzato in c.a. solo per il tratto limitrofo al centro abitato.

Soprattutto a causa di queste ostruzioni l'area esondata interessa una vasta area della periferia dell'abitato di Villa San Pietro.



La sezione del ponte (B7soTC004), con massicce pile in calcestruzzo - a spigoli vivi - entro l'alveo, contribuisce alla ostruzione idraulica; peraltro, anche per le portate maggiori, il ponte appare ben dimensionato. A monte dell'opera in esame insiste il ponte sulla SS195 che dai calcoli idraulici svolti risulta presentare criticità per il passaggio delle portate corrispondenti ai 200 e 500 anni. A valle dell'opera, dai calcoli risulta che le arginature a protezione di Pula siano ben dimensionate per consentire un'adeguata protezione dell'abitato anche per le portate maggiori."

In estrema sintesi i risultati delle analisi idrologiche condotte nell'ambito dello studio PAI sulle due sezioni critiche analizzate sono riassunte nella seguente tabella:

Tronco critico	Superficie bacino	Tempi di corrivazione	Q50 anni [mc/s]	Q 100 anni [mc/s]	Q 200 anni [mc/s]	Q 500 anni [mc/s]
B7SOTC001	135,16	6,14	318,37	391,59	466,56	567,53
B7SOTC004	136,52	6,32	318,02	390,79	465,26	565,51

Dalla scheda e dalle perimetrazioni delle aree a pericolosità si rileva che le uniche criticità idrauliche rilevate, lungo l'asta del Rio di Pula, sono quelle in corrispondenza del ponte in muratura in corrispondenza dell'abitato di Villa San Pietro (Sezione critica B7SOTC001), del ponte a monte dell'abitato di Pula (Sezione critica B7SOTC004), e delle criticità per i tempi di ritorno maggiori per il ponte sulla SS 195 (sezione 5 della modellazione idraulica), mentre si afferma che **"le arginature a protezione di Pula siano ben dimensionate per consentire un'adeguata protezione dell'abitato anche per le portate maggiori"**, quindi non si individuano ulteriori criticità idrauliche per il tratto a valle dall'abitato di Pula sino alla foce.

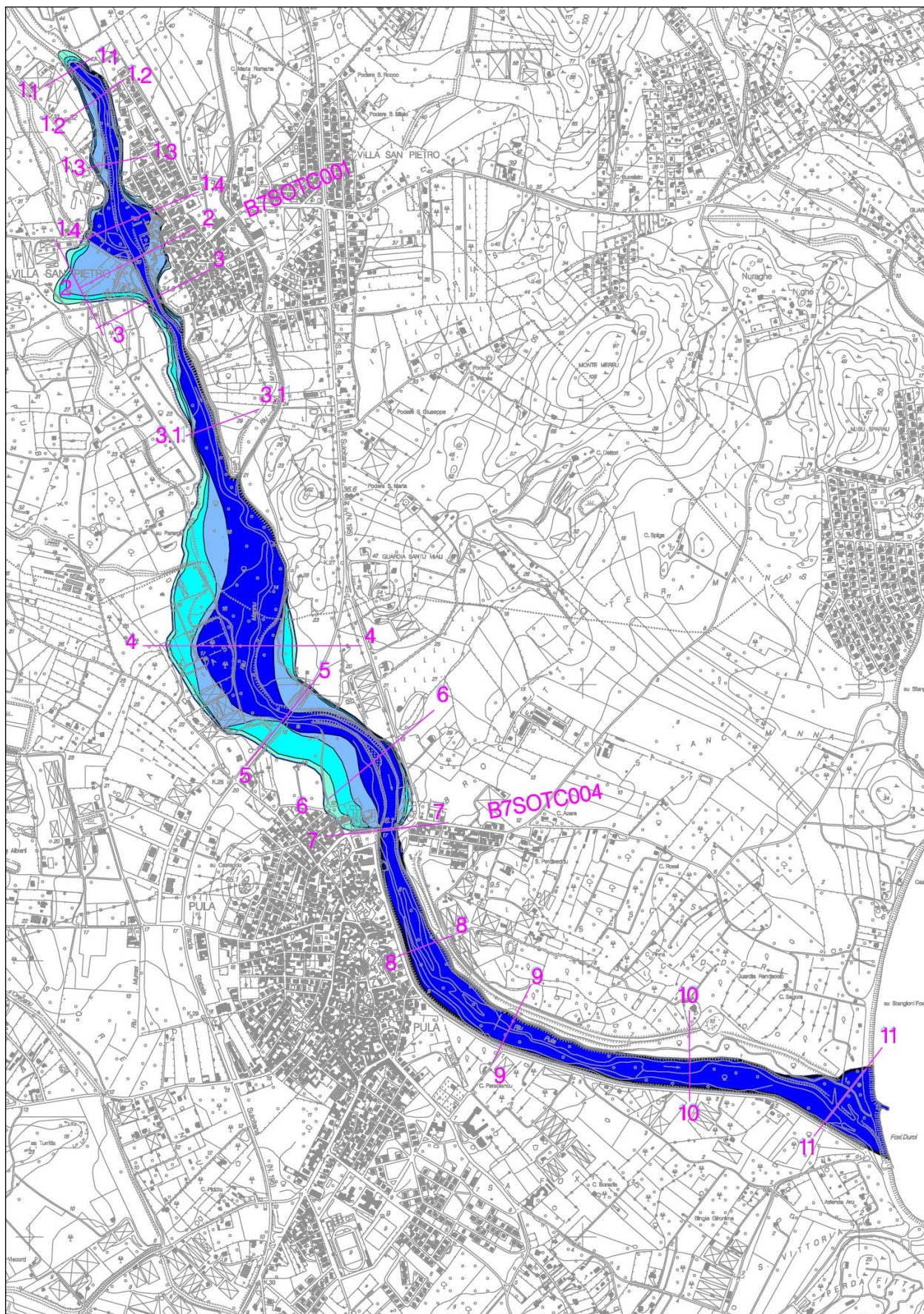


Figura 3.1. Stralcio della Tavola Hi 01/26 Sub- Bacino Flumendosa-Campidano Cixerri - Carta delle Aree inondabili del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

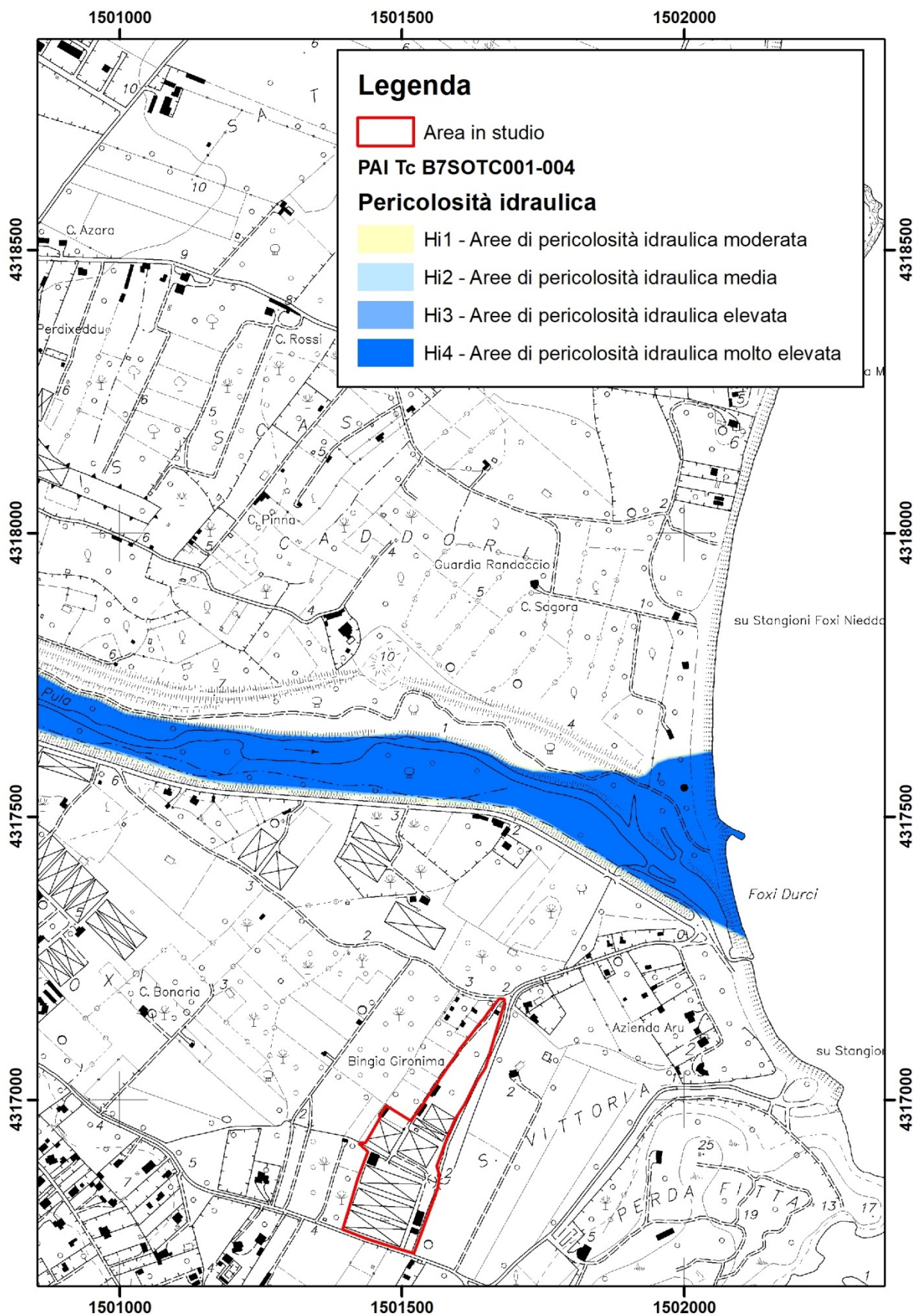


Figura 3.2. Area oggetto dello studio rispetto alle aree perimetrate dal PAI.



3.2 Il Piano Stralcio per le Fasce Fluviali

Anche nell'ambito del Piano Stralcio per le Fasce Fluviali, la foce del Riu Mannu di Pula è stata oggetto di analisi e modellazioni idrauliche in particolare nella Relazione Monografica di Bacino Idrografico "Minori tra il Flumini Mannu e il Palmas"³, è presente una trattazione dettagliata della morfologia, dell'idrologia e delle caratteristiche idrauliche del Riu Mannu di Pula.

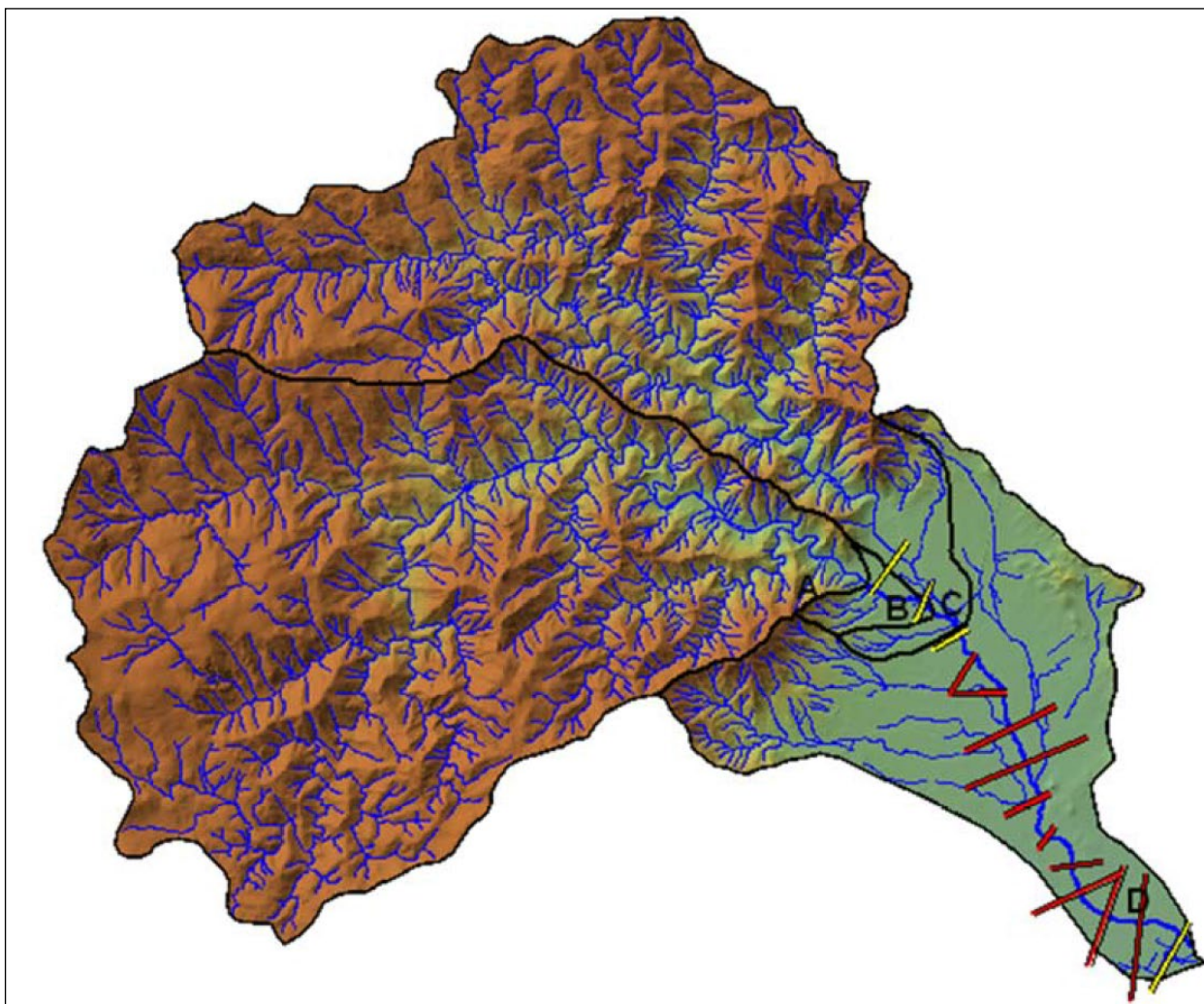
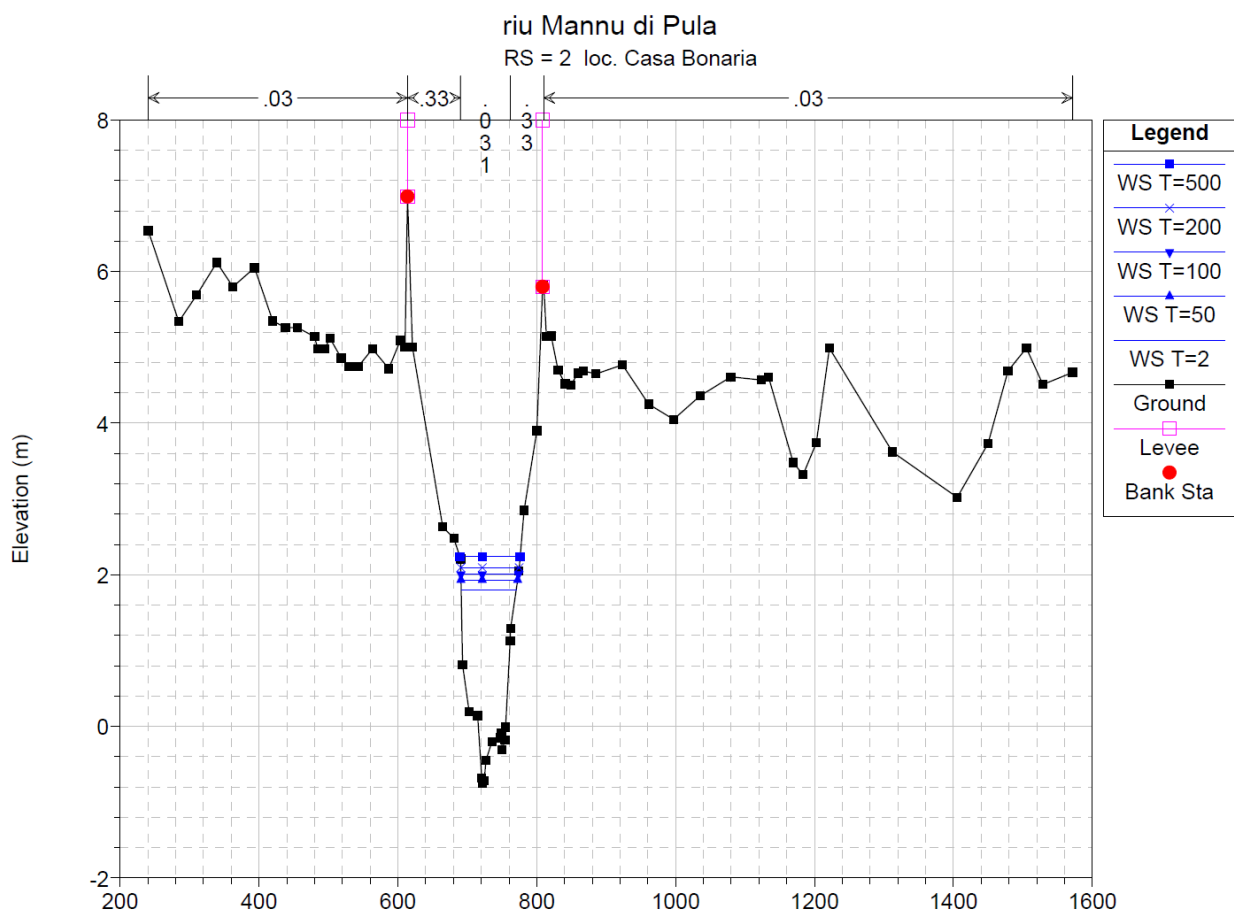
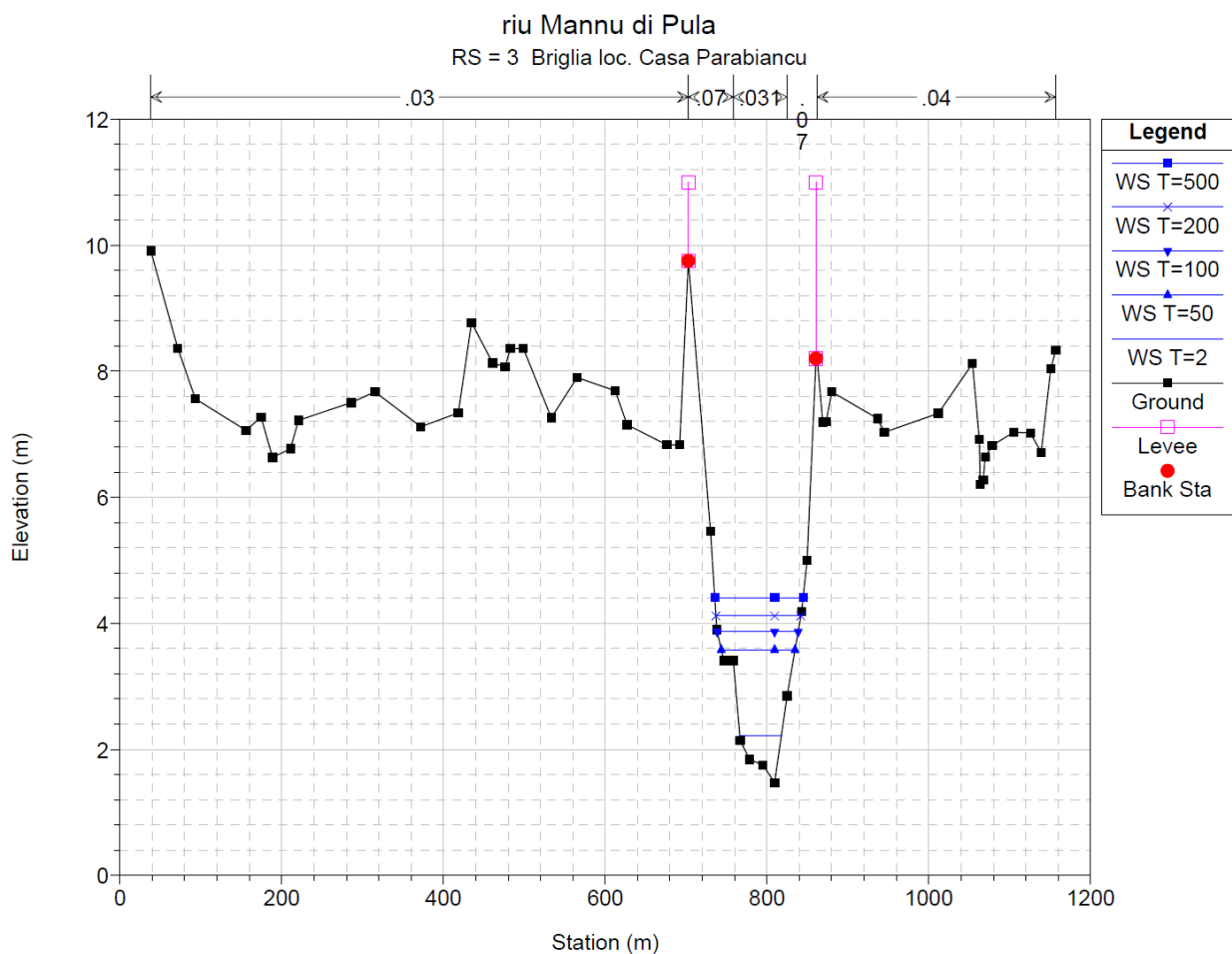


Figura 3.3: Schematizzazione in sottobacini del Riu Mannu di Pula estratta dalla relazione monografica di bacino del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Nella tabella sottostante sono riassunte le portate di riferimento assunte dal PSFF per la delimitazione delle fasce fluviali lungo l'asta del Riu Mannu di Pula.

Fiume	Sezione	Superficie totale	Portata Tr 50 anni	Portata Tr 100 anni	Portata Tr 200 anni	Portata Tr 500 anni
		[Km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Riu Mannu di Pula	A	66,2	162	197	232	278
Riu Mannu di Pula	B	67,4	165	201	236	283
Riu Mannu di Pula	C	116,5	273	333	391	469
Riu Mannu di Pula	D	139,6	323	393	462	554

³ Allegata al "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con Delibera n.2 del 17.12.2015



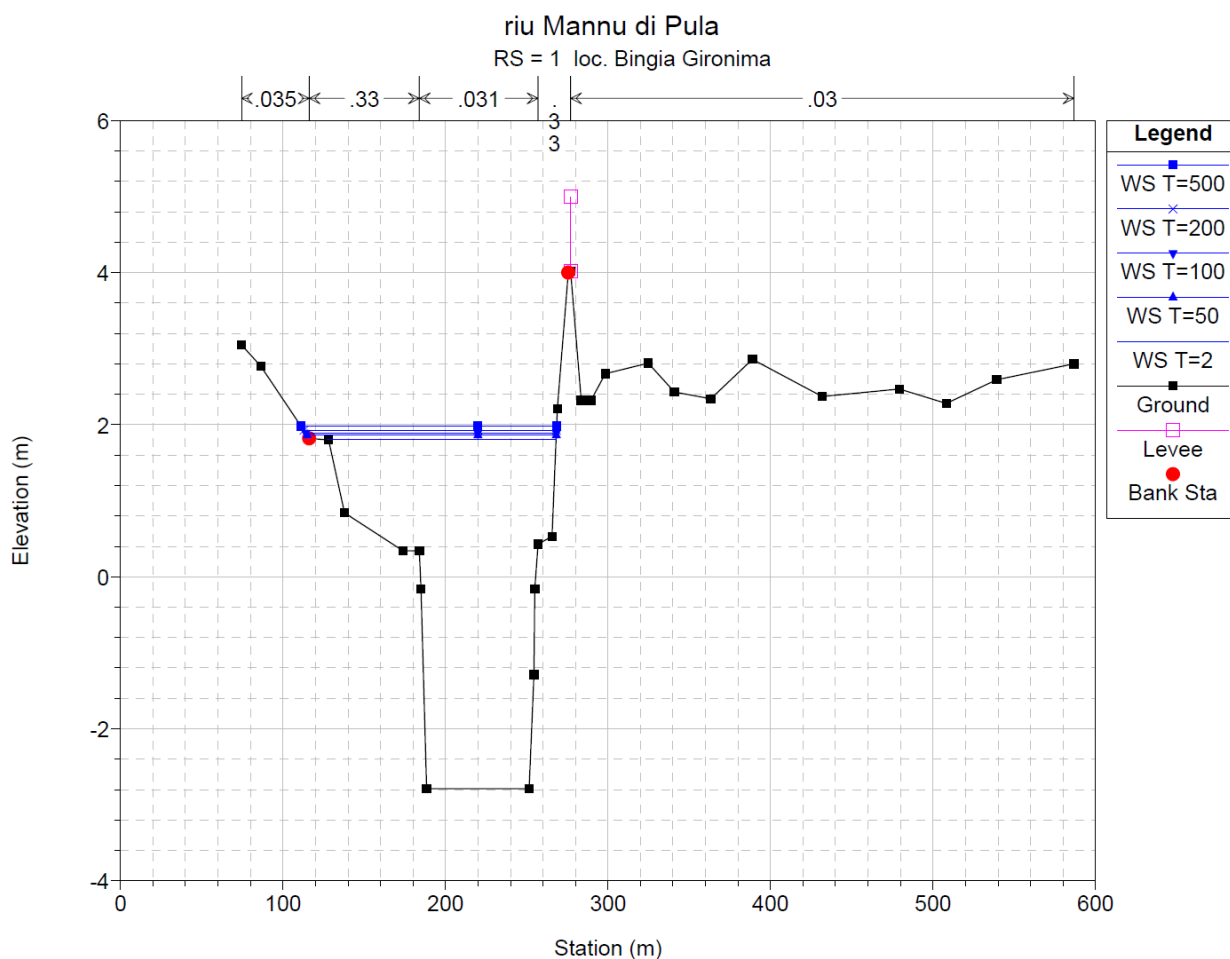


Figura 3.4: Sezioni idrauliche del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, immediatamente a monte e a valle dell'area in studio.

Dall'analisi delle sezioni del modello idraulico del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali si evince che le portate di piena sono sempre contenute all'interno dell'alveo del Riu Mannu di Pula con un franco minimo anche per il tempo di ritorno dei **500 anni di almeno 2 metri** sulla destra idraulica praticamente in corrispondenza della località Bingia Gironima oggetto del presente studio, mentre sulla sezione immediatamente a monte i franchi di sicurezza sono molto maggiori.

Come si può vedere anche dalla Figura 3.5, la località Bingia Gironima è interessata solo dalle Fasce C che in questo caso non rappresentano gli allagamenti per il tempo di ritorno dei 500 anni, ma solo le fasce determinate con il criterio geomorfologico.

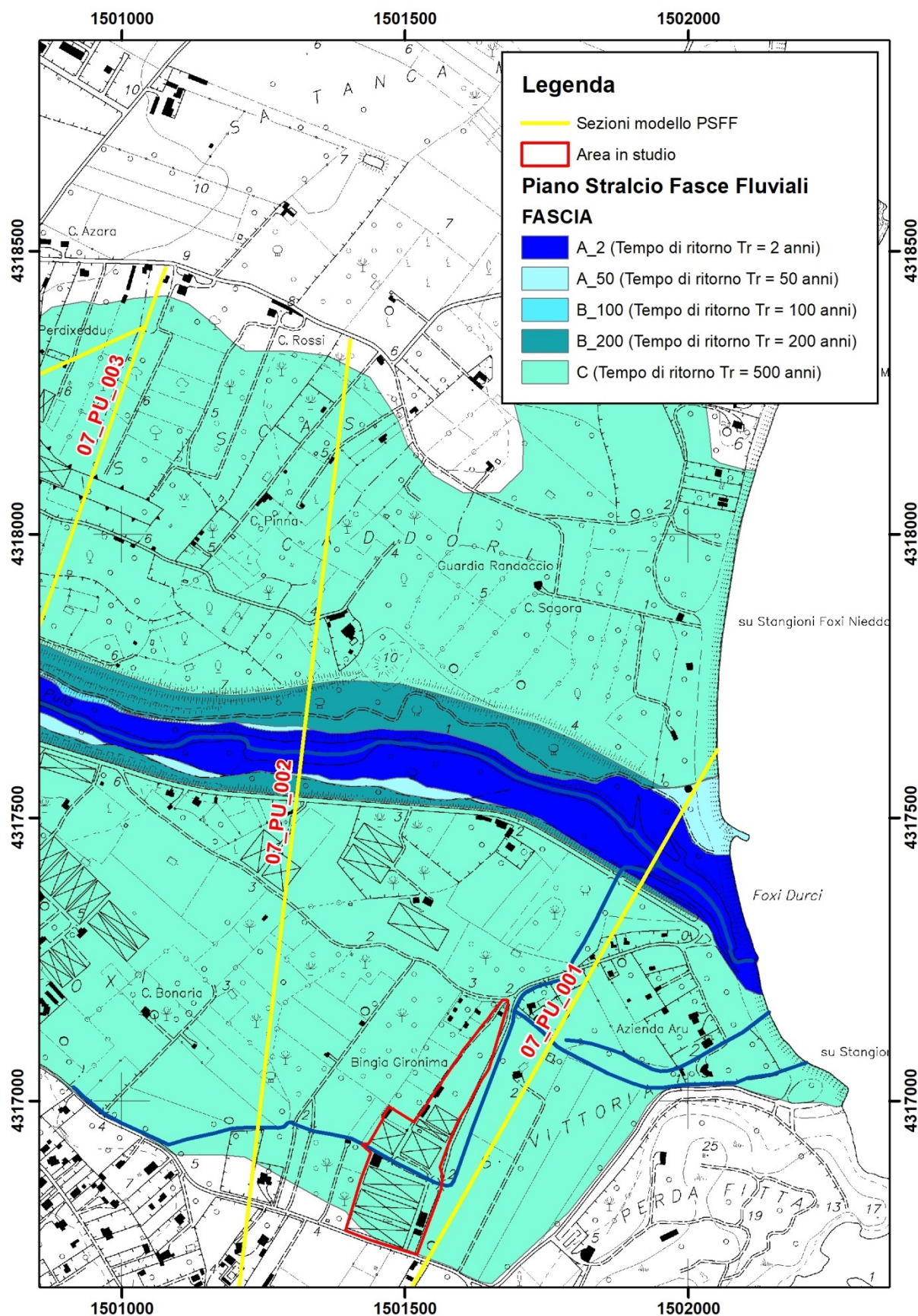


Figura 3.5: Area in studio rispetto alle perimetrazioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali



3.3 Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo al procedimento di adozione del Piano Urbanistico Comunale di Pula.

Nell'ambito dello "Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo al procedimento di adozione del Piano Urbanistico Comunale di Pula", approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 3 del 31/01/2014 si è studiato nel dettaglio il territorio Comunale di Pula.

Per l'area oggetto del presente studio lo studio di compatibilità di fatto conferma le criticità e le perimetrazioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, di fatto confermando la perimetrazione con delle Hi1 derivanti dalle Fasce C determinate con il criterio Geomorfologico.

Solo sulla sinistra idraulica del Riu Mannu di Pula introduce delle nuove aree a pericolosità media (Hi2) lungo una linea di compluvio naturale, che sfocia in località Su Stangioni Foxi Niedda.

Quindi in sostanza per questo studio valgono le stesse considerazioni fatte per il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

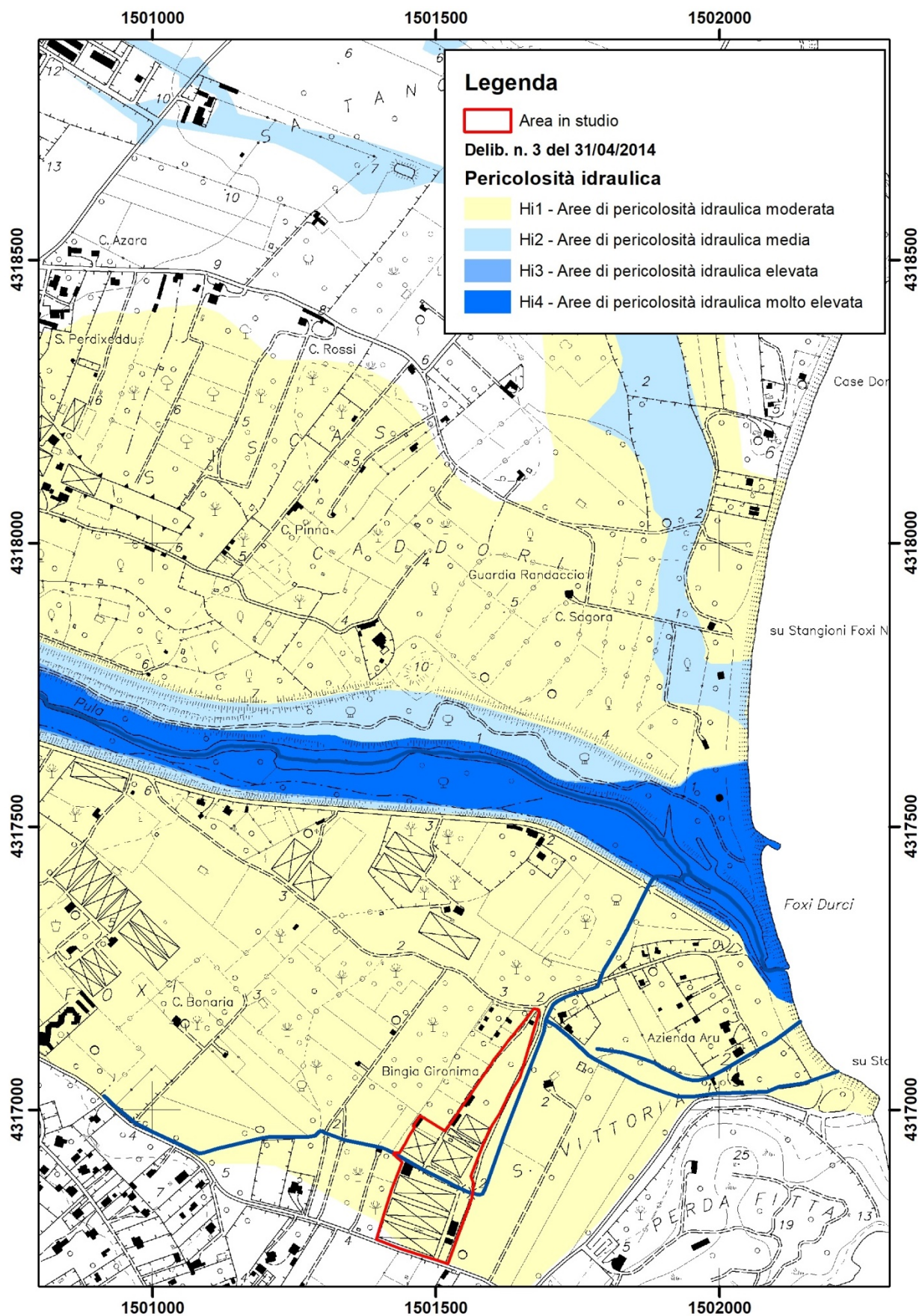


Figura 3.6: Area in studio rispetto alla perimetrazione della pericolosità idraulica determinate nell'ambito dello Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo al procedimento di adozione del Piano Urbanistico Comunale di Pula.



3.4 Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del rio Mannu di Pula

Nell'ambito dello "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I." approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 9 del 02/08/2016 si è studiato il tratto terminale del Rio Mannu di Pula, e si sono modificate in maniera significativa le aree a pericolosità idraulica in particolar modo in prossimità dell'area di foce ma anche nelle aree più a monte sino a 700 metri dalla foce, determinando delle ampie aree a pericolosità idraulica anche molto elevata sia sulla sinistra che sulla destra idraulica dove tutti gli studi sino a quel momento avevano individuato al limite solo delle fasce con il criterio geomorfologico.

Lo studio in oggetto è stato redatto nell'ambito degli interventi di sistemazione idraulica del Rio Mannu di Pula a protezione dell'abitato di Pula, quindi molto circa due chilometri a monte delle aree di foce, interessate dalle nuove perimetrazioni di pericolosità idraulica.

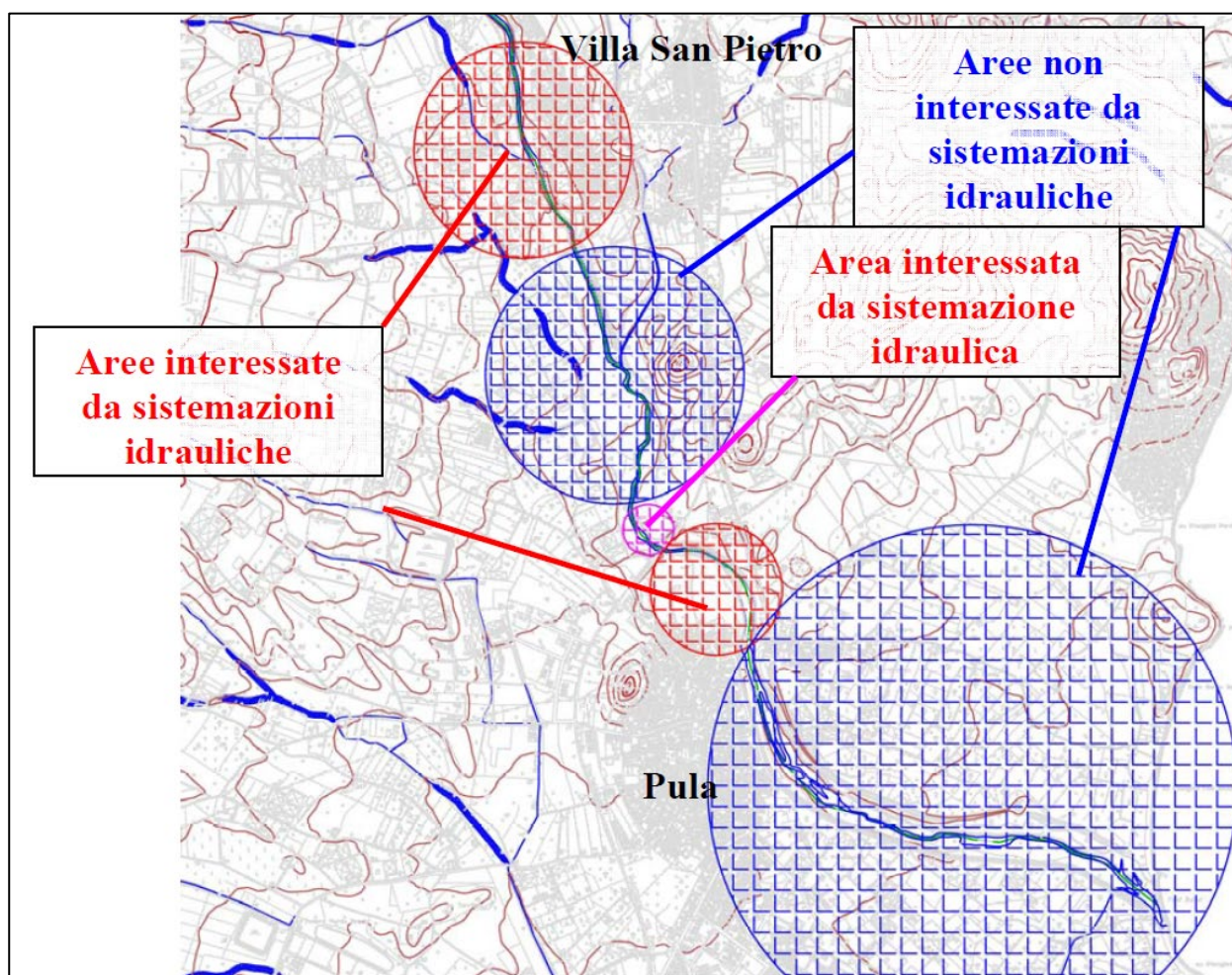


Figura 3.7: Aree interessate da interventi di sistemazione idraulica nell'ambito del progetto.

La prima considerazione che emerge dall'analisi della relazione idrologica e idraulica dello "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I.", e che le portate considerate per le verifiche idrauliche sono molto superiori a quelle considerate sia dal PAI che dal PSFF.



Studio	Sezione	Superficie totale	Portata Tr 50 anni	Portata Tr 100 anni	Portata Tr 200 anni	Portata Tr 500 anni
		[Km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
PAI	Riu Mannu di Pula - Tr B7soTC004	136,52	318,02	390,79	465,26	565,51
PSFF	Riu Mannu di Pula - Foce sezione D	139,60	323,00	393,00	462,00	554,00
Studio art. 26	Riu Mannu di Pula Foce	141,12	603,68	702,22	800,73	930,73

Come si vede le portate determinate nell'ambito del PAI e del PSFF sono perfettamente confrontabili, mentre le portate determinate nell'ambito dello "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I.", sono quasi raddoppiate, a parità praticamente di bacino sotteso.

A seguito di questo studio con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 9 del 02/08/2016, "conformemente a quanto previsto nell'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006, le nuove aree di pericolosità idrogeologica individuate dallo studio di cui al precedente punto, a decorrere dalla data di pubblicazione sul BURAS della presente Deliberazione, siano soggette alle misure di salvaguardia di cui all'art. 4, art. 8 commi 8, 9, 10, 11 e 12, artt. 23, 24, 27, 28, 29 e 30 delle N.A. del P.A.I.; nel caso di sovrapposizione di perimetri di aree pericolose di diversa tipologia o grado di pericolosità, fra quelle del P.A.I. vigente, del P.S.F.F. approvato e quelle individuate dallo studio in oggetto, si applicano le prescrizioni più restrittive nelle sole zone di sovrapposizione";

nella medesima delibera si specifica anche che, in considerazione della validità triennale delle norme di salvaguardia di cui al punto precedente, il Comune di Pula attivi, ai sensi dell'art. 37 delle N.A. del P.A.I., le procedure preordinate all'adozione e successiva approvazione delle varianti al P.A.I., per le nuove aree a pericolosità idraulica di cui sopra individuate nello studio;

in proposito si specifica che a seguito del precedente studio il comune di Pula **non ha attivato alcuna procedura di variante ai sensi dell'art. 37 delle N.A. del P.A.I.**, quindi a rigore dette misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 65 comma 7 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 hanno validità triennale e sarebbero dovute decadere.

Nella delibera inoltre, proprio in ragione delle portate determinate dello studio notevolmente superiori a quelle fino a quel momento determinate dal PAI e dal PSFF, si specifica che, in relazione ai maggiori valori delle portate assunti nello studio in oggetto, ai vari tempi di ritorno, rispetto a quelli stimati nella pianificazione attualmente vigente (P.A.I., P.S.F.F., studio idraulico riferito al P.U.C. di Pula) per le verifiche idrauliche che interessino il rio Mannu di Pula si dovrà, per il futuro, riferirsi ai maggiori valori delle portate; nel caso di eventuale calcolo delle portate afferenti a sottobacini idrografici differenti da quelli impiegati nel presente studio i valori dei coefficienti di deflusso, relativi ai nuovi sottobacini, dovranno essere numericamente congruenti con quelli stimati nello studio in oggetto;

Dette perimetrazioni sono state recepite dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) così come aggiornato nel secondo ciclo di pianificazione approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021 e con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1/12/2022 e quindi da considerarsi vincolo attualmente vigente per l'area in studio.

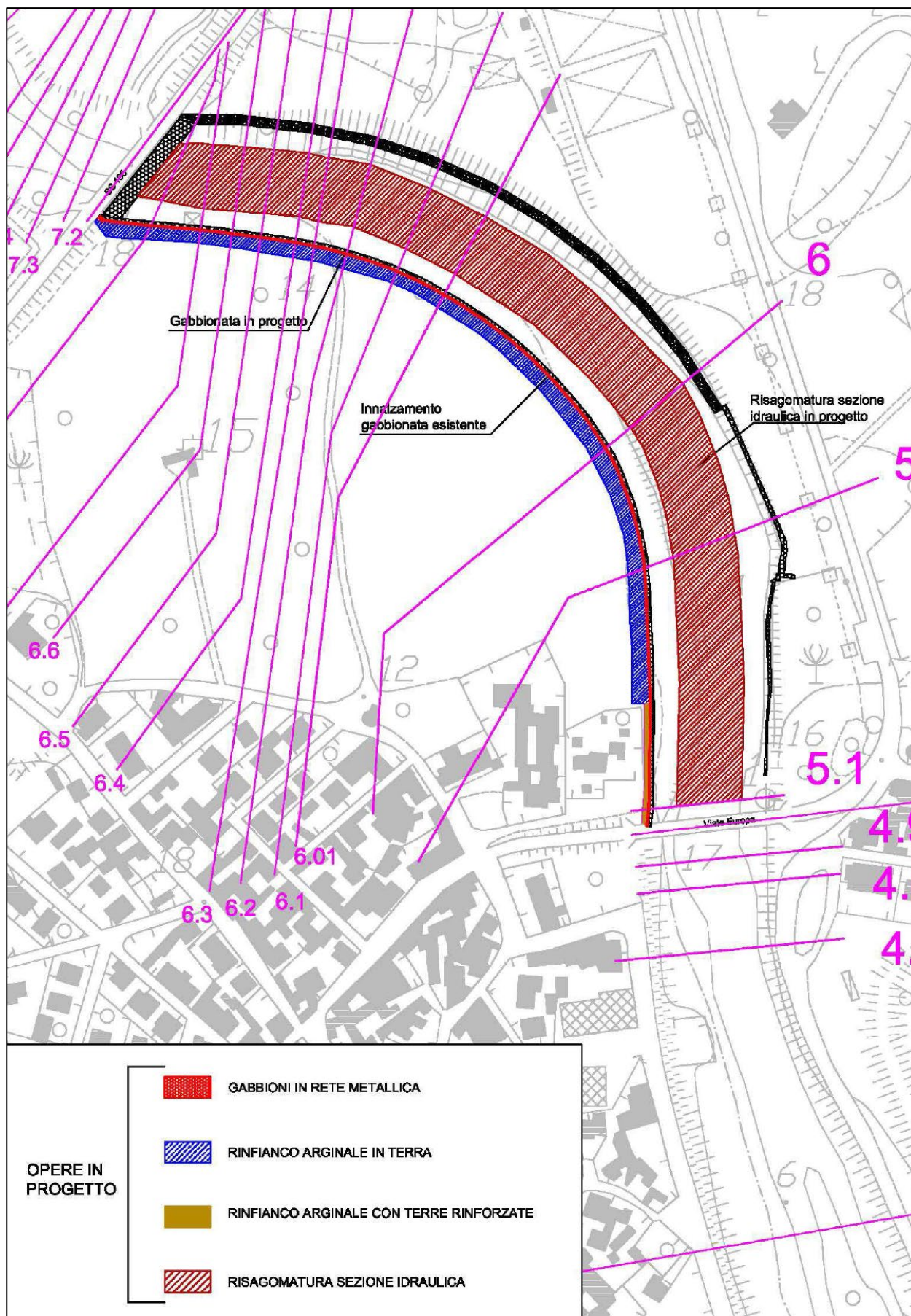


Figura 3.8: Planimetria delle aree interessate dagli interventi di sistemazione idraulica nell'ambito del progetto.



Entrando nel merito della modellazione idraulica si nota subito che benché gli interventi e di conseguenza tutti gli approfondimenti e le analisi di dettaglio abbiano interessato esclusivamente il tratto a monte dell'abitato di Pula, detto studio ha modificato pesantemente le perimetrazioni della pericolosità soprattutto nel tratto in prossimità della foce oltre due chilometri a valle.

Dall'analisi dei risultati della modellazione idraulica e delle sezioni di moto permanente si evince inoltre che nonostante le portate adottate siano quasi doppie rispetto a quelle del PAI e del PSFF le portate di piena anche cinquantennali (**930,73 mc/s**) sono sempre contenute all'interno dell'alveo arginato solo dalla sezione 1 in poi, in prossimità della foce, dove l'alveo non è più arginato, si determinano delle aree di esondazione sulla destra e sulla sinistra idraulica.

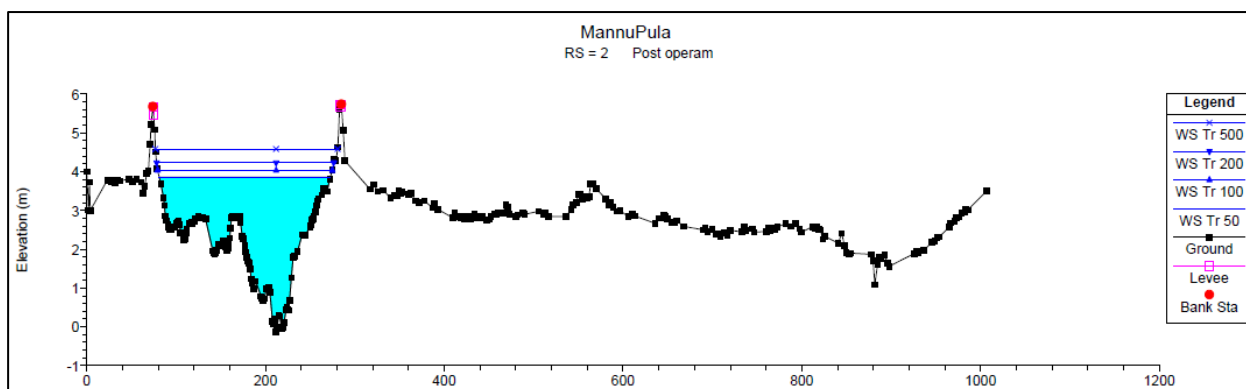


Figura 3.9: Sezione della modellazione idraulica immediatamente a monte della località Bingia Gironima, estratta dalla “Relazione Idraulica dello “Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell’art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I.”.

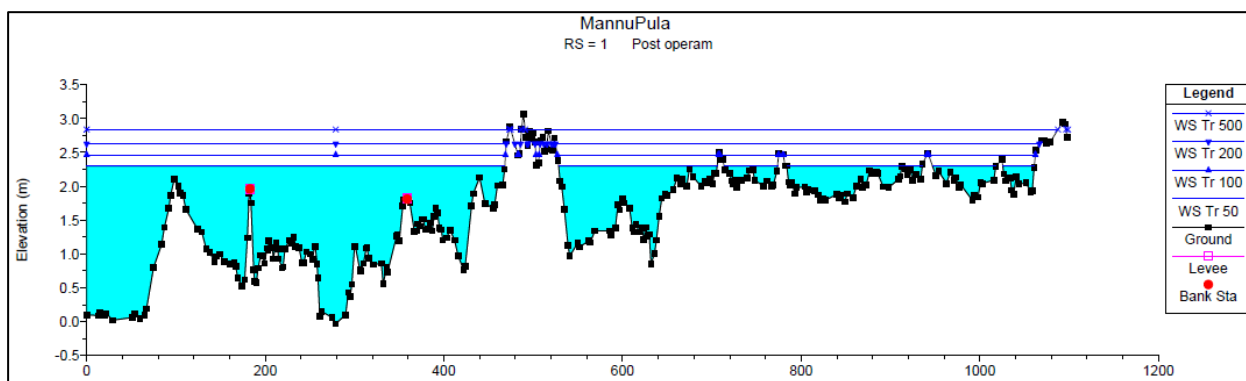


Figura 3.10: Sezione della modellazione idraulica immediatamente a valle della località Bingia Gironima, estratta dalla Relazione Idraulica dello Studio idraulico di dettaglio

Dalle tabelle dei risultati, inoltre, si evince che sino alla **Sezione 2** del modello idraulico sono rispettati i franchi idraulici ai sensi dell’art. 21 delle NTA del PAI per le portate sino al tempo di ritorno dei 200 anni, solo per i 500 anni sarebbero leggermente inferiori a quelli richiesti, infatti a fronte di un franco richiesto di 1,33 m abbiamo sulla sponda sinistra un franco di 1,09 m e su quella destra di 1,15, mentre per le sezioni a monte sembrano ampiamente rispettati i franchi minimi anche per le portate riferite ai tempi di ritorno maggiori; quindi anche applicando rigidamente la norma, all'esterno dell'alveo arginato dovremo avere solo delle Hi1 (pericolosità moderata) confermando di fatto le perimetrazioni del PSFF.

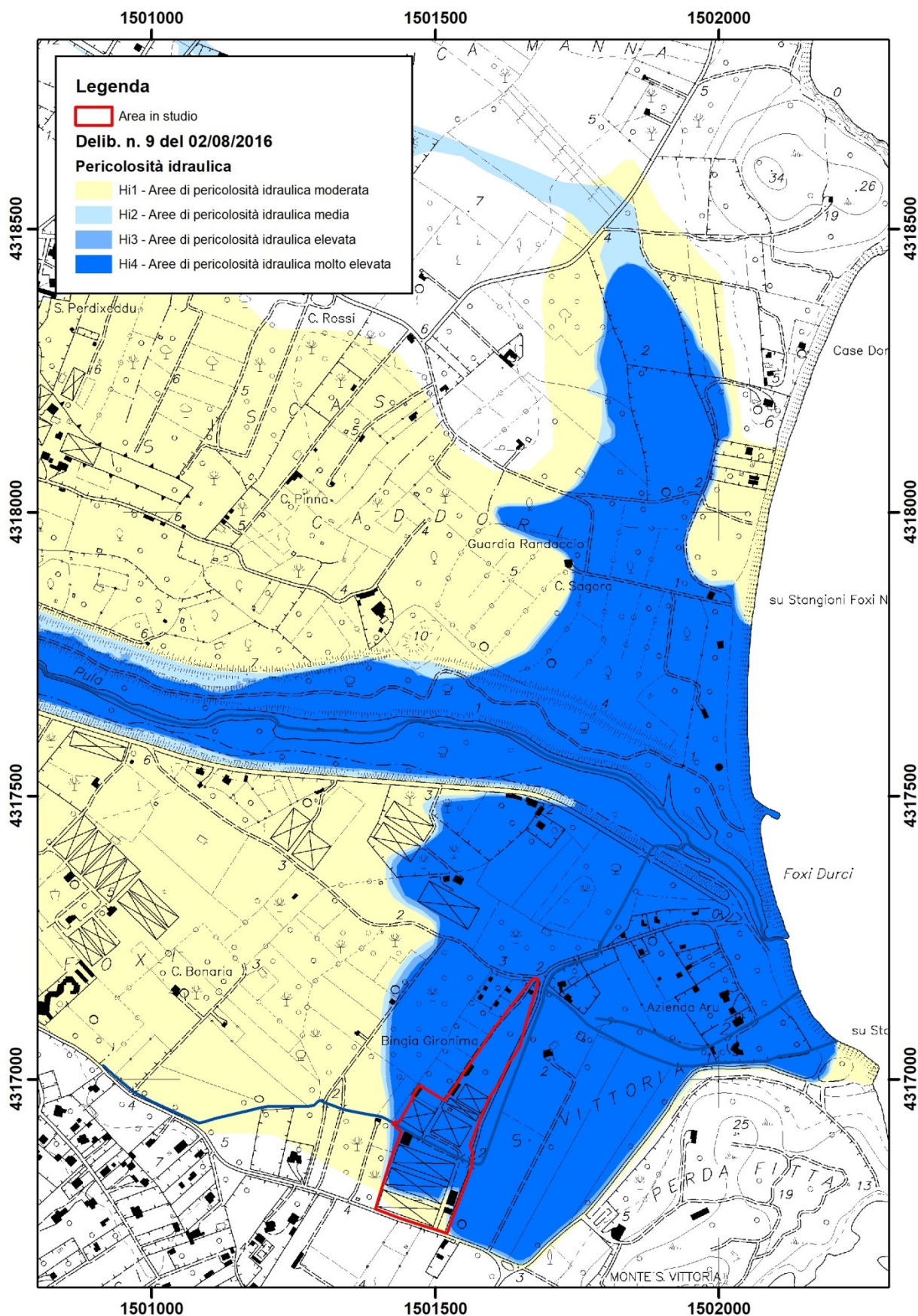


Figura 3.11: Area in studio rispetto alla perimetrazione della pericolosità idraulica determinate nell'ambito dello "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I..



3.5 Il Piano di gestione del Rischio Alluvioni – Inondazioni costiere

Il "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna"⁴ non introduce nuove aree a pericolosità idraulica, ma è importante perché si propone di coordinare le varie perimetrazioni vigenti e di fatto effettua un inviluppo delle diverse perimetrazioni vigenti, compreso lo "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I." approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 9 del 02/08/2016.

Importante elemento introdotto nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni con deliberazione n. 1 del 11.12.2018 dell'Autorità di Bacino Regionale sono le inondazioni costiere.

In particolare in prossimità della foce del Rio Mannu di Pula sono presenti una serie di transetti utilizzati per determinare le inondazioni costiere nelle aree in prossimità dell'area di foce con per eventi con tempi di ritorno dei 2 dei 20 e dei 100 anni.

Nella "Relazione Metodologica sulle Inondazioni Costiere" sono riportati i valori dei livelli medi di riva per ciascun transetto che determina poi le aree interessate dalle inondazioni costiere.

In particolare per il transetto **S293** che praticamente attraversa l'area oggetto del presente studio troviamo un livello di 1,26 m per il tempo di ritorno dei 2 anni, 1,49 metri per il tempo di ritorno dei 20 anni e 1,64 m per il tempo di ritorno dei 100 anni

Sulla sezione ricostruita **S293a** che dovrebbe essere realizzata in posizione intermedia tra la S293 e la S294, praticamente in corrispondenza della foce del Rio Mannu di Pula, invece abbiamo un livello di 1,13 m per il tempo di ritorno dei 2 anni, 1,26 metri per il tempo di ritorno dei 20 anni e 1,38 m per il tempo di ritorno dei 100 anni.

La modellazione delle inondazioni costiere riveste un ruolo molto importante, sia perché delimita quali siano le aree potenzialmente interessate dalle inondazioni costiere, sia perché questi livelli potrebbero essere utilizzati come condizioni al contorno di valle nella modellazione dei tratti di foce dei corsi d'acqua assumendo l'ipotesi, più che cautelativa, che l'evento di piena fluviale, con un dato tempo di ritorno, si verifichi in contemporanea con l'evento di inondazione costiera di pari tempo di ritorno, questa sarà proprio l'ipotesi adottata per la modellazione idraulica del presente studio di assetto idrogeologico.

Da quanto illustrato in si può notare come le inondazioni costiere investano ampie aree nell'entro terra ma non interessano neanche marginalmente l'area oggetto del presente studio.

⁴ Approvato in via definitiva con Delibera n.2 del 15.03.2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna.

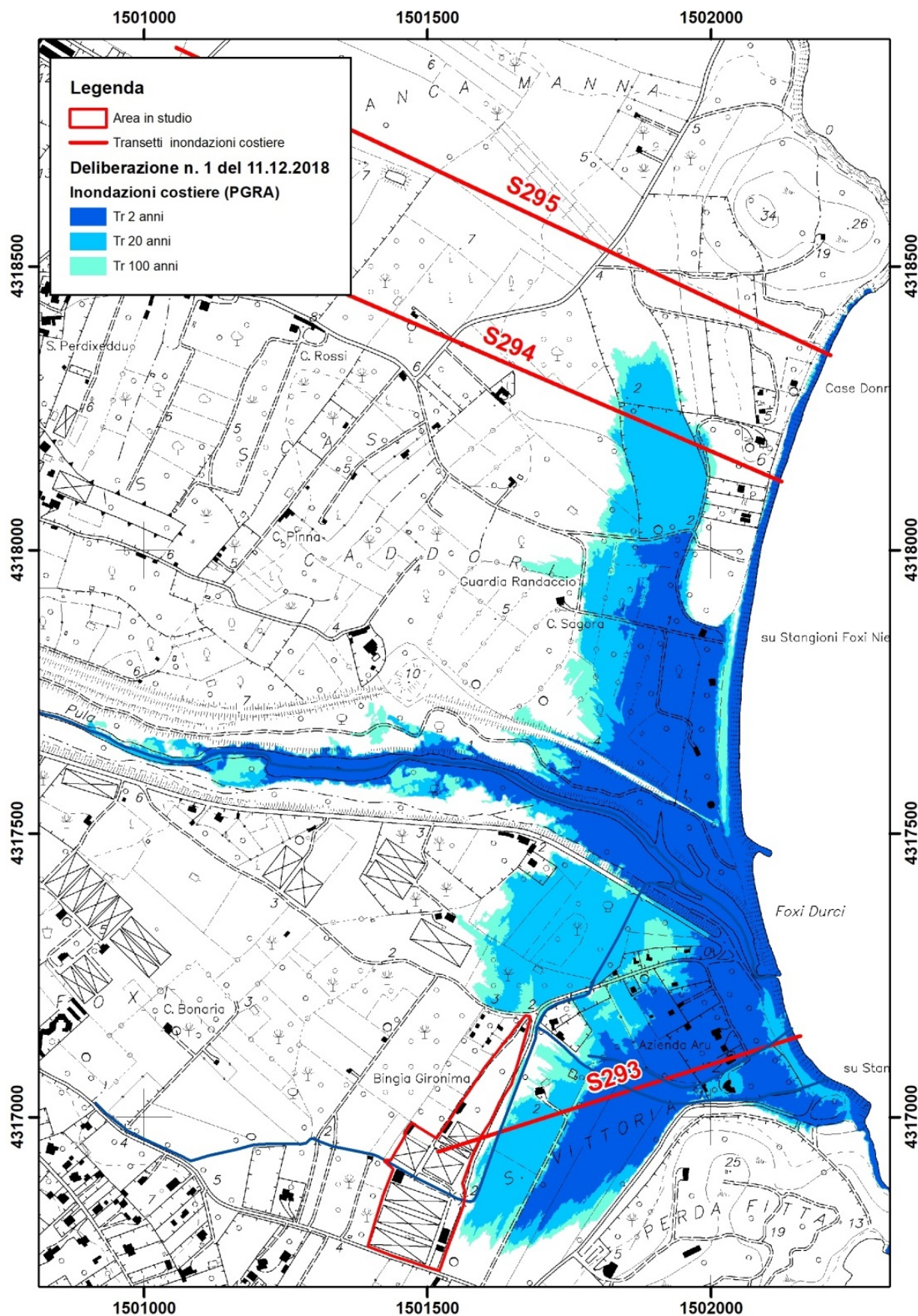


Figura 3.12: Area in studio rispetto alle inondazioni costiere così come definite dal Piano Gestione del Rischio Alluvioni con Deliberazione n. 1 del 11.12.2018 dell'Autorità di Bacino Regionale.



4 Analisi idrologiche ed idrauliche

Nel presente si sono sviluppate le analisi idrauliche sia sull'asta del Rio Mannu di Pula, sia sull'impluvio minore denominato Canale_56411, che non è stato modellato o studiato né dal PAI, né dal PSFF o dal PGRA e neanche da studi a scala locale. Come meglio specificato nell'analisi idrologica di dettaglio per la modellazione idraulica del Rio Mannu di Pula si adotteranno cautelativamente le portate determinate nell'ambito dello "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I.", mentre per la modellazione idraulica del Canale_56411 le portate determinate con l'analisi idrologica di dettaglio sviluppata nel presente studio.

4.1.1 Stato di fatto dei luoghi

Sul Canale_56411 nel tratto modellato sono presenti due attraversamenti uno a monte dell'area in studio e un ponticello nello stradello sterrato immediatamente a valle. Il canale in corrispondenza dell'area in studio ha una sezione trapezia regolare rivestita con lastre in cls, mentre gli attraversamenti interni sono realizzati quello più a monte è costituito da un tombino circolare DN 1000mm, mentre l'attraversamento più a valle da un tombino in cls a sezione circolare DN 1200mm.



Figura 4.1: Canale in cls all'interno dell'area in studio

Le aree arginali del canale e in prossimità delle opere di attraversamento sono interessate da una fitta vegetazione arbustiva, in alcuni tratti si segnala il fatto che l'apparato radicale di alcuni alberi da alto fusto ha lesionato le lastre in cls del canale, le opere di attraversamento nonostante la fitta vegetazione appaiono sostanzialmente in buono stato di pulizia e manutenzione e non presentano sono presenti sedimenti o detriti sul fondo segno della scarsa capacità di trasporto solido esercitata dal canale anche dovuta alla modesta pendenza e di conseguenza alle velocità di deflusso piuttosto modeste.



Figura 4.2: Canale in cls all'interno dell'area in studio



Figura 4.3: Attraversamento di valle

Immediatamente a valle dell'area in studio è presente un ponticello su uno stradello sterrato della viabilità secondaria locale.



Figura 4.4: Ponticello su sterrato immediatamente a valle dell'area in studio.

L'opera ha una sezione con una doppia luce alta 95 cm e larga ciascuna circa un metro con setto centrale a spigoli vivi largo circa 40cm.

Da questo punto in poi il canale piega in direzione nord est, verso il Rio Mannu di Pula, in questo



tratto la sezione è piuttosto ampia, e in parte appare ancora rivestita in cls, anche qui l'alveo ma soprattutto le sponde sono interessata da una fitta vegetazione arbustiva.



Figura 4.5: Canale_56411 a valle dell'area in studio e immediatamente a valle del ponticello, nella foto di sinistra il canale corre sulla destra della strada l'area in studio invece si trova sulla sinistra, nella seconda foto si vede l'alveo del canale rivestito in lastre di cls.

A valle dell'area in studio sullo stesso canale sono presenti due ulteriori attraversamenti sempre sulla strada comunale Viale Segni il primo denominato H088_SC_0036, è costituito da un ponticello a sezione trapezia con larghezza maggiore in sommità = 3,40 m, alla base = 1,40 m altezza = 0,85 m.



Figura 4.6: Ponticello denominato H088_SC_0036 sul Viale segni del Canale_56411 a valle dell'area in studio.

Immediatamente a monte della confluenza sul Rio Mannu di Pula è presente un altro ponticello tramite tombino costituita da manufatto a sezione circolare DN 900 mm, l'infrastruttura viaria è sempre il Viale Segni, e qualche metro a valle è presente un Opera di difesa idraulica per regolare il deflusso di acqua da e verso il Rio Mannu di Pula ; sezione rettangolare: 0,90 m x 2,40 m con paratoia mobile.



Figura 4.7: Tombino denominato H088_SC_0033 sul Viale segni del Canale_56411 in prossimità della confluenza con il Rio Mannu di Pula.



Figura 4.8: Tratto terminale del Canale_56411 in prossimità della confluenza con il Rio Mannu di Pula rispettivamente in prossimità del tombino sul Viale Segni e dell'opera idraulica sugli argini del Rio Mannu di Pula.



Figura 4.9: Opera idraulica tra il Canale_56411 e il Rio Mannu di Pula



Figura 4.10: Particolare della paratoia mobile dell'opera idraulica tra il Canale_56411 e il Rio Mannu di Pula



4.1.2 Portate utilizzate per la modellazione idraulica

Per quanto illustrato nella relazione idrologica ed idraulica allegata al presente studio, e per quanto prescritto nella Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 9 del 02/08/2016, di approvazione dello lo "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I.", (*..... in relazione ai maggiori valori delle portate assunti nello studio in oggetto, ai vari tempi di ritorno, rispetto a quelli stimati nella pianificazione attualmente vigente (P.A.I., P.S.F.F., studio idraulico riferito al P.U.C. di Pula) per le verifiche idrauliche che interessino il rio Mannu di Pula si dovrà, per il futuro, riferirsi ai maggiori valori delle portate; nel caso di eventuale calcolo delle portate afferenti a sottobacini idrografici differenti da quelli impiegati nel presente studio i valori dei coefficienti di deflusso, relativi ai nuovi sottobacini, dovranno essere numericamente congruenti con quelli stimati nello studio in oggetto*), per la modellazione del tratto più vallivo del Rio Mannu di Pula si sono utilizzate proprio le portate determinate nell'ambito del suddetto studio, mentre per il Canale_56411, si sono utilizzate le portate determinate dall'analisi idrologica di dettaglio sviluppata nell'ambito del presente studio, anche per le peculiarità del bacino drenato dal canale in studio.

Studio	Sezione	Superficie totale	Portata Tr 50 anni	Portata Tr 100 anni	Portata Tr 200 anni	Portata Tr 500 anni
		[Km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Studio art. 26	Riu Mannu di Pula Foce	141.12	603,68	702,22	800,73	930,73
Analisi di dettaglio	Canale_56411 - tratto monte	1.177	5.748	7.271	8.911	11.176
Analisi di dettaglio	Canale_56411 - tratto valle	1.798	8.781	11.107	13.613	17.073

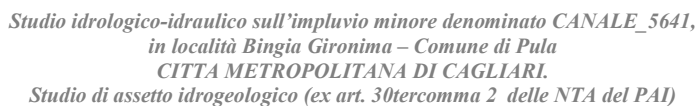
Tabella 4.1 – portate utilizzate per le simulazioni idrauliche

4.1.3 Risultati delle simulazioni idrauliche

I risultati della simulazioni idrauliche per i 4 tempi di ritorno dei 50, dei 100 dei 200 e dei 500 sono illustrati nella Figura 4.11 e negli allegati al presente Studio di compatibilità idraulica "Allegato I.C.1: Risultati numerici delle simulazioni idrauliche", "Allegato I.C.2: Sezioni idrauliche di moto permanente", "Allegato I.C.3: Profili idraulici di moto permanente".

Per quanto concerne la modellazione idraulica del Rio Mannu di Pula si confermano i risultati delle modellazioni idrauliche precedenti, ovvero che nel tratto arginato a valle dell'abitato di Pula le portate sono sempre contenute anche per i tempi di ritorno maggiori, solo nel tratto in prossimità della foce dove il corso d'acqua non è più arginato si verificano degli allagamenti, che nella presente modellazione sono rappresentati dall'involuppo delle aree di allagamento fluviali e dalle aree interessate alle inondazioni costiere.

Dallo studio di dettaglio del Canale_56411, si evince che il canale nonostante le pendenze piuttosto ridotte dell'ordine del 5‰, è in grado di collettare anche le portate con tempi di ritorno superiori ai 100 anni. Come si evince dalle modellazioni idrauliche le criticità principali sono determinate dai due attraversamenti a monte e a valle dell'area in studio che vanno in crisi anche per le portate relative ai



Legenda

- Sezioni modellazione idraulica
- Area oggetto dello studio
- Idrografia superficiale

Studio di variante

Pericolosità idraulica

- Hi1 - Aree di pericolosità idraulica moderata
- Hi2 - Aree di pericolosità idraulica media
- Hi3 - Aree di pericolosità idraulica elevata
- Hi4 - Aree di pericolosità idraulica molto elevata

The map displays a river system (Riv. Pula) and surrounding areas. Key locations include C. Pinna, Guardia Randaccio, C. Sagora, C. Parabiancu, C. Bonaria, Bingia Ghinima, Azienda Aru, PERDA FIAT, and MONTE S. VITTORIA. Elevation points are marked with numbers (e.g., 6191, 5932, 4908, 4084, 3275, 2874, 1955, 1373, 638, 1120, 853, 176, 1061, 732, 1354, 1537, 1755, 1878, 2116, 2225, 2269, 2403, 2427, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788, 2789, 2790, 2791, 2792, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2798, 2799, 2800, 2801, 2802, 2803, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2809, 2810, 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2816, 2817, 2818, 2819, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2826, 2827, 2828, 2829, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840, 2841, 2842, 2843, 2844, 2845, 2846, 2847, 2848, 2849, 2850, 2851, 2852, 2853, 2854, 2855, 2856, 2857, 2858, 2859, 2860, 2861, 2862, 2863, 2864, 2865, 2866, 2867, 2868, 2869, 2870, 2871, 2872, 2873, 2874, 2875, 2876, 2877, 2878, 2879, 2880, 2881, 2882, 2883, 2884, 2885, 2886, 2887, 2888, 2889, 2890, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898, 2899, 2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905, 2906, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2914, 2915, 2916, 2917, 2918, 2919, 2920, 2921, 2922, 2923, 2924, 2925, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2931, 2932, 2933, 2934, 2935, 2936, 2937, 2938, 2939, 2940, 2941, 2942, 2943, 2944, 2945, 2946, 2947, 2948, 2949, 2950, 2951, 2952, 2953, 2954, 2955, 2956, 2957, 2958, 2959, 2960, 2961, 2962, 2963, 2964, 2965, 2966, 2967, 2968, 2969, 2970, 2971, 2972, 2973, 2974, 2975, 2976, 2977, 2978, 2979, 2980, 2981, 2982, 2983, 2984, 2985, 2986, 2987, 2988, 2989, 2990, 2991, 2992, 2993, 2994, 2995, 2996, 2997, 2998, 2999, 3000, 3001, 3002, 3003, 3004, 3005, 3006, 3007, 3008, 3009, 3010, 3011, 3012, 3013, 3014, 3015, 3016, 3017, 3018, 3019, 3020, 3021, 3022, 3023, 3024, 3025, 3026, 3027, 3028, 3029, 3030, 3031, 3032, 3033, 3034, 3035, 3036, 3037, 3038, 3039, 3040, 3041, 3042, 3043, 3044, 3045, 3046, 3047, 3048, 3049, 3050, 3051, 3052, 3053, 3054, 3055, 3056, 3057, 3058, 3059, 3060, 3061, 3062, 3063, 3064, 3065, 3066, 3067, 306

Allegato I.A - Relazione tecnico illustrativa



5 Considerazioni conclusive e ridefinizione del rischio idraulico

Nell'ambito del presente studio si è approfondito con maggior dettaglio la modellazione idraulica dell'area di foce del Rio Mannu di Pula e delle aree di allagamento individuate nell'ambito dello "Studio idraulico di dettaglio riferito alle aree inondabili del Rio Mannu di Pula ai sensi dell'art. 26 delle Norme di Attuazione (N.A.) del P.A.I.", con particolare attenzione al bacino drenato dal Canale_56411 che drena un piccolo bacino sulla destra idraulica del Rio Mannu di Pula.

Nella proposta di variante al Piano di Assetto Idrogeologico si confermano nella sostanza le risultanze e le criticità riscontrate nell'ambito dei precedenti studi sul tratto terminale del Rio Mannu di Pula, andando a ridefinire con maggior dettaglio le aree a pericolosità idraulica, sia con una ricostruzione del modello idraulico più puntuale della zona di interesse (modellazione e rilievo dei ponticelli sull'asta secondaria il località Bingia Gironima), sia con l'aggiornamento della modellazione idraulica al mutato quadro normativo (art. 30ter delle NTA del PAI, fasce di prima salvaguardia e "*Carta delle aree di pericolosità derivanti da inondazioni costiere*").

Il presente studio ha inoltre messo in luce l'insufficienza idraulica dei due ponticelli presenti sul Canale_56411, ovvero quelli denominati sul DB regionale H088_SC_0035 e H088_SC_0037, che determinano delle ampie aree allagabili immediatamente a monte delle due opere.