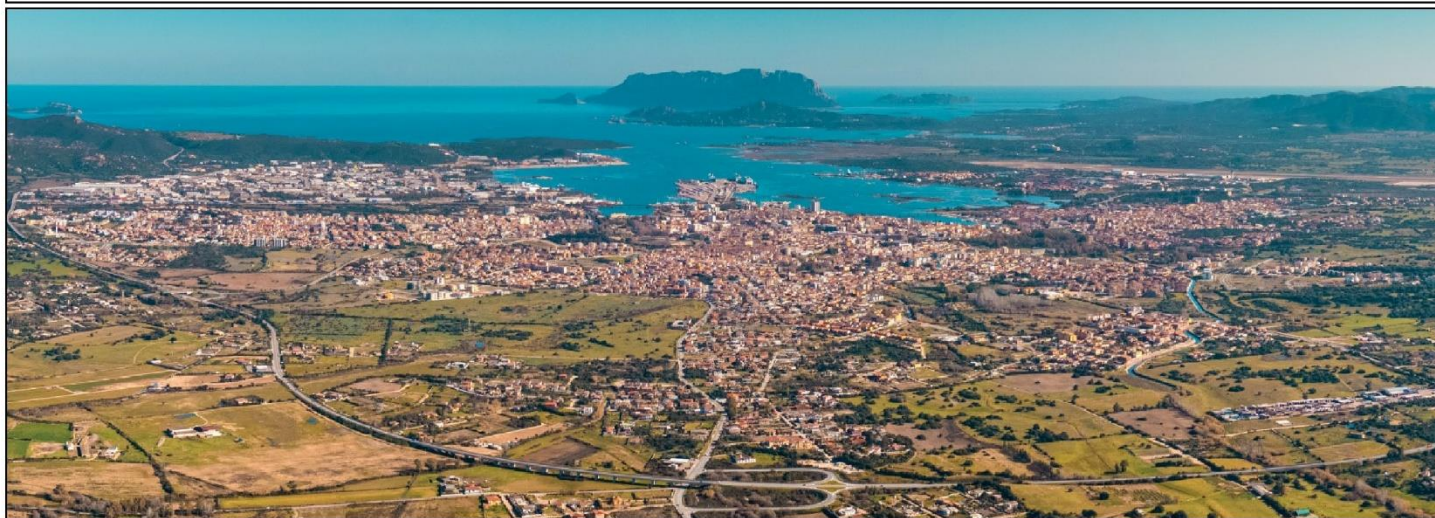




Commissario straordinario delegato per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico per la Regione Sardegna - Accordo di programma 23 dicembre 2010



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA

OLBIA E LE SUE ACQUE

Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi

MACROAREA 3 - AMBITO URBANO

PROGETTAZIONE RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

(Capogruppo mandataria)

(Mandanti)



IL SINDACO:
Settimo Nizzi

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

TITOLO

Elaborati generali e specialistici
Idrologia e idraulica
Relazione idraulica

IL DIRIGENTE:
Ing. Diego Ciceri

CODICE ELABORATO

A.2.1

SCALA

-

DATA

OTTOBRE 2023

NOME FILE

A.2.1_Relazione idrologica.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONI

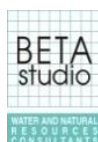
BETA Studio s.r.l.
Ing. PAOLO MARTINI
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Padova
N.3724

0	10.2023	Emissione	Ing. E. Gennaro	Ing. P. Martini	Ing. S. Venturini
REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

INDICE DELLE FIGURE	III
INDICE DELLE TABELLE	VI
1 INTRODUZIONE	1
2 SINTESI DELLA SOLUZIONE DI PROGETTO	2
3 INQUADRAMENTO GENERALE	6
3.1 I bacini idrografici del Comune di Olbia	6
3.2 Bacini del Centro Urbano	7
3.3 Bacino del Padrongianus	13
3.3.1 Determinazione delle portate nel riu Padrongianus: metodologia applicata nel PSFF	19
3.3.2 Determinazione delle portate nel riu Padrongianus: metodologia applicata nel PAI 2022-202321	
3.4 Bacino del Cabu Abbas	24
4 ANALISI IDROLOGICA	27
4.1 Metodologia adottata nella redazione della Variante Generale al PAI di Olbia 2022-2023 (già adottata dal Consiglio Comunale)	27
4.1.1 Analisi dei dati pluviometrici	27
4.1.2 Individuazione dei bacini idrografici e delle caratteristiche morfometriche	30
4.1.3 Determinazione della pioggia di progetto per ogni bacino	31
4.1.4 Determinazione della pioggia efficace: il metodo SCS	32
4.1.5 Applicazione del modello afflussi-deflussi	33
4.2 Definizione dell'evento di progetto	39
5 PORTATE DI PROGETTO	42
5.1 Bacini del Centro Urbano	42
5.1.1 Riu Paule Longa	42
5.1.2 Deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu e rio Tannaule	44
5.1.3 Riu Pasana	45
5.1.4 Riu Seligheddu	46
5.1.5 Riu Ua Niedda	49
5.1.6 Deviatore Gadduresu – Seligheddu	52
5.1.7 Riu Gadduresu	53
5.1.8 Deviatore Zozò-Gadduresu	54
5.1.9 Deviatore San Nicola – Zozò	55
5.1.10 Canale Zozò	56
5.1.11 Diversivo San Nicola-Zozò	58

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



5.1.12	Rio San Nicola	59
5.1.13	Rio Abba Fritta	61
5.2	Bacino del Rio Cabu Abbas	63
5.3	Portate idrologiche negli scolmatori	65

6 EFFETTI DELL'IMMISSIONE DELLE PORTATE SCOLMATE NELL'ASTA DEL FIUME PADRONGIANUS **67**

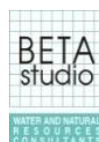
6.1	Scenario 1 (ragguaglio sull'intero bacino Padrongianus + Bacino urbano)	70
6.2	Scenario 2 (massima portata nello scolmatore 1)	71
6.3	Scenario 3 (massima portata nel riu Padrongianus)	73
6.4	Confronto dei 3 scenari con l'idrogramma del PAI 2022-2023	74

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

//



(Capogruppo mandataria)



INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 - Rappresentazione della soluzione progettuale. In arancione, i tracciati dei tre scolmatori: scolmatore 1 Seligheddu-Padrongianus con l'opera di scarico nel Padrongianus, scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas e scolmatore 3 San Nicola-Zozò. In rosso, le opere di presa degli scolmatori: ABF – Abba Fritta; SNI – San Nicola; SEL – Seligheddu; PAS – Pasana; PLO – Paole Longa. In giallo, i deviatori in città: DEV1 - Zozò-Gadduresu; DEV2 - Gadduresu-Seligheddu; DEV3 - Paole Longa/Tannaule-Seligheddu.	3
Figura 3.1 - Macro bacini idrografici afferenti al Comune di Olbia.	7
Figura 3.2 - Macrobacini dell'Area Urbana di Olbia.	8
Figura 3.3 - Modifica al modello idrologico del PAI 2022-2023 con inserimento del diversivo San Nicola-Zozò.	11
Figura 3.4 Sezioni di chiusura dei sottobacini dell'Area Urbana di Olbia.	12
Figura 3.5 - Sezioni di chiusura dei sottobacini idrografici da PAI 2015.	13
Figura 3.6 - Bacini idrografici da PAI 2022-2023 nella zona del Padrongianus. PAD04 è il bacino del Riu Santo Simone. PAD03 è il Riu Padrongianus da loc. Monti.	17
Figura 3.7 – Localizzazione dello sbocco della galleria scolmatrice (linea rossa) nel Padrongianus.	18
Figura 3.8 - Schematizzazione dei sottobacini del Padrongianus tramite modello idrologico in HEC-HMS.	21
Figura 3.9 - Bacini idrografici e corrispondenti sezioni di chiusura nella zona del rio Cabu Abbas.	25
Figura 4.1 - Suddivisione della Regione Sardegna in tre Sotto Zone Omogenee (SZO) con inquadramento del comune di Olbia. Fonte: linee guida PAI, 2000.	28
Figura 4.2 - Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna con inquadramento del Comune di Olbia. Fonte: linee guida PAI, 2000.	30
Figura 4.3 Esempio di risoluzione grafica dell'equazione della portata di scorrimento	

superficiale col metodo SCS (U. S. Department of Agriculture, Giugno 1986).	37
Figura 4.4 Valori consigliati di CN per diversi usi di suolo e gruppi litologici per le aree urbane (U. S. Department of Agriculture, Giugno 1986).	38
Figura 4.5 - Esempi di ietogrammi utilizzati nella modellazione idrologica.	39
Figura 4.6 Schema del modello idrologico sviluppato in HEC-HMS.	40
Figura 5.1 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.	44
Figura 5.2 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.	45
Figura 5.3 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.	46
Figura 5.4 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.	47
Figura 5.5 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Seligheddu.	49
Figura 5.6 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Ua Niedda.	51
Figura 5.7 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Deviatore Gadduresu-Seligheddu.	52
Figura 5.8 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – rio Gadduresu.	54
Figura 5.9 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – deviatore Zozò-Gadduresu.	55
Figura 5.10 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – deviatore San Nicola-Zozò.	56
Figura 5.11 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Zozò.	58
Figura 5.12 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Diversivo San Nicola-Zozò.	59
Figura 5.13 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio San Nicola a monte del deviatore San Nicola-Zozò.	60
Figura 5.14 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio San Nicola a valle del deviatore San Nicola-Zozò.	61
Figura 5.15 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Abba Fritta.	62
Figura 5.16 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Cabu Abbas.	64
Figura 6.1 - Idrogramma da modello idrologico del PAI 2022-2023, inviluppo di scenari critici per i diversi rami, utilizzati per la mappatura delle aree pericolose nel Padrongianus.	68

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

IV

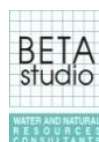
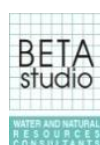


Figura 6.2 – Idrogrammi allo sbocco della galleria scolmatrice – Scenario 1.	71
Figura 6.3 – Idrogrammi allo sbocco della galleria scolmatrice – Scenario 2.	72
Figura 6.4 – Idrogrammi allo sbocco della galleria scolmatrice – Scenario 3.	74
Figura 6.5 Confronto degli idrogrammi di progetto nei vari scenari e l'idrogramma risultante da PAI 2022-2023 (rosso).	75

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)

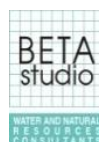


INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3.I – Caratteristiche morfometriche dei macrobacini.	9
Tabella 3.II – Durate critiche e rispettive altezze di pioggia e portate al colmo nei macrobacini. Nell’ultima colonna sono riportate le portate al colmo per la durata pari a quella critica del Seligheddu alla sezione di foce (B2).....	9
Tabella 3.III Caratteristiche morfometriche dei macrobacini del Padrongianus.	15
Tabella 3.IV – Durate critiche e rispettive altezze di pioggia e portate al colmo nei macrobacini. Nell’ultima colonna sono riportate le portate al colmo per la durata pari a quella critica del Seligheddu alla sezione di foce (B2).....	17
Tabella 3.V Caratteristiche morfometriche della sezione di chiusura da PSFF più prossima a quella dello sbocco della galleria scolmatrice di progetto.	20
Tabella 3.VI - Altezze di pioggia lorde per vari TR dei sottobacini cumulati. Tabella da PAI 2022-2023.....	22
Tabella 3.VII - Caratteristiche morfometriche dei bacini cumulati e coordinate dei punti di chiusura dei bacini.	26
Tabella 3.VIII Altezze di pioggia e portate di picco nel Cabu Abbas.	26
Tabella 4.I - Parametri a ed n per tempi di ritorno maggiori a 10 anni.	29
Tabella 4.II - Durate critiche di pioggia ad ogni sezione di chiusura dei sottobacini, relativa altezza di pioggia totale dell’evento e portata del bacino cumulato. Da PAI 2022-2023. ...	41
Tabella 5.I Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Paule Longa per TR200 e Tp100 min.....	43
Tabella 5.II Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu e rio Tannaule per TR200 e Tp100 min.	45
Tabella 5.III Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Pasana per TR200 e Tp100 min.....	46
Tabella 5.IV Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Seligheddu a valle	

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

VI



dell'opera di presa della galleria per TR200 e Tp100 min.....	47
Tabella 5.V Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Seligheddu a monte dell'opera di presa della galleria per TR200 e Tp100 min.....	48
Tabella 5.VI Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Ua Niedda per TR200 e Tp100 min.....	51
Tabella 5.VII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al deviatore Gaddurasu-Seligheddu per TR200 e Tp100 min.	52
Tabella 5.VIII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Gadduresu per TR200 e Tp100 min.....	53
Tabella 5.IX Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al deviatore Zozò-Gadduresu per TR200 e Tp100 min.....	55
Tabella 5.X Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio San Nicola-Zozò per TR200 e Tp100 min.	56
Tabella 5.XI Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al Canale Zozò per TR200 e Tp100 min.....	57
Tabella 5.XII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al diversivo San Nicola-Zozò per TR200 e Tp100 min.....	58
Tabella 5.XIII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio San Nicola per TR200 e Tp100 min.....	60
Tabella 5.XIV Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Abba Fritta per TR200 e Tp100 min.....	62
Tabella 5.XV Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Cabu Abbas per TR200 e Tp100 min.....	63
Tabella 5.XVI – Aree sottese alle opere di presa degli scolmatori.	65
Tabella 5.XVII – Portate in corrispondenza delle opere di presa e delle opere di sbocco.	66
Tabella 6.I – Bacini contribuenti al tratto di interesse.....	68

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

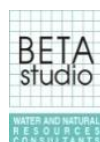


Tabella 6.II – Altezze di pioggia e coefficiente di ragguaglio per lo Scenario 1.....	70
Tabella 6.III – Portate e tempi di picco degli idrogrammi in corrispondenza dello sbocco della galleria – Scenario 1.....	71
Tabella 6.IV – Altezze di pioggia e coefficiente di ragguaglio per lo Scenario 2.	72
Tabella 6.V – Portate e tempi di picco degli idrogrammi in corrispondenza dello sbocco della galleria – Scenario 2.	73
Tabella 6.VI – Altezze di pioggia e coefficiente di ragguaglio per lo Scenario 3.	73
Tabella 6.VII – Portate e tempi di picco degli idrogrammi in corrispondenza dello sbocco della galleria – Scenario 3.....	74
Tabella 6.VIII – Confronto delle portate di picco a valle dello sbocco della galleria allo SDP nei vari scenari e allo SDF nel PAI 2022-2023.	75

1 INTRODUZIONE

Il Comune di Olbia ha incaricato il Raggruppamento Temporaneo di Progettisti, di seguito RTP, costituito dalle società Technital S.p.A., Beta Studio S.r.l., Politecnica - Ingegneria ed Architettura, Società cooperativa, e Metassociati S.r.l. per lo sviluppo del progetto di fattibilità tecnica ed economica “Olbia e le sue acque – Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi”.

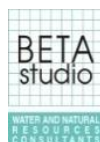
La presente relazione costituisce la **relazione idrologica** del Progetto.

Nella relazione viene riportata una breve descrizione dell'inquadramento generale dell'area di studio, in particolare dei macrobacini di interesse. In seguito viene presentata la metodologia utilizzata per il calcolo delle portate di progetto, analogamente a quanto svolto nel corso della redazione della Variante Generale a PAI di Olbia, adottata nel 2022 e revisionata nel 2023. Sono quindi riportate le portate di progetto nei bacini di intervento, alle opere di presa dei canali scolmatori di progetto, nonché l'analisi circa la compatibilità idraulica della immissione delle portate convogliate dallo scolmatore n. 1 nel fiume Padrongianus.

La presente relazione è propedeutica ai seguenti elaborati:

- A.2.2 Relazione idraulica;
- A.2.3 Modellazione idraulica 1D;
- A.2.4 Studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 del NTA PAI Sardegna;
- Il pacchetto di elaborati indicati con il codice 4.2 “Sistemazioni in ambito extra-urbano”- “Sistemazioni fluviali” che contiene planimetria, profilo e sezioni di ogni corso d'acqua in ambito extra-urbano;
- Il pacchetto di elaborati indicati con il codice 5.2 “Sistemazioni in ambito urbano”- “Sistemazioni fluviali e deviatori” che contiene planimetria, profilo e sezioni di ogni corso d'acqua in ambito urbano.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



2 SINTESI DELLA SOLUZIONE DI PROGETTO

Al fine di poter meglio comprendere la descrizione dei risultati del modello idrologico applicato alla soluzione di progetto, si descrivono di seguito i caratteri essenziali della soluzione progettuale.

La soluzione si compone dei seguenti elementi:

1. Scolmatori in ambito extraurbano:

- a. **Scolmatore 1 “Seligheddu – Padrongianus”**: parte dall’opera di presa sul rio Seligheddu (ad ovest di Olbia), prosegue verso sud, intercettando le acque dei rii Pasana e Paole Longa e scarica nel fiume Padrongianus; le portate di piena dei rii intercettati;
- b. **Scolmatore 2 “Abba Fritta - Cabu Abbas”**: parte dall’opera di presa sul rio Abba Fritta, prosegue verso est, sottopassando la zona Sa Minda Noa, e scarica nel rio Cabu Abbas a monte della zona industriale di Olbia le portate di piena del rio Abba Fritta;
- c. **Scolmatore 3 “san Nicola – Zozò”**: parte dall’opera di presa sul rio San Nicola e scarica nel tratto di monte del rio Zozò le portate di piena del Riu san Nicola;

2. Deviatori in ambito urbano:

- a. **Deviatore 1 Zozò**: parte dal rio Zozò e devia le portate di piena verso sud, nel rio Gadduresu;
- b. **Deviatore 2 Gadduresu**: parte dal rio Gadduresu e devia le acque nel rio Seligheddu;
- c. **Deviatore 3 Paole Longa - Tannaule**: parte dal rio Paole Longa e devia le acque nel rio Seligheddu, raccogliendo sul suo percorso anche le acque del rio Tannaule.

3. **Opere di adeguamento dei rii e dei canali**: si prevedono risezionamenti dei canali esistenti sia in ambito urbano (Pasana, Seligheddu, san Nicola, Zozò), con particolare riguardo ai tratti di foce dove è previsto il dragaggio del fondo dei rii San

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Nicola, Zozò e Seligheddu sino alla quota di -2,00 m s.m.m., sia in ambito extraurbano, a monte delle opere di presa, laddove la sezione idraulica esistente non è adeguata a contenere la piena TR200. I tratti, in ambito extraurbano, localizzati a monte delle opere di presa che alimentano gli scolmatori, sui quali si interviene sono collocati lungo il riu Ua Niedda, affluente del rio Seligheddu.



Figura 2.1 - Rappresentazione della soluzione progettuale. In arancione, i tracciati dei tre scolmatori: scolmatore 1 Seligheddu-Padrongianus con l'opera di scarico nel Padrongianus, scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas e scolmatore 3 San Nicola-Zozò. In rosso, le opere di presa degli scolmatori: ABF – Abba Fritta; SNI – San Nicola; SEL – Seligheddu; PAS – Pasana; PLO – Paole Longa. In giallo, i deviatori in città: DEV1 - Zozò-Gadduresu; DEV2 - Gadduresu-Seligheddu; DEV3 - Paole Longa/Tannaule-Seligheddu.

Le opere individuano 3 direttrici principali:

- 1) La direttrice Seligheddu-Padrongianus, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 1 e

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

- le opere di presa sui rii Seligheddu, Pasana e Paole Longa, che permette di convogliare le portate di piena nell'alveo del riu Padrongianus, esterno alla città, con successivo scarico a mare;
- 2) La direttrice Abba Fritta-Cabu Abbas, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 2 e con scarico nel rio Cabu Abbas in zona industriale, esterno al centro abitato, e successivo scarico a mare;
 - 3) La direttrice San Nicola-Zozò-Gadduresu-Seligheddu, lunga la quale si sviluppano lo scolmatore 3 e gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto di monte del rio Zozò, il deviatore Zozò-Gadduresu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del Gadduresu, il deviatore Gadduresu-Seligheddu gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto finale del rio Seligheddu. Questa direttrice si sviluppa in parte in ambito urbano.

Una quarta direttrice, minore, è formata dal deviatore Paole Longa/Tannaule-Seligheddu che ha la finalità di risolvere le criticità idrauliche della zona Bandinu e si sviluppa in una zona non urbanizzata.

Gli scolmatori in progetto sono caratterizzati da tratti a cielo aperto, tratti in galleria artificiale (scavati con tecnica cut&cover) e tratti in galleria naturale (dove i ricoprimenti estesi, maggiori di 10 m, ne permettono la realizzazione), a seconda della localizzazione dello scolmatore rispetto alla quota del piano campagna.

Lo scolmatore 1 “Seligheddu-Padrongianus” ha sezione rettangolare di larghezza 9 m ed altezza 7 m. Il tracciato si sviluppa in galleria, e prevalentemente in galleria naturale. Sono previsti alcuni tratti in galleria “artificiale” con tecnologia cut&cover, laddove i ricoprimenti non permettono la realizzazione della galleria naturale. I tratti di canale a cielo aperto sono invece previsti in prossimità delle opere di presa intermedie (Pasana e Paole Longa) e allo sbocco nel riu Padrongianus.

Lo scolmatore 2, che convoglia le portate di piena rio Abba Fritta nel rio Cabu Abbas, è caratterizzato, per i primi 330 m, da un canale di larghezza 6 m e altezza 4 m, a cielo aperto, collocato all'interno di una zona di valorizzazione ambientale ove è stata prevista anche la

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

realizzazione di un laghetto e zona umida. Il canale a cielo aperto è seguito, per un tratto di 270 m, da una galleria artificiale realizzata con tecnologia cut&cover, e poi da una galleria naturale di 1.000 m che sottopassa la zona collinare di Sa Minda Noa. Anche la galleria presenta sezione rettangolare 6 x 4 m, scavata nel granito integro, senza rivestimenti, in parete di granito vivo.

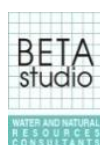
All'uscita della galleria naturale, dopo un breve tratto in cut&cover sempre a sezione rettangolare 6 x 4 m, è previsto un tratto di canale a cielo aperto ottenuto dall'allargamento ed approfondimento del canale esistente localizzato alla base del rilevato della tangenziale. Uno scatolare 6 x 4 m, per sottopassare via Birmania, conclude l'opera prima dello scarico nel Cabu Abbas.

Lo scolmatore 3, San Nicola-Zozò, è costituito da un canale a cielo aperto di lunghezza 350 m e sezione trapezoidale con base minore di 5 m. Tale scolmatore consente di operare un salto di bacino convogliando le portate di piena del riu sa Nicola nel vicino canale Zozò.

L'intercettazione delle portate di piena con immissione negli scolmatori avviene presso alcune opere di presa.

Le opere sono costituite da un tratto di corso d'acqua reso più largo e profondo rispetto alla sezione corrente del rio, nel quale viene realizzata una “vasca di calma” in linea, che ha un duplice scopo: costituire una zona ove la corrente rallenta ottenendo il tirante per attivare lo stramazzo di presa, mediante sfioro laterale delle portate nello scolmatore e fungere da trappola per i sedimenti ovvero per intercettare una parte del trasporto solido, preservando da possibili danneggiamenti le pareti degli scolmatori ed il golfo di Olbia da interrimenti. A valle della soglia di presa è prevista una “vasca di dissipazione” che permette di dissipare il carico cinetico, contenendo al piede dello stramazzo la formazione del risalto.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



3 INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 I bacini idrografici del Comune di Olbia

I bacini urbani del Seligheddu, Riu San Nicola, canale Zozò nascono nelle zone collinari a tergo della città ma si sviluppano in buona parte all'interno del contesto urbano. Vi sono infine una serie di bacini di dimensioni più modeste che si estendono lungo la fascia litoranea; questi sono caratterizzati da estensioni areali nell'ordine di 0 - 5 km² e sono composti da una rete di corsi d'acqua generalmente poco incisi.

I bacini del Padrongianus, dell'area di San Pantaleo afferente al reticolo idrografico del Riu San Giovanni, e il Berchideddu afferente al reticolo idrografico del Riu Pannuzzu sono quelli di maggiore estensione e si sviluppano in larga parte nelle zone dell'entroterra in aree prevalentemente agricole o a copertura vegetale: tali bacini sono solo parzialmente interessati dal progetto; in particolare lo è il riu Padrongianus quale ricettore delle portate convogliate dal canale scolmatore 1.

I bacini idrografici ricadenti all'interno del Comune di Olbia ed oggetto della presente analisi idrologica sono di seguito elencati:

- Bacini afferenti all'Area Urbana di Olbia;
- Bacino del Cabu Abbas;
- Bacino del fiume Padrongianus.

In Figura 3.1 è rappresentata la mappa con i macrobacini idrografici del Comune di Olbia.

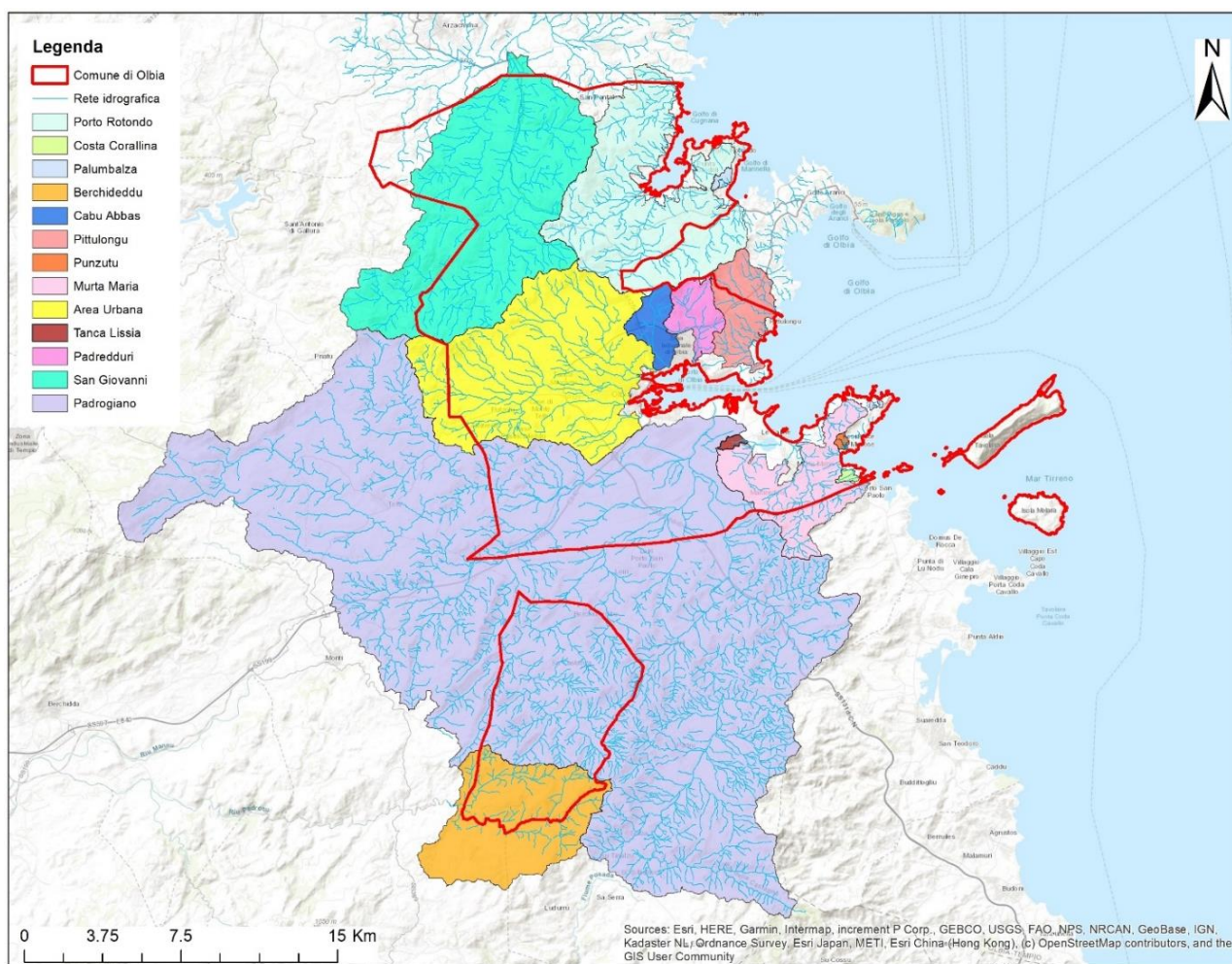


Figura 3.1 - Macro bacini idrografici afferenti al Comune di Olbia.

L'area del centro di Olbia rappresenta di cuore del progetto, il Cabu Abbas ed il Padrongianus rientrano nello studio in quanto recapiti finali della portata scolmata dai rii che confluiscono in città.

3.2 Bacini del Centro Urbano

Secondo la classificazione dei bacini, adottata sia nel PAI 2015 che nella Variante Generale al PAI 2022-2023 (in fase di approvazione presso l'Autorità di Bacino della Sardegna, Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna, ARDIS), l'area urbana di Olbia è suddivisibile in 6 macrobacini (Figura 3.2):

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

In Tabella 3.I sono presentate le principali caratteristiche morfometriche dei macrobacini mentre in Tabella 3.II sono presentate le altezze di pioggia e le portate al colmo per TR200 nei macrobacini.

Tabella 3.I – Caratteristiche morfometriche dei macrobacini.

ID	Coord X EPSG: 3003	Coord Y EPSG: 3003	Area [km ²]	Quota media [m s.l.m.]	Quota chiusura [m s.l.m.]	Lunghez- za asta [km]	Pendenz a media asta [-]	Pendenz a media bacino [%]	CN (III)	tc (SCS- CN) [h]
B1	1542159.19	4528934.34	4.42	33.07	3.87	3.80	0.010	9.39	91	0.86
B2	1541530.93	4529602.88	38.31	139.79	1.00	12.05	0.046	21.02	91	1.57
B3	1541532.84	4529605.8	6.81	46.28	0.24	7.90	0.027	10.11	91	1.50
B4	1542304.37	4530849.54	2.22	9.03	0.25	1.28	0.001	6.52	96	0.09
B5	1540715.24	4531566.00	20.00	94.81	0.30	9.22	0.041	16.25	92	1.27
B6	1542159.19	4528934.34	0.50	6.39	-0.02	1.69	0.004	7.76	93	0.25

Tabella 3.II – Durate critiche e rispettive altezze di pioggia e portate al colmo nei macrobacini. Nell'ultima colonna sono riportate le portate al colmo per la durata pari a quella critica del Seligheddu alla sezione di foce (B2).

Bacino	Area [km ²]	dcr* [min]	Coeff. Ragguaglio [-]	hcr ragg sul bacino [mm]	Q picco (tp=dr) [m ³ /s]	Q (dcr=dcr Seligheddu) [m ³ /s]
B1	4.42	150	0.95	91.3	37.1	30.5
B2	38.31	100	0.88	72.8	342.9	342.9
B3	6.81	130	0.94	85.6	55.9	52.6
B4	2.22	40	0.94	55.3	70.5**	81.9**
B5	20.00	120	0.91	80.6	118.3**	116.9**
B6	0.50	30	0.96	50.9	8.2	5.8

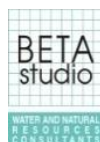
* Durata critica calcolata nel PAI 2022-2023 senza diversivo San Nicola-Zozò.

** A differenza del PAI 2022-23 e PAI 2015, si tiene in considerazione l'entrata in funzione del diversivo San Nicola-Zozò con portata 62 m³/s.

Il coefficiente di ragguaglio medio è pari a 0,90.

Si noti come la somma dei valori di picco delle portate dei singoli bacini (generate da eventi critici differenti, bacino per bacino) porti ad un valore di 633 m³/s mentre la stessa somma dei valori di picco delle portate associate all'evento meteorico critico del bacino del Rio Seligheddu sia leggermente inferiore e pari a 631 m³/s. Ciò in ragione del fatto che i bacini

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



più piccoli hanno tempo critico inferiore a quello del bacino del Seligheddu, come indicato nella tabella.

Si evidenzia il fatto che nell'analisi idrologica del PAI, sia quella della Variante Generale 2022-2023 che in quello in vigore, risalente al 2015, non si teneva in considerazione la funzione del diversivo San Nicola-Zozò (B4-B5) collocato vicino alla briglia di Via Figoni, essenzialmente per la non conoscenza del suo funzionamento idraulico, cioè per la non conoscenza della ripartizione delle portate del rio San Nicola nei due rami (diversivo e ramo San Nicola di foce).

Nel presente progetto, avendo effettuato rilievi di dettaglio, sia dei due rii sia del diversivo, è stato possibile sviluppare un modello idraulico di dettaglio per comprendere la **ripartizione delle portate San Nicola-Zozò** e quindi l'entità effettiva della portata deviata, che risulta pari a 62 m³/s per un evento TR200 e Tp100 minuti.

È stato quindi aggiornato il modello idrologico descrittivo dello stato di fatto già riportato nella Variante Generale PAI 2022-2023, inserendo il diversivo San Nicola-Zozò, come si può vedere da Figura 3.3.

Per inciso, la portata verso il San Nicola di foce risulta per quell'evento pari a 116,9 m³/s. Maggiori dettagli in merito a questo approfondimento sono presentati in relazione A.2.4 *Compatibilità idraulica §2.2*.

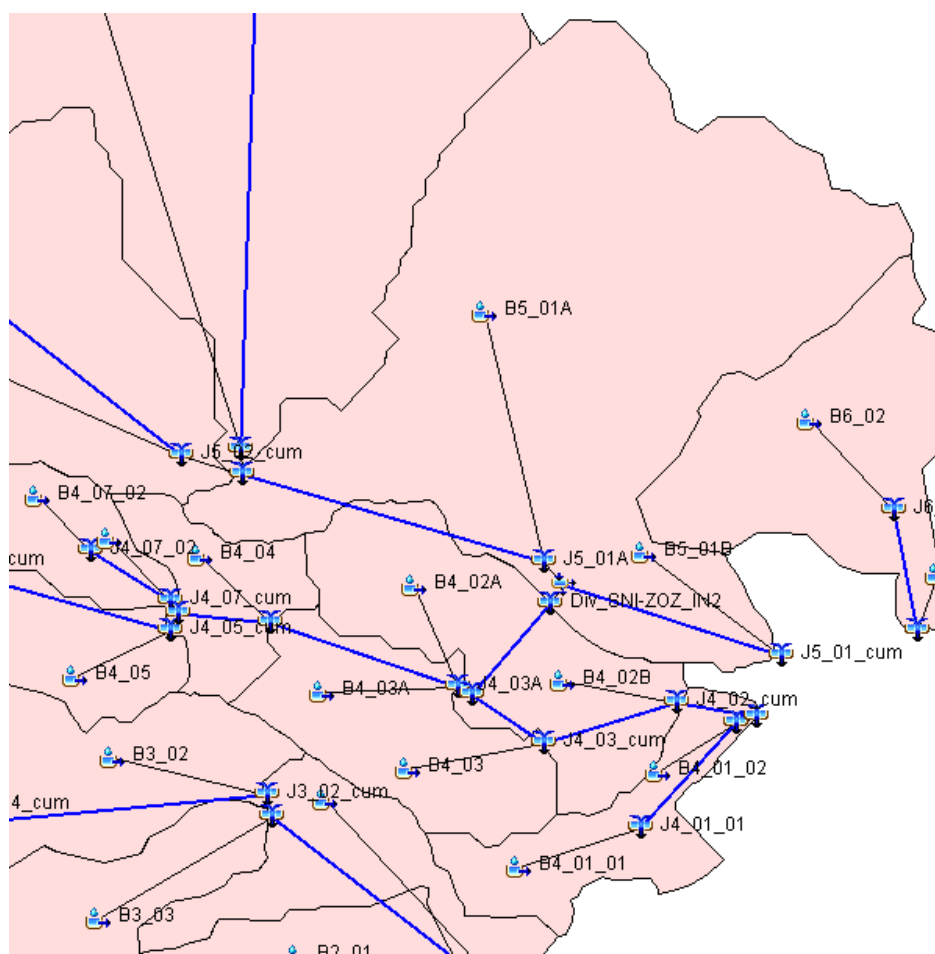


Figura 3.3 - Modifica al modello idrologico del PAI 2022-2023 con inserimento del diversivo San Nicola-Zozò.

Data la evidente integrazione in un unico sistema idraulico dei vari corsi d'acqua confluenti in città, tra loro collegati da una serie di canali scolmatori e deviatori, nel presente progetto si è assunto di considerare le portate di picco dimensionati dei singoli rami derivanti dall'analisi di idrologica che assuma come evento critico di riferimento quello associato al bacino del Rio Seligheddu.

I macrobacini possono essere suddivisi in ulteriori sottobacini. Nel PAI 2022-2023 in fase di approvazione tale divisione consiste in un totale di 56 sottobacini (B1: 6, B2: 23, B3: 8, B4: 7, B5: 11, B6: 1), come si può vedere da Figura 3.4, mentre nel PAI 2015 la divisione era inferiore con soli 39 sottobacini (vedi Figura 3.5).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

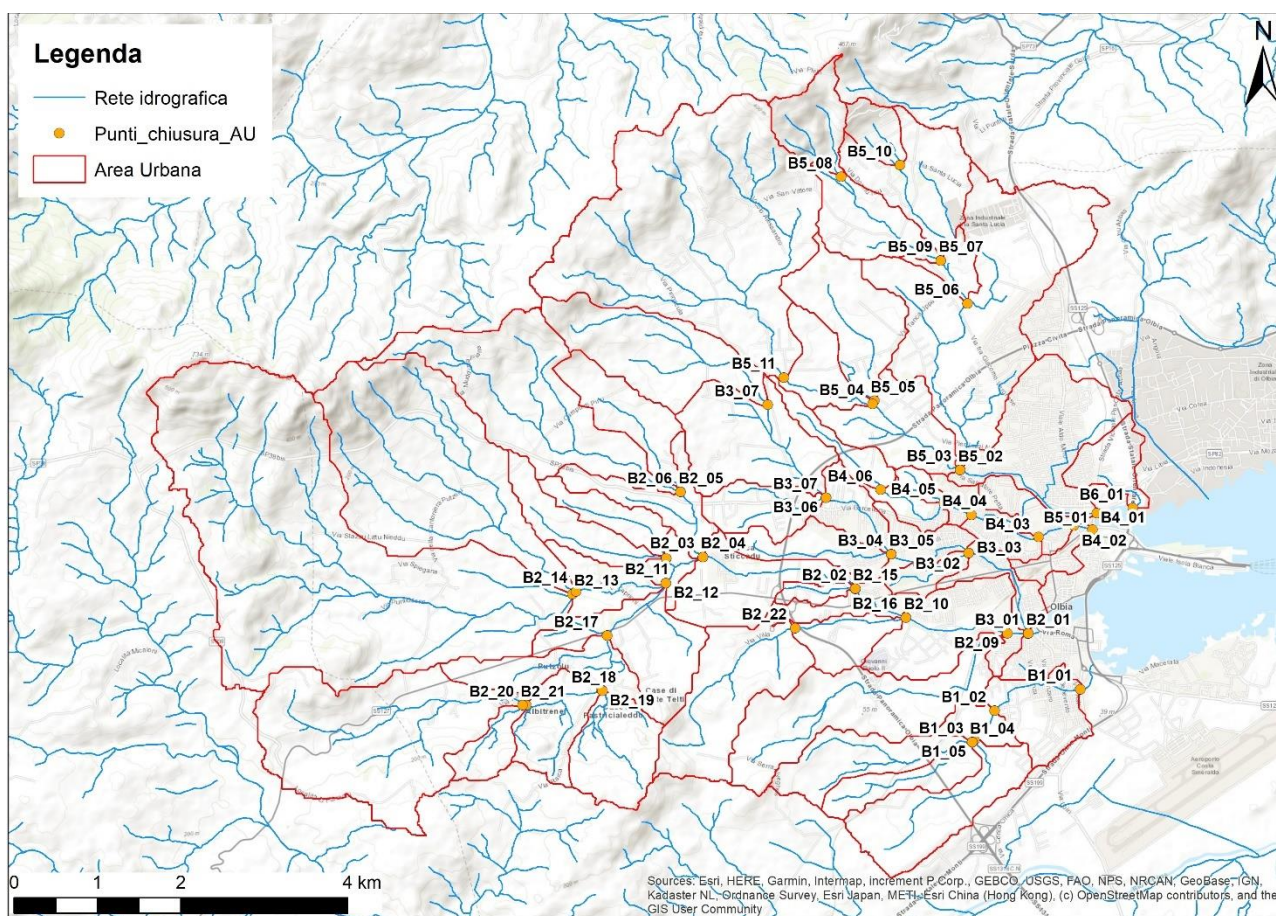


Figura 3.4 Sezioni di chiusura dei sottobacini dell'Area Urbana di Olbia.

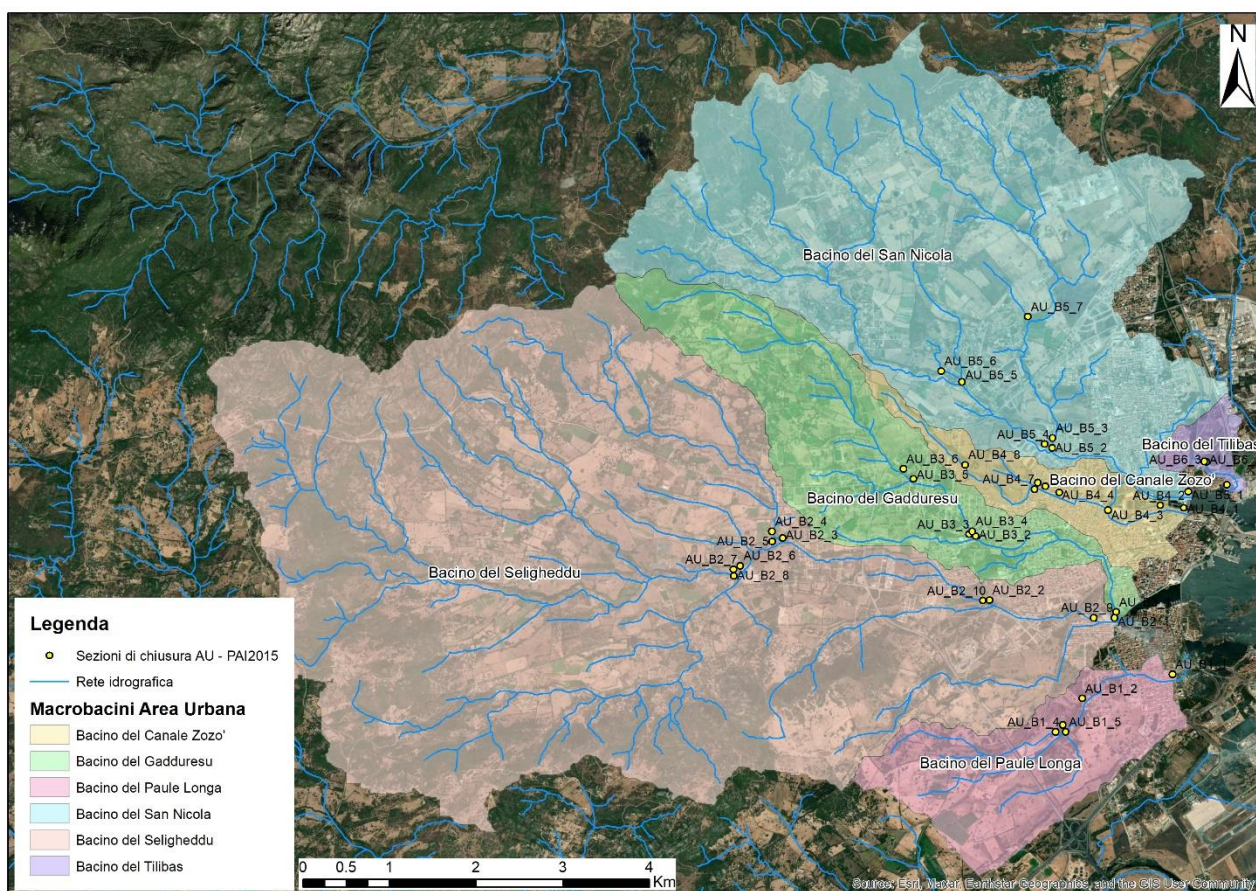


Figura 3.5 - Sezioni di chiusura dei sottobacini idrografici da PAI 2015.

Le portate ottenute nell’aggiornamento del PAI (adottato nel 2022-2023), in fase di approvazione, sono confrontabili e comunque sempre, o uguali o superiori a quelle riportate nel PAI 2015, vigente.

3.3 Bacino del Padrongianus

Nella variante generale 2022-2023 al PAI di Olbia, il territorio comunale è stato suddiviso in macroaree. Una di queste interessa il bacino del riu Padrongianus. La Macroarea del Padrongianus coincide essenzialmente con la porzione meridionale del territorio comunale di Olbia ad eccezione dell’area più a sud dell’isola amministrativa di Berchideddu e confinante con il Comune di Loiri che ricade nel bacino idrografico del Fiume Coghinass

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Mannu.

Questa macroarea ricade interamente nel bacino idrografico del Fiume Padrongianus-Riu Enas il corso d'acqua principale della medesima Unità idrografica Omogena. Esso ha un'estensione di circa 450 km² ed è delimitato a Ovest dalle propaggini orientali del Massiccio del Limbara, a Sud dalle propaggini settentrionali dei monti di Alà, a Nord e ad Est dal mare. Il Rio Padrongianus, a regime torrentizio, ha origine nella parte orientale del Massiccio del Limbara dalla confluenza del Rio di Enas e del Rio San Simone e sfocia nel golfo di Olbia dopo un percorso di 35 km circa. L'altimetria del bacino varia con quote che vanno da 0 m s.m.m. in corrispondenza della foce del Fiume Padrongianus ai 1.114 m s.m.m. in corrispondenza del versante orientale dei Monti del Limbara (Regione autonoma della Sardegna - Assessorato della difesa dell'ambiente).

Il sistema idrografico del Padrongianus oggetto del presente studio (ovvero quelle parti ricadenti all'interno del territorio comunale) si può suddividere a sua volta in due ambiti territoriali:

1. il tratto vallivo o di foce del Padrongianus che comprende

- gli affluenti in destra idrografica che comprendono il Riu Piricone-Riu La Castagna, il Riu Nannuri che affluisce nel primo in località Fraghì, il Riu Vena Fiorita, con l'immissario destro Riu Vena de Cani, alveo minore immissario presso la stazione ferroviaria Enas;
- gli affluenti in sinistra idrografica: canale di bonifica di Colcò che si immette nel Padrongianus in corrispondenza dell'aeroporto, il Riu Amenda che affluisce in località Burrai, alveo che si immette presso Ponte Sa Rena, Rio Santo Simone affluente dell'Enas in loc. Ponte Sa Rena e un suo affluente in sinistra, Riu Caprione immissario poco a valle della stazione ferroviaria Enas.

2. i corsi d'acqua idrografia dell'isola amministrativa costituita da tratti pedemontani rispettivamente – del Riu Nannuri-Vena Fiorita: riu Patente Nieddu e riu di Tumianu, e altri affluenti del Riu Enas: sistema idrografico del Riu Palasole con l'affluente principale Riu Micheli Altana. Il sistema del Palasole (denominato a monte riu Sos

Campittos, riu Sciasseddu, riu Monte Aspro), con gli affluenti in destra, oltre al riu Micheli Altana, Riu di Castanza, Riu di San Tommeo e Riu Codalonga e rii minori. A sinistra il Rio San Paolo, Riu Sa Rughe, Canale dell'Inferno e altri rii minori (Comune di Olbia, 2015).

Il sistema idrografico del Padrongianus è molto articolato e vario: le zone montuose\collinari più interne che si trovano nell'isola amministrativa di Berchideddu sono caratterizzate da canyon e valli incise con pendenze localmente significative nell'ordine del 10% nei tratti più ripidi. Da un punto di vista morfologico i corsi d'acqua che si sviluppano in queste zone presentano un letto composto da ciottoli, massi e ghiaia di diverse pezzature derivanti dalla disgregazione delle rocce e dei graniti affioranti.

Il tratto vallivo del sistema idrografico del Padrongianus è caratterizzato, diversamente, da corsi d'acqua con minori pendenze e ampiezze delle sezioni di deflusso maggiori che, a loro volta, determinano un regime idrodinamico meno accentuato rispetto ai tratti di monte.

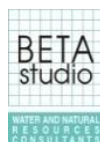
In Tabella 3.III sono riportate le caratteristiche morfometriche dei macrobacini del Padrongianus e coordinate dei loro punti di chiusura.

Tabella 3.III Caratteristiche morfometriche dei macrobacini del Padrongianus.

ID	Coord X EPSG: 3003	Coord Y EPSG: 3003	Area [km ²]	Quota media [m s.l.m.]	Quota chiusura [m s.l.m.]	Lunghezz a asta [km]	Pendenza media asta [-]	Pendenza media bacino [%]	CN (III)	tc (SCS-CN) [h]
PAD01	1545712.93	4528987.42	439.10	271.82	-0.36	49.10	0.013	25.81	93	3.74
PAD03	1538940.72	4525516.78	115.73	292.63	21.61	36.00	0.019	28.20	93	2.74
PAD04	1538940.02	4525520.52	115.74	363.99	21.84	37.80	0.003	20.85	95	3.05
PAD05	1536301.17	4521301.38	9.04	266.92	67.25	12.10	0.049	25.84	92	1.25
PAD06	1535192.87	4518551.07	43.85	388.44	130.79	21.34	0.057	33.74	92	1.77
PAD07	1538757.70	4518562.09	2.22	347.58	259.82	3.89	0.072	18.91	94	0.55
PAD08	1539727.46	4514591.95	3.47	409.24	279.88	3.44	0.143	32.36	93	0.40
PAD09	1544773.88	4526403.48	44.93	100.01	4.70	24.91	0.008	16.44	91	3.04
PAD10	1540690.54	4519565.82	6.22	249.49	85.25	11.39	0.044	30.49	93	1.09
PAD11	1545622.08	4525762.22	142.55	269.84	4.42	40.76	0.010	33.2	92	2.97

La tabella successiva riporta invece i valori di picco dei vari sottobacini del bacino generale del Rio Padrongianus: si noti come ogni singolo sottobacino presenti un tempo critico

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



differenti. Si noti anche come il valore di picco associato a ciascun sottobacino derivante dall'evento meteorico di riferimento, pari alla durata del tempo critico del bacino del Rio Seligheddu, risulti prossimo, ma leggermente inferiore in alcuni sottobacini, a quello derivante dalla considerazione del tempo critico di ciascun sottobacino.

È noto ed evidente come la considerazione del tempo critico per ogni ramo e per ogni sottobacino abbia un significato idrologico e progettuale unicamente se assunta per dimensionare opere idrauliche relative a quel singolo ramo. Se invece ciò che interessa è il valore di portata in una sezione di valle, quale esito idrologico della somma dei contributi dei singoli sottobacini, è corretto assumere un unico tempo critico per l'intero bacino e non diversi tempi critici, che massimizzano la portata in ogni sottobacino.

Tabella 3.IV – Durate critiche e rispettive altezze di pioggia e portate al colmo nei macrobacini. Nell'ultima colonna sono riportate le portate al colmo per la durata pari a quella critica del Seligheddu alla sezione di foce (B2)

Bacino	Area [km²]	dcr [min]	Coeff. ragguaglio [-]	hcr ragg sul bacino [mm]	Q picco (tp=dr) [m³/s]	Q (dcr=dcr Seligheddu) [m³]
PAD01	439.10	150	0.77	77.5	2998.3	2753.6
PAD03	115.73	90	0.82	68	1085.8	1074.8
PAD04	115.74	130	0.84	80.8	926.5	913.1
PAD05	9.04	60	0.91	64.7	125	108.4
PAD06	43.85	60	0.85	60.2	518.6	473.6
PAD07	2.22	60	0.95	67.1	34.1	28.5
PAD08	3.47	50	0.93	59.2	54.8	44.4
PAD09	44.93	90	0.87	72.2	385.5	385.1
PAD10	6.22	50	0.92	58.2	101.4	78.6
PAD11	142.55	160	0.85	87.8	1033.4	885.4

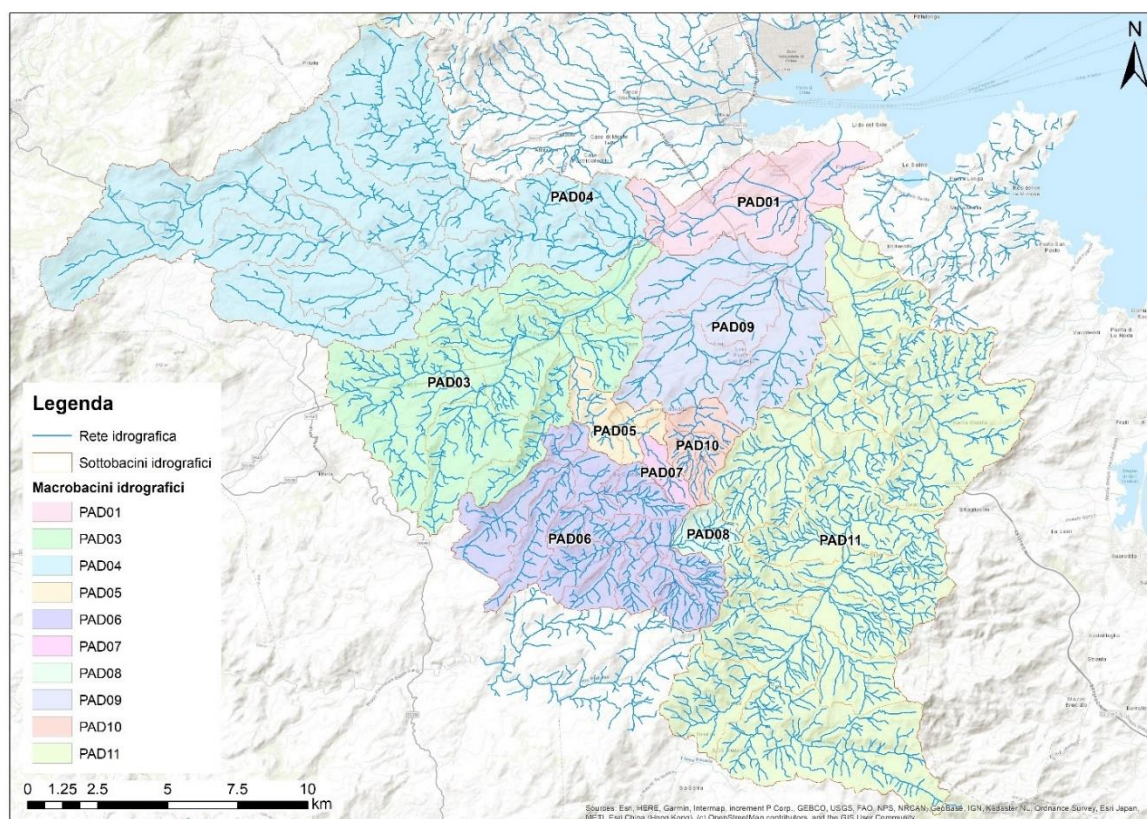


Figura 3.6 - Bacini idrografici da PAI 2022-2023 nella zona del Padrongianus. PAD04 è il bacino del Riu Santo Simone. PAD03 è il Riu Padrongianus da loc. Monti.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Nel presente progetto, il canale scolmatore 1 scarica in Padrongianus nel macrobacino B1 e nel sottobacino PAD01_03 (vedi Figura 3.7).

Ciò che interessa ai fini della determinazione degli effetti idraulici dello scarico delle portate convogliate dallo scolmatore 1 nel Rio Padrongianus è perciò il valore della portata del Rio Padrongianus nella sezione immediatamente a valle del punto di scarico, che è evidentemente la somma idrologica delle portate di Padrongianus e canale scolmatore 1 (derivante dall'assunzione di un unico tempo critico associato all'evento meteorico di riferimento che è pari a quello che massimizza la portata del Rio Seligheddu e quindi la portata convogliata dal canale scolmatore 1).

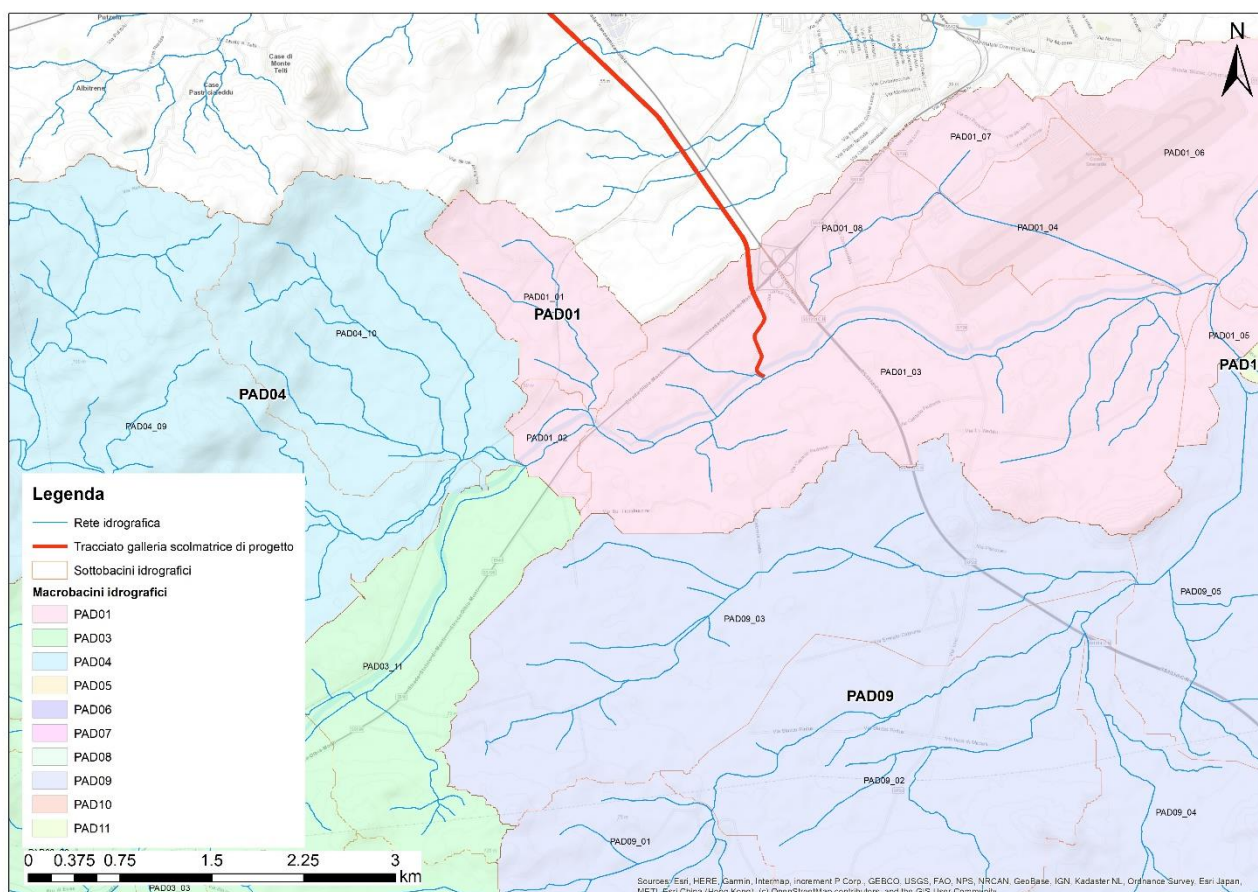


Figura 3.7 – Localizzazione dello sbocco della galleria scolmatrice (linea rossa) nel Padrongianus.

3.3.1 Determinazione delle portate nel riu Padrongianus: metodologia applicata nel PSFF

Nel Piano Stralcio Fasce Fluviali, redatto nel 2013, le portate nelle diverse sezioni di chiusura sono calcolate:

- per i bacini con superficie superiore ai 60 km²: con metodo diretto della regionalizzazione VAPI delle portate al colmo per la Sardegna secondo la distribuzione TCEV;
- per i bacini con superficie inferiore ai 60 km²: tramite metodo razionale.
- Nel caso in cui nella schematizzazione di uno stesso bacino siano presenti sottobacini sia di superficie di poco superiore o inferiore a 60 km², per questi ultimi si procede ponendo a confronto criticamente i risultati di entrambi i metodi citati, scegliendo i risultati più verosimili.

Il tempo di corrivazione (t_c) è ottenuto con la formula del Soil Conservation Service e la pioggia ottenuta calcolata per la durata critica Θ di ogni bacino viene ragguagliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report (medesimo metodo usato nel PAI 2022-2023). La pioggia netta è a sua volta calcolata col metodo SCS-Curve Number.

La durata critica della precipitazione è stata assunta pari alla somma del tempo di corrivazione t_c (secondo metodo SCS) e del tempo di formazione del deflusso (che incide soprattutto nei piccoli bacini e assunto mai superiore al 50% di t_c).

La sezione di chiusura di PSFF più prossima allo sbocco del canale scolmatore 1 è il bacino F ($S=233$ km², al ponte della SS 279, circa 1.700 m a monte del Depuratore).

Le caratteristiche morfometriche del Padrongianus nella sezione F secondo il PSFF sono indicate nella tabella seguente:

Tabella 3.V Caratteristiche morfometriche della sezione di chiusura da PSFF più prossima a quella dello sbocco della galleria scolmatrice di progetto.

ID	F
Area	233.2
Hmin [m s.l.m.]	21
Hmax [m s.l.m.]	1221
Hmedia [m s.l.m.]	328
L [km]	21.5
i asta [m/m]	0.04

In corrispondenza di tale sezione di chiusura, il PSFF individua per TR200, una portata massima pari a 1.620 m³/s e di circa 2.400 m³/s alla foce.

Tali valori sono in entrambi i casi inferiori a quello assunto a riferimento nel presente progetto, alla sezione di foce, e pari a 2.753,36 m³/s.

Per quanto riguarda le durate critiche del PSFF, il calcolo non va oltre la sezione di chiusura del bacino D (102.2 km²) dove viene riportato tc=2,7 ore (160 min).

Per la sezione F (233 km²) di interesse nel presente progetto, assumendo lo stesso CN (AMC III, pari a 88) e la stessa pendenza dei bacini versante del bacino D, si ricava che per il PSFF tc è pari a circa 3,3 ore (200 min).

Tale valore di tc è più basso di quello che si ottiene, nella stessa sezione, con la formulazione proposta dagli autori del VAPI (Cao, Piga, Salis, Sechi, Valutazione delle Piene in Sardegna, 1991) che conduce, coi parametri morfometrici PSFF, invece a circa 10 ore. Sempre pari a circa 10 ore è il tc alla foce, dove la portata centenaria, a seconda delle diverse formulazioni, varia tra 2'400 e 2'500 m³/s.

Tali valori sono in entrambi i casi inferiori a quello assunto a riferimento nel presente progetto, alla sezione di foce, e pari a 2.753,36 m³/s.

Ben si comprende come nel presente progetto, come nella variante generale PAI adottata 2022-2023, si sia assunto un **approccio estremamente cautelativo**.

3.3.2 Determinazione delle portate nel riu Padrongianus: metodologia applicata nel PAI 2022-2023

Nella variante Generale PAI 2022 – 2023 adottata, per il calcolo delle portate al colmo, si è fatto riferimento al metodo descritto al paragrafo 27, ovvero mediante l'utilizzo di un modello idrologico semi-distribuito di cui si riporta la schematizzazione dei sottobacini in Figura 3.8.



Figura 3.8 - Schematizzazione dei sottobacini del Padrongianus tramite modello idrologico in HEC-HMS.

In Tabella 3.VI sono presentate le altezze di pioggia considerate nel modello idrologico.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 3.VI - Altezze di pioggia lorde per vari TR dei sottobacini cumulati. Tabella da PAI 2022-2023.

PAD01				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	160	160	150	150
r (coeff. ragguglio) [-]	0.77	0.77	0.77	0.77
h _{ragg} [mm]	62.4	71.2	77.5	88.7
PAD03				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	90	90	90	80
r (coeff. ragguglio) [-]	0.82	0.82	0.82	0.81
h [mm]	52.9	60.4	68.0	73.7
PAD04				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	120	120	130	120
r (coeff. ragguglio) [-]	0.84	0.84	0.84	0.84
h [mm]	60.6	69.2	80.8	89.2
PAD05				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	60	60	60	60
r (coeff. ragguglio) [-]	0.91	0.91	0.91	0.91
h [mm]	50.3	57.5	64.7	74.2
PAD06				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	60	60	60	60
r (coeff. ragguglio) [-]	0.85	0.85	0.85	0.85
h [mm]	46.8	53.5	60.2	69.0
PAD07				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	60	60	60	60
r (coeff. ragguglio) [-]	0.95	0.95	0.95	0.95
h [mm]	52.1	59.6	67.1	77.0

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

PAD08				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	50	50	50	60
r (coeff. ragguglio) [-]	0.93	0.93	0.93	0.94
h [mm]	46.6	52.9	59.2	76.2
PAD09				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	100	90	90	80
r (coeff. ragguglio) [-]	0.88	0.87	0.87	0.87
h [mm]	58.9	64.2	72.2	78.5
PAD10				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	60	50	50	50
r (coeff. ragguglio) [-]	0.92	0.92	0.92	0.92
h [mm]	50.9	52.0	58.2	66.4
PAD11				
	TR50	TR100	TR200	TR500
dcr [min]	180	170	160	160
r (coeff. ragguglio) [-]	0.85	0.85	0.85	0.85
h [mm]	72.2	80.3	87.8	100.5

Le durate critiche indicate in Tabella 3.VI, sono le durate di pioggia dell'evento che massimizza la portata di picco nelle sezioni di chiusura di ogni macrobacino indicato in Figura 3.6.

Nello studio idrologico del PAI 2022-2023, come spiegato approfonditamente nelle relazioni tecniche di riferimento, sono stati presi a riferimento diversi scenari per diversi macrobacini, considerandoli idrologicamente indipendenti. Tali scenari corrispondono alla condizione più prudentiale, ossia quella che massimizza la portata di picco alla chiusura degli stessi. Inoltre, considerando eventi idrologici indipendenti, il coefficiente di ragguglio delle piogge è stato applicato ai singoli macrobacini. Nello studio idraulico è stato poi considerato

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

l'inviluppo di tali scenari, in cui per esempio coesistono:

- il macrobacino A, di estensione S_A che viene sollecitato da un evento piovoso di durata t_p pari alla sua durata critica d_A e coefficiente di ragguaglio delle piogge r_A calcolato in funzione della sua estensione S_A e della sua durata critica d_A
- e il macrobacino B, di estensione S_B che viene sollecitato da un evento piovoso di durata t_p pari alla sua durata critica d_B e coefficiente di ragguaglio delle piogge r_B calcolato in funzione della sua estensione S_B e della sua durata critica d_B

In questo modo:

- a) l'idrologia di ciascuna asta principale (del macrobacino, A o B o C), tabellata, è quella critica e di dimensionamento (dato tabellare).
- b) La modellistica idraulica PAI 2022-2023 rappresenta il Tr nominale nelle aste di monte ed è prudenziale in quelle di valle (che vengono sollecitate da monte con un'idrologia non ragguagliata anche al macrobacino di valle)

I risultati del PAI 2022-2023 verranno presi a riferimento come limite critico che non deve essere superato nella soluzione progettuale, specialmente in termini di portata di picco nella sezione di riferimento dello sbocco della galleria scolmatrice.

Ciò equivale a dire che gli scenari progettuali TR200 non devono configurare, a valle dello scarico del canale scolmatore, nel riu Padrongianus, portate superiori a quelle del PAI 2022-2023 ovvero trasferimento di pericolosità idraulica.

3.4 Bacino del Cabu Abbas

Il bacino del Cabu Abbas, essendo ubicato a fianco dei macrobacini dell'Ambito Urbano e ricadendo nell'area industriale della città di Olbia, è anch'esso un'area che merita una maggiore attenzione per via della sua importanza intrinseca. Inoltre è ricettore dello Scolmatore 2 di progetto.

In Figura 3.9 sono rappresentati i bacini idrografici e le corrispondenti sezioni di chiusura definite nel bacino del rio Cabu Abbas.

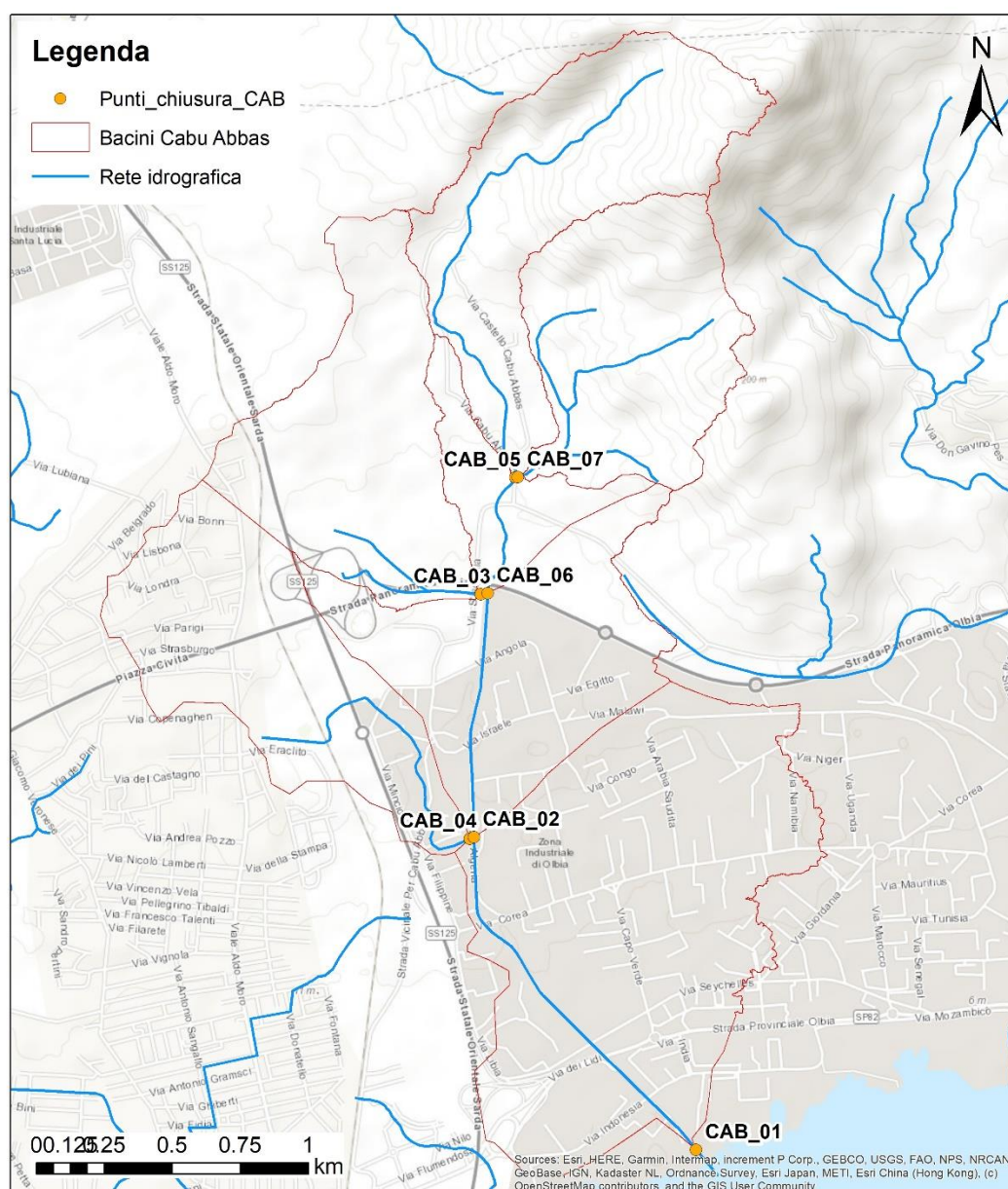


Figura 3.9 - Bacini idrografici e corrispondenti sezioni di chiusura nella zona del rio Cabu Abbas.

In Tabella 3.VII sono riportate le caratteristiche morfometriche dei sottobacini del Cabu Abbas.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 3.VII - Caratteristiche morfometriche dei bacini cumulati e coordinate dei punti di chiusura dei bacini.

ID	Coord X EPSG: 3003	Coord Y EPSG: 3003	Area [km²]	Quota media [m s.l.m.]	Quota chiusura [m s.l.m.]	Lunghez- za asta [km]	Pendenz a media asta [-]	Pendenz a media bacino [%]	CN (III)	tc (SCS- CN) [h]
CAB	1543619.40	4531308.24	5.65	64.78	3.70	1.60	0.003	17.60	96	0.6

In Tabella 3.VIII sono presentate le altezze di pioggia per TR200 per durata di pioggia pari a quella critica relativa al bacino del riu Cabu Abbas e per durata di pioggia pari alla durata critica per il Seligheddu (come da evento di progetto).

Tabella 3.VIII Altezze di pioggia e portate di picco nel Cabu Abbas.

	Area [km²]	Tp [min]	Coeff. ragguaglio [-]	h ragg sul bacino [mm]	Q picco [m³/s]
TR200 tp=dcr	5.65	110	0.94	92.2	73.1
TR200 tp=dcr Seligheddu	5.65	100	0.94	87.0	73.0

Come si vede, in questo caso, le due portate, pur se associate a durate di pioggia e quindi a durate critiche differenti, sono tra loro pressoché uguali.

4 ANALISI IDROLOGICA

Si riporta di seguito la descrizione della metodologia adottata per la definizione delle portate, in aderenza a quanto già fatto nell'ambito della redazione della variante generale al PAI di Olbia 2022 – 2023.

4.1 Metodologia adottata nella redazione della Variante Generale al PAI di Olbia 2022-2023 (già adottata dal Consiglio Comunale)

La descrizione della metodologia adottata passa innanzitutto attraverso l'analisi dei dati pluviometrici come di seguito descritto.

4.1.1 Analisi dei dati pluviometrici

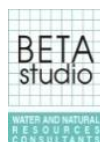
L'analisi dei dati pluviometrici per la determinazione dell'altezza di pioggia segue la metodologia descritta nelle linee Guida e nelle NTA del PAI elaborate dalla Regione Sardegna. La determinazione dell'altezza di pioggia si basa sulla Linea Segnalatrice della Possibilità Pluviometrica (LSPP), che individua l'altezza di pioggia a prefissata durata e probabilità di accadimento (tempo di ritorno), viene valutata tramite la procedura VAPI indicata nelle *Linee Guida* del PAI.

Per la determinazione delle LSPP viene fatto riferimento alle informazioni ed agli studi più recenti elaborati dalla Regione Sardegna e che costituiscono il riferimento normativo per la valutazione delle Soglie di Allerta pluviometriche (rif. *Soglie di allerta pluviometriche nella Regione Sardegna* - Direzione Generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, Ottobre 2014).

La LSPP si basa sui dati registrati sino al 1980 rilevati in 200 stazioni pluviometriche con almeno 40 anni di osservazione.

La metodologia regionale di calcolo delle LSPP si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale h' che rappresenta il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media $h'(d)$.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno, T :

$$h'(d) = ad^n$$

Dove a ed n sono i parametri della curva, dipendenti dal tempo di ritorno e definiti in funzione di tre Sotto Zone Omogenee (SZO) della Sardegna, per durate maggiori e minori dell'ora e tempi di ritorno maggiori e minori di 10 anni.

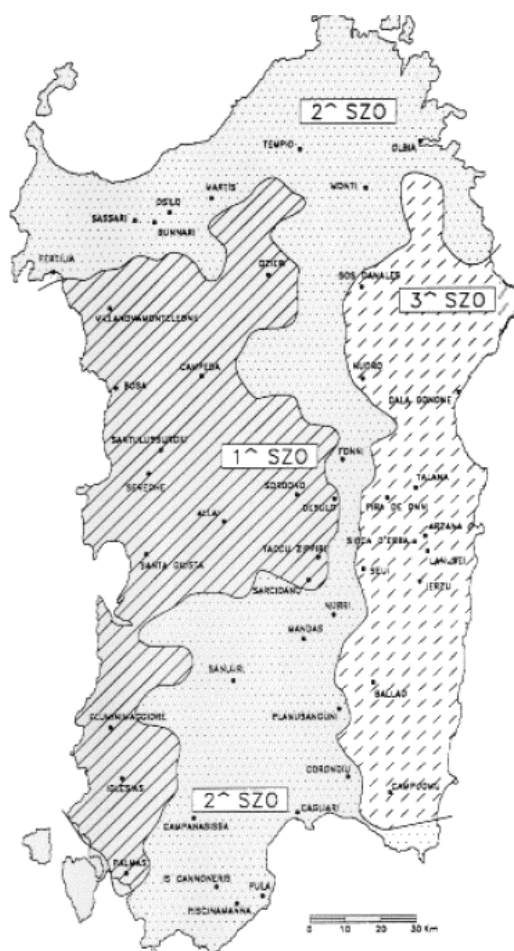


Figura 4.1 - Suddivisione della Regione Sardegna in tre Sotto Zone Omogenee (SZO) con inquadramento del comune di Olbia. Fonte: linee guida PAI, 2000.

I valori specifici di a ed n per tale Sotto Zona Omogenea si ricavano in base al tempo di ritorno ed in particolare:

- per tempi di ritorno inferiori o uguali a 10 anni, si adotta un'unica espressione monomia valida per tutte le durate del tipo

- $h'(d) = a_1 d^{n_1}$

- dove per la SZO 2 (all'interno della quale ricadono tutti i bacini oggetto di studio) i valori di a_1 e n_1 si ricavano dalle seguenti espressioni:

- $a_1 = 0.64597 + 0.89777 \text{Log} T$

- $n_1 = -5.6073 \times 10^{-3} + 7.0047 \times 10^{-4} \text{Log} T$

- per tempi di ritorno maggiori di 10 anni si utilizzano invece le espressioni riportate nella seguente tabella:

Tabella 4.1 - Parametri a ed n per tempi di ritorno maggiori a 10 anni.

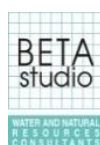
SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$ $n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)-3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$ $n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$ $n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)-3.36305*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$ $n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$ $n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)-3.8969*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$ $n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3}*\text{Log}(T)$

La pioggia media per le diverse durate, anche detta pioggia indice $\bar{h}(d)$, è funzione della pioggia media giornaliera \bar{h}_g , secondo l'espressione:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g(d)}{0.886 \cdot 24^{-0.493+0.476\log(\bar{h}_g)}} d^{-0.493+0.476\log(\bar{h}_g)}$$

dove \bar{h}_g è ricavabile dalla seguente mappa fornita dalle linee guida PAI:

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



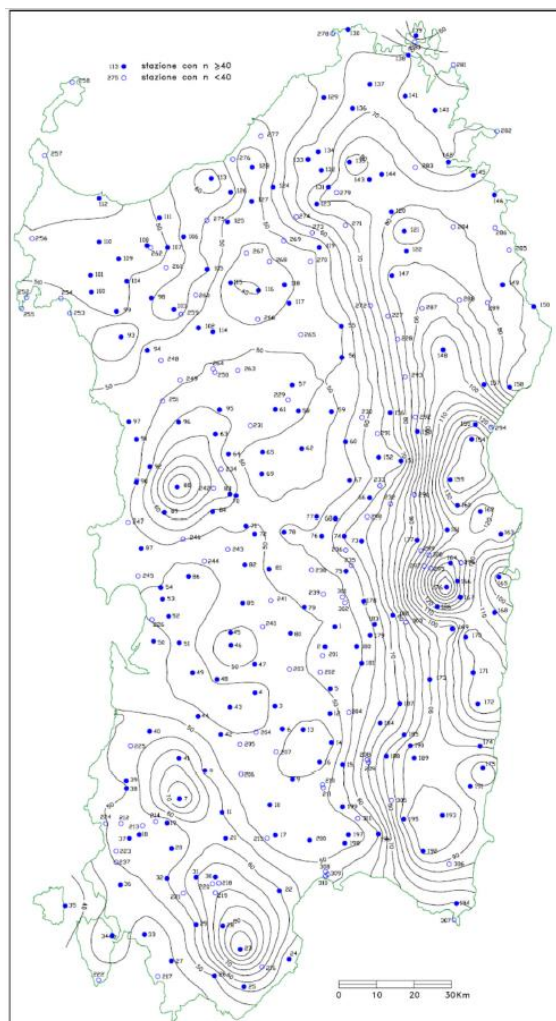


Figura 4.2 - Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna con inquadramento del Comune di Olbia. Fonte: linee guida PAI, 2000.

Nota quindi la pioggia indice $\bar{h}(d)$, è possibile ricavare la pioggia massima per assegnata durata (lorda) con la seguente espressione:

$$h(d) = h'(d)\bar{h}(d)$$

4.1.2 Individuazione dei bacini idrografici e delle caratteristiche morfometriche

I bacini idrografici oggetto di studio ricadenti all'interno del Comune di Olbia presentano una marcata variabilità sia in relazione alle dimensioni spaziali che alle caratteristiche

morfometriche e dell'uso del suolo.

Al fine di ottenere i valori di portata al colmo nelle sezioni di interesse è stato necessario svolgere dapprima un'analisi cartografica-morfologica al fine di perimetrare i singoli sottobacini idrografici. Per svolgere tale operazione, in funzione dell'estensione dei bacini analizzati, si sono utilizzati modelli digitali del terreno con diverse risoluzioni, privilegiando quindi per bacini molto estesi l'utilizzo del DTM a 10 m.

4.1.3 Determinazione della pioggia di progetto per ogni bacino

Al fine di spazializzare le precipitazioni, la pioggia lorda stimata con la procedura descritta al Paragrafo 4.1.1 dev'essere ragguagliata all'area tramite un coefficiente moltiplicativo r (minore di 1), detto coefficiente di ragguaglio delle piogge all'area, ottenuto seguendo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report (Natural Environmental Research Council, 1981).

L'operazione sta a rappresentare che la pioggia media (ovvero ragguagliata) a scala di bacino, a parità di durata (d) e tempo di ritorno (tr) si riduce quando viene estrapolata da quella puntuale calcolata alla generica stazione. In particolare, rispetto alla pioggia puntuale alla stazione nella durata d , la pioggia media/ragguagliata nel bacino

- si riduce all'aumentare dell'area del bacino
- aumenta all'aumentare della durata d

Per bacini con area inferiore a 20km² il coefficiente di ragguaglio r è ottenuto dalla seguente espressione:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354})d^{-0.4+0.0208\ln(4.6-\ln A)}$$

mentre per bacini con estensione superiore a 20 km²:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354})d^{-0.4+0.003832(4.6-\ln A)}$$

dove, in entrambe le formulazioni, A rappresenta l'area del bacino in km² e d la durata della precipitazione.

Il ragguaglio delle piogge all’area può essere effettuato a scala di singolo macrobacino (es. Seligheddu, San Nicola, Cabu Abbas, Padrongianus, etc.) ovvero a livello di unione di macrobacini (a rappresentare, in questo caso, un evento critico a scala evidentemente più ampia di quello che interessa in singolo sottobacino).

Si ricade nel primo caso quando si vuole operare e progettare a livello di singola asta (per esempio, la portata massima tr200 con cui dimensionare un’opera di presa ovvero il profilo arginale in un tratto urbano, etc...).

Si ricade nel secondo caso, invece, quando si configura il collegamento di macrobacini (per esempio, la portata scolmata Tr200 quando è in corso un evento di piena che interessa, simultaneamente e unitariamente, più singoli macrobacini).

4.1.4 Determinazione della pioggia efficace: il metodo SCS

Il metodo del Soil Conservation Service (SCS) è una procedura che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici con superficie non superiore a 15-20km². La precipitazione netta h_n ovvero il volume di pioggia che effettivamente contribuisce a formare l’evento di piena al netto delle perdite di infiltrazione e intercettazione, è definita sulla base di un semplice bilancio di massa ed è espressa dalla seguente equazione:

$$h_n = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{h_{lorda} + S - I_a} \quad \text{se } h_{lorda} > I_a$$

Il termine I_a rappresenta le perdite iniziali dovute all’immagazzinamento superficiale, imputabili per esempio alla presenza sulla superficie del bacino di zone che, per la loro morfologia, consentono l’accumulo di volumi idrici e all’intercettazione operata dalla copertura vegetale presente. Le perdite iniziali sono assunte pari a:

$$I_a = 0.2S$$

dove S rappresenta il massimo volume di acqua immagazzinabile dal suolo e calcolato come

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il valore di CN (Curve Number) dipende dalla tipologia e uso del suolo e dalla condizione di saturazione del suolo stesso (classe AMC): tale parametro varia tra 0, terreni molto permeabili, e 100, terreni completamente impermeabili. Le formule sopra indicate si riferiscono alla classe AMC II, ossia quella di suolo mediamente umido. Tali valori puntuali sono stati ottenuti contestualmente alla definizione delle nuove mappe di uso del suolo per il Comune di Olbia.

In via cautelativa, per studi di tale importanza, è consuetudine assumere il suolo come completamente saturo, ovvero assegnargli una classe AMC III. Il valore del CN è stato quindi corretto secondo la relazione seguente:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

La distribuzione dei CN_{II} utilizzati è quella utilizzata nel PAI 2022-2023; in particolare si è calcolato, per ciascun sottobacino elementare (Figura 3.4, Figura 3.6, Figura 3.8, etc...) il CN_{II} medio.

4.1.5 Applicazione del modello afflussi-deflussi

Per i bacini di dimensioni importanti, ovvero con superficie maggiore di 5 km², la stima delle portate al colmo è stata eseguita mediante l'utilizzo di un modello idrologico semi-distribuito, che permette una definizione più accurata dei processi di formazione locale del deflusso superficiale e della sua propagazione attraverso il reticolo idrografico.

Per il presente studio è stato quindi utilizzato il modello HEC-HMS, un codice di calcolo sviluppato dalla US Army Corps of Engineers in grado di simulare i processi idrologici sia per singoli bacini che per sottobacini bacini connessi ed interferenti tra loro, quali quelli oggetto del presente studio.

Il Soil Conservation Service (SCS, 1972) è probabilmente il metodo afflussi deflussi più utilizzato e studia la risposta idrologica di un bacino per la stima dei deflussi superficiali o pioggia netta.

Questo metodo è applicabile ad un'ampia varietà di situazioni. È un modello molto robusto e può essere usato in quasi tutti i bacini (Fantina, 2012).

Per ciascun sottobacino schematizzato nel modello è stata prevista:

- l'assegnazione delle caratteristiche morfologiche ottenute dalla precedente analisi cartografica;
- l'assegnazione di un metodo di calcolo delle perdite iniziali: in particolare si è scelto di utilizzare il metodo SCS Curve Number, il quale prevede che per ciascun sottobacino venga fornito un valore iniziale di perdita (I_a) ottenuto dall'analisi idrologica e l'assegnazione del valore medio di CN (in questo caso è stato assunto il valore di CNIII, ovvero quello corrispondente alle condizioni di suolo umido).
- l'assegnazione del metodo di trasformazione, ovvero il modello che permette di definire come la pioggia efficace si trasformi in deflusso superficiale: in particolare è stato scelto il metodo SCS Unit hydrograph, nel quale è necessario definire il cosiddetto tlag, ovvero il tempo che intercorre tra il baricentro dello ietogramma ed il colmo dell'idrogramma unitario. Tale parametro, come frequentemente suggerito in letteratura, è stato assunto pari al 60% del tempo di corrivazione. Quest'ultimo è calcolato secondo la formulazione NRSC (Natural Resources Conservation Service) SCS, di seguito descritta:

$$\text{Formula NRSC SCS } t_c = \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} * \frac{(D_{\max} * 1000)^{0.8}}{441 * \sqrt{i_b} * 100}$$

Dove:

CN: Curve Number;

Dmax: Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura, espresso in km;

ib: Pendenza media del bacino idrografico, espressa in m/m.

Il metodo idrologico del Soil Conservation Service (SCS) richiede dati di base simili al metodo razionale: area di drenaggio, un fattore rappresentativo del deflusso (CN), tempo di corrivazione e precipitazioni. L'approccio SCS, tuttavia, è molto più sofisticato e realistico nella separazione degli afflussi, cioè nella parte che contribuisce al deflusso e nella parte che invece si infiltra. In particolare, considera che le perdite di precipitazione si concentrano maggiormente nella fase iniziale e che il tasso di infiltrazione diminuisce nel corso dell'evento meteorico fino alla quasi completa saturazione del terreno (Columbia County Georgia, 2018).

Il metodo SCS può essere usato sia per la stima delle portate di picco che per la generazione di idrogrammi. Tale metodo può essere usato per la maggior parte delle applicazioni di progettazione.

Il metodo di calcolo della pioggia efficace, ovvero della frazione della pioggia che non si infiltra e defluisce sulla superficie contribuendo alla formazione dell'idrogramma di piena, implementato nel software di calcolo HEC-HMS, è basato sul metodo SCS-CN.

L'equazione che definisce l'infiltrazione iniziale (Initial abstraction) è riportata di seguito:

$$I_a = 0.2 S \text{ [mm]}$$

in cui S ossia il volume di accumulo massimo nel terreno secondo il S.I. [mm] è:

$$S = \frac{25400 - 254 CN}{CN}$$

Il parametro CN (Curve Number) è definito dall'uso del suolo e dalla pedologia del bacino. È un valore che varia da 100 (terrei impermeabili) a 30 (suoli permeabili ad alto tasso di infiltrazione).

In base ai tassi di infiltrazione, l'SCS ha suddiviso i suoli in quattro gruppi idrologici (Columbia County Georgia, 2018):

Gruppo A - Suoli che hanno un basso potenziale di deflusso a causa degli alti tassi di infiltrazione. Questi suoli consistono principalmente in sabbie e ghiaie profonde e ben drenate.

Gruppo B - Suoli che hanno un potenziale di deflusso moderatamente basso dovuto a tassi

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

di infiltrazione moderati. Questi suoli consistono principalmente in suoli da moderatamente profondi a profondi, da moderatamente ben drenati a ben drenati con granulometrie da moderatamente fini a moderatamente grossolane.

Gruppo C - Terreni che hanno un potenziale di deflusso moderatamente alto a causa dei tassi di infiltrazione lenti. Questi suoli consistono principalmente in terreni in cui esiste uno strato vicino alla superficie che impedisce il movimento verso il basso movimento dell'acqua o suoli con granulometrie da moderatamente fine a fine.

Gruppo D - Suoli che hanno un alto potenziale di deflusso a causa di tassi di infiltrazione molto lenti. Questi suoli consistono principalmente da argille con alto potenziale di rigonfiamento, suoli con falde acquifere permanentemente alte, suoli con una vaschetta di argilla o uno strato di argilla in superficie o vicino, e suoli poco profondi su materiale parentale quasi impervio. Il materiale parentale (substrato roccioso) quasi impermeabile.

Quando un'area di drenaggio ha più di un uso del suolo, può essere calcolato un CN composito. Va evidenziato che quando si usano CN compositi, l'analisi non tiene conto dell'ubicazione degli usi specifici del terreno, ma assegna all'area di drenaggio un uso uniforme del terreno rappresentato dal CN composito. I CN compositi per un'area di drenaggio possono essere calcolati usando il metodo ponderato (Columbia County Georgia, 2018).

Essendo il CN responsabile della risposta del bacino ed essendo definito da parametri fisici del suolo, nel metodo SCS viene meno la grande arbitrarietà che era invece presente nel metodo razionale nella scelta del coefficiente di deflusso e quindi risultando in un metodo più oggettivo e meno dipendente dall'utente.

La pioggia efficace, pari alla portata di scorrimento, risulta quindi pari a:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

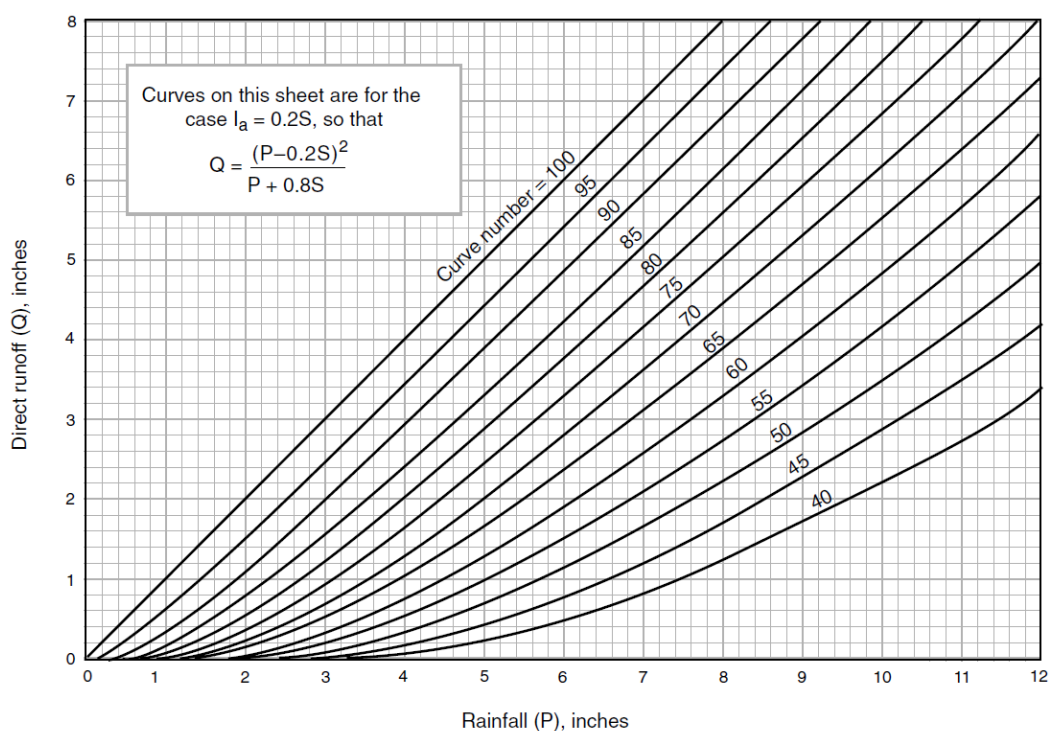


Figura 4.3 Esempio di risoluzione grafica dell'equazione della portata di scorrimento superficiale col metodo SCS (U. S. Department of Agriculture, Giugno 1986).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)

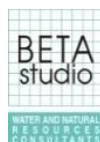


Table 2-2a Runoff curve numbers for urban areas ^{1/}

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type and hydrologic condition	Average percent impervious area ^{2/}	A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ^{3/} :					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ^{4/}		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/8 acre or less (town houses)	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acres	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ^{5/}					
		77	86	91	94
Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c).					

¹ Average runoff condition, and $I_a = 0.2S$.

² The average percent impervious area shown was used to develop the composite CN's. Other assumptions are as follows: impervious areas are directly connected to the drainage system, impervious areas have a CN of 98, and pervious areas are considered equivalent to open space in good hydrologic condition. CN's for other combinations of conditions may be computed using figure 2-3 or 2-4.

³ CN's shown are equivalent to those of pasture. Composite CN's may be computed for other combinations of open space cover type.

⁴ Composite CN's for natural desert landscaping should be computed using figures 2-3 or 2-4 based on the impervious area percentage (CN = 98) and the pervious area CN. The pervious area CN's are assumed equivalent to desert shrub in poor hydrologic condition.

⁵ Composite CN's to use for the design of temporary measures during grading and construction should be computed using figure 2-3 or 2-4 based on the degree of development (impervious area percentage) and the CN's for the newly graded pervious areas.

Figura 4.4 Valori consigliati di CN per diversi usi di suolo e gruppi litologici per le aree urbane (U. S. Department of Agriculture, Giugno 1986).

Anche se il metodo SCS è ampiamente applicabile, ha alcune limitazioni. Una di queste è che non modella realisticamente il deflusso nei casi in cui i valori di CN sono molto bassi (sotto circa $CN=40$), specialmente quando la quantità di pioggia è piccola (Fantina, 2012). Infine lo ietogramma scelto ai fini della modellazione idrologica è di tipo rettangolare. In Figura 4.5 sono presentati dei grafici rappresentati gli ietogrammi rettangolari inseriti nel modello idrologico in HEC-HMS e l'idrogramma corrispondente.

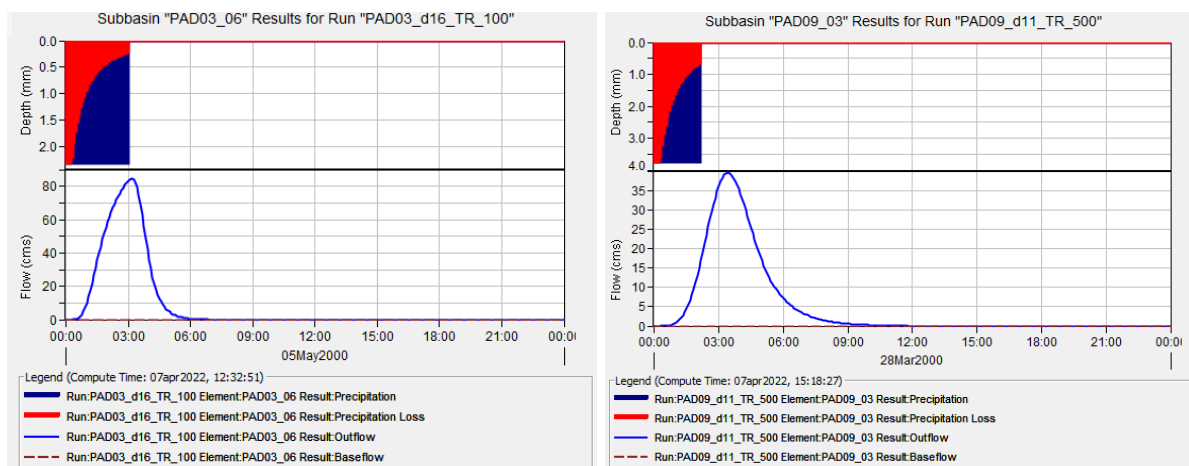


Figura 4.5 - Esempi di ietogrammi utilizzati nella modellazione idrologica.

Sono quindi state effettuate, tramite il modello idrologico, simulazioni con durate di evento pluviometrico crescenti con passo temporale $dt=5$ minuti, identificando per ogni macrobacino e per ogni tempo di ritorno la durata di pioggia critica, ovvero quella in grado di generare il massimo valore di portata al colmo alla sezione di chiusura del macrobacino.

4.2 Definizione dell'evento di progetto

Tramite un modello in HEC-HMS, tarato sulle portate del PAI 2015 allo stato di fatto e poi aggiornato alla soluzione di progetto, è stato possibile ricavare i dati di portata in numerose sezioni di chiusura aggiuntive rispetto a quelle del PAI 2015.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 4.6 Schema del modello idrologico sviluppato in HEC-HMS.

Al fine di definire l’evento di progetto, si sono calcolate le durate critiche che massimizzano la portata di picco alla foce di ogni macrobacino, ottenendo le durate di pioggia riportate in Tabella 4.II. Si evidenzia come tali portate risultano dalla configurazione adottata nel PAI 2022-2023 ossia ove non veniva considerato il diversivo San Nicola-Zozò.

Tabella 4.II - Durate critiche di pioggia ad ogni sezione di chiusura dei sottobacini, relativa altezza di pioggia totale dell'evento e portata del bacino cumulato. Da PAI 2022-2023.

Sez di chiusura	TR050			TR100			TR200			TR500		
	dcr [min]	h [mm]	Qmax [m³/s]	dcr [min]	h [mm]	Qmax [m³/s]	dcr [min]	h [mm]	Qmax [m³/s]	dcr [min]	h [mm]	Qmax [m³/s]
B1	150	71.1	26.8	150	81.2	31.9	150	91.3	37.1	140	101.8	44.1
B2	110	59.0	244.8	100	64.8	294.1	100	72.8	342.9	90	79.9	409.3
B3	140	68.7	40.9	140	78.4	48.4	130	85.6	55.9	130	98.1	66.1
B4*	40	42.9	14.7	40	49.1	17.6	40	55.3	20.5	40	63.5	24.4
B5*	130	64.8	130.2	120	71.7	155.5	120	80.6	180.3	110	89.1	213.5
B6	30	39.5	5.8	30	45.2	7.0	30	50.9	8.2	30	58.5	9.7

* Essendo, quelle riportate in tabella, portate da PAI 2022-2023, le portate relative al B4 (Zozò) e B5 (San Nicola) non considerano il diversivo San Nicola-Zozò in funzione.

La somma delle portate di picco per TR200 alle 6 foci è pari a 645 m³/s per il PAI 2022-2023.

Il bacino idrografico del Riu Seligheddu (B2) è senz'altro quello più esteso dell'Area Urbana con 38.31 km² di estensione. Il secondo è il bacino del San Nicola con 20 km².

Il Riu Seligheddu rappresenta il corso principale che entra nella città di Olbia, con portate che arrivano a 342,9 m³/s per un tempo di ritorno di 200 anni.

Esso è stato la causa delle più recenti alluvioni, nel 2013 e poi nel 2015; gli interventi per la sua messa in sicurezza idraulica assumono un ruolo chiave nella progettazione delle opere di mitigazione.

Pertanto si è scelto come evento di riferimento per il presente progetto quello con durata di pioggia tale da massimizzare la portata di picco alla foce del Seligheddu, ossia 100 minuti, per un tempo di ritorno di 200 anni, come da norme tecniche della Regione Sardegna.

5 PORTATE DI PROGETTO

Nei paragrafi seguenti vengono indicate per ciascun bacino del centro urbano e poi per ciascun sottobacino dei bacini urbani, le portate al picco e i relativi volumi associati agli programmi di piena di ciascun sottobacino.

5.1 Bacini del Centro Urbano

Come già precedentemente ricordato, i bacini urbani considerati nel presente progetto sono 5, corrispondenti alle 5 foci nel Golfo di Olbia, fatta eccezione per la sesta costituita dalla foce del riu Tilibbas.

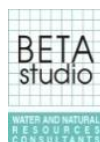
5.1.1 Riu Paule Longa

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del riu Paule Longa e i corrispondenti volumi degli ideogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.1 Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Paule Longa per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
B1_01	0.93	11.6	53.8	Interbacino a valle della presa del deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu
B1_02	0.32	3.8	17.3	Interbacino subito a monte della presa del deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu
B1_03	0.18	2.1	8.6	Interbacino a valle dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B1_04_01	0.44	5.1	23.5	Interbacino a monte dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B1_04_02	0.21	2.4	11.2	Interbacino a valle dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B1_05_01	0.98	11.2	51.2	Interbacino a monte dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B1_05_02	0.51	5.9	26.7	Interbacino a valle dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B1_06	0.85	9.9	42.2	Interbacino a monte dell'opera di presa della galleria scolmatrice
PLO_in_scolmatore	2.27	26.2	116.9	Contributo del Paule Longa nello scolmatore
Scolmatore 1_PLO		0.1		Contributo che prosegue a valle dell'opera di presa sul rio Paule Longa

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



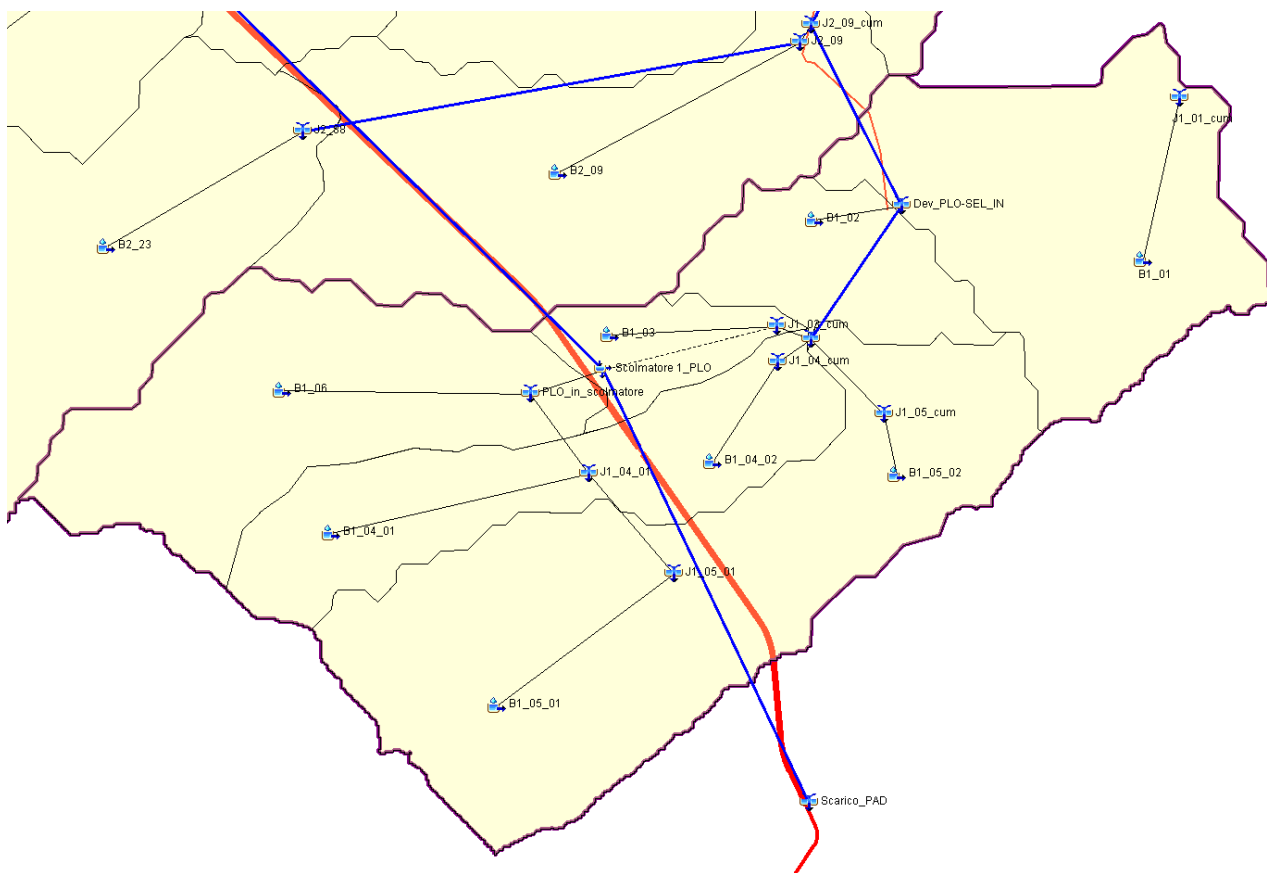


Figura 5.1 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.

5.1.2 Deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu e rio Tannaule

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del Deviatore Paule Longa – Tannaule - Seligheddu e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.11 Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu e rio Tannaule per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km ²]	Q [m ³ /s]	Volume [1000 m ³]	Descrizione
Dev_PLO-SEL_IN*	1.22	13.6	63.9	Portata in ingresso nel deviatore
B2_23	1.15	12.5	56.6	Interbacino del rio Tannaule a monte della tangenziale di Olbia
B2_09	1.26	13.1	62.0	Interbacino del rio Tannaule a valle della tangenziale di Olbia
J2_09	2.41	21.9	118.6	Contributo del rio Tannaule all'immissione nel deviatore PLO-TAN-SEL
Dev_PLO-SEL_OUT*	3.63	34.7	183.9	Portata in uscita dal deviatore nel Seligheddu

* L'area non considera le aree a monte delle opere di presa della galleria.

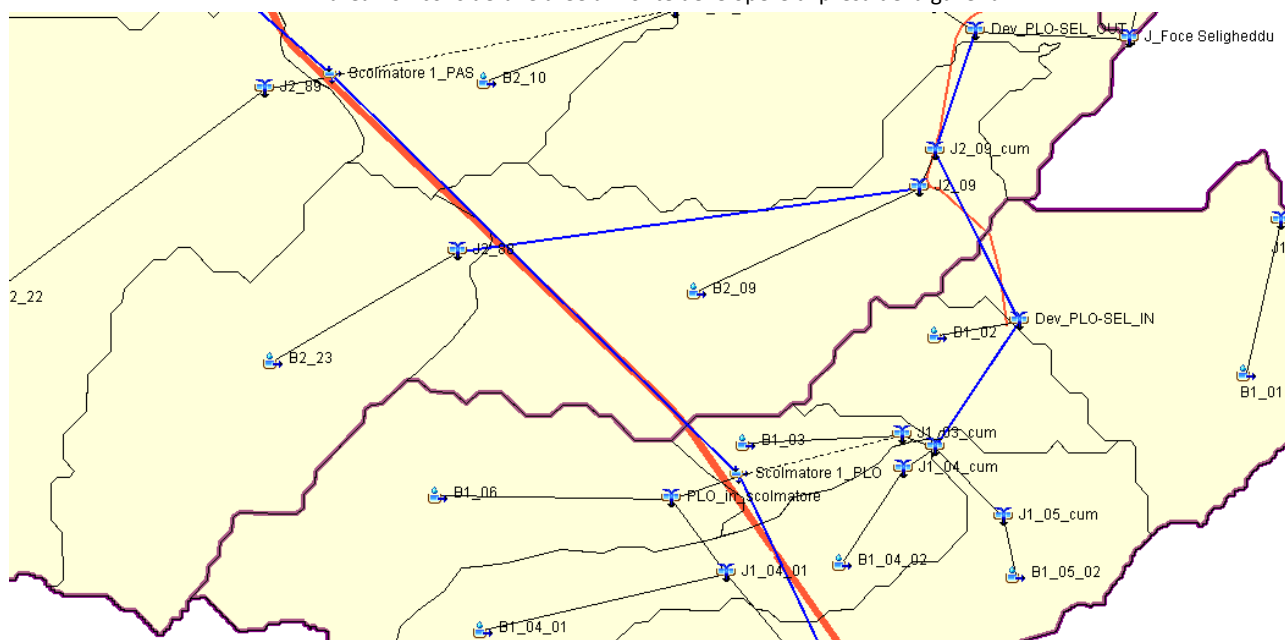


Figura 5.2 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.

5.1.3 Riu Pasana

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del riu Pasana e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.III Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Pasana per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km ²]	Q [m ³ /s]	Volume [1000 m ³]	Descrizione
B2_10	0.59	6.4	29.1	Interbacino a valle dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B2_22	1.89	20.6	93	Interbacino a monte dell'opera di presa della galleria scolmatrice
J2_10_cum	0.59*	6.5	30.6	Sbocco del rio Pasana nel Seligheddu
Scolmatore 1_PAS		0.1		Contributo che prosegue a valle dell'opera di presa sul rio Pasana

* L'area non considera le aree a monte delle opere di presa della galleria.

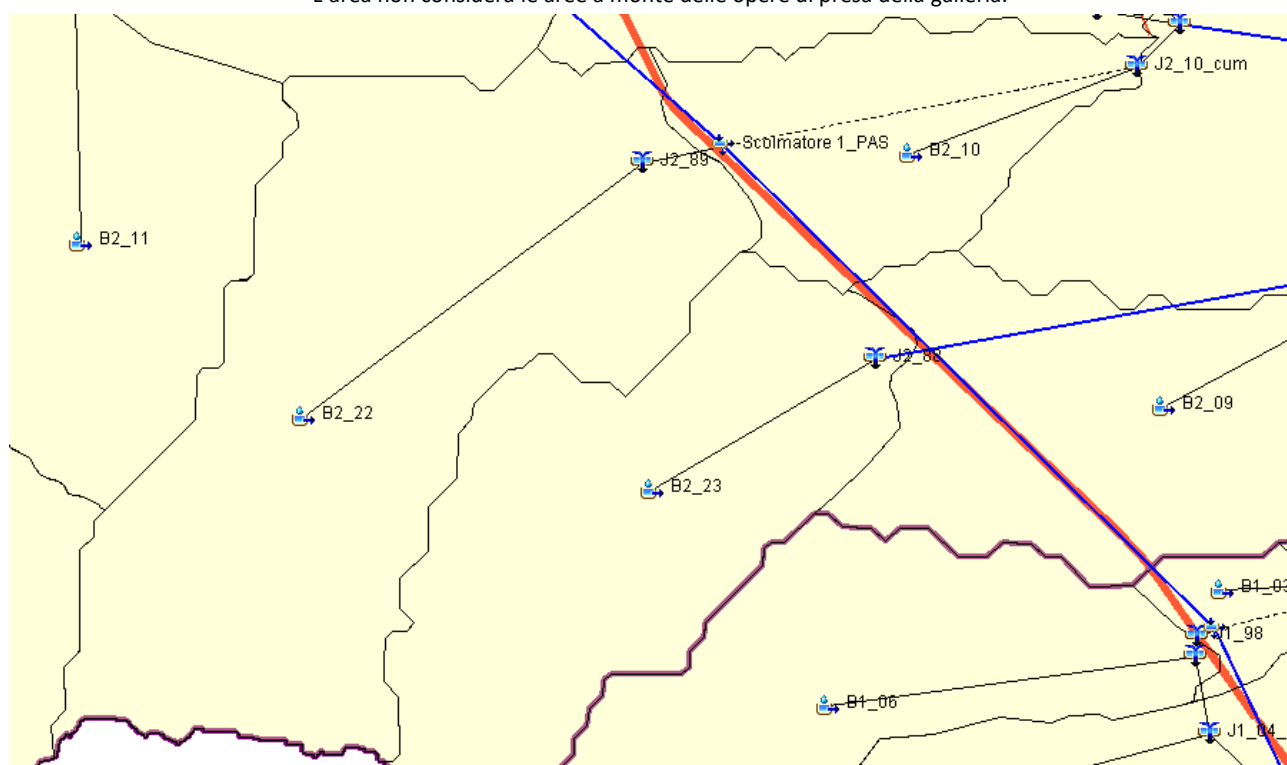


Figura 5.3 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.

5.1.4 Riu Seligheddu

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini

costituenti il bacino principale del rio Seligheddu i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

A valle dell'opera di presa del canale scolmatore 1 si ha:

Tabella 5.IV Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Seligheddu a valle dell'opera di presa della galleria per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km ²]	Q [m ³ /s]	Volume [1000 m ³]	Descrizione
Scolmatore 1_SEL		0.6		Contributo che prosegue a valle dello scolmatore sul rio Seligheddu
B2_01	1.44	16.3	77.5	Bacino di valle del Seligheddu
B2_02	1.22	12.6	57.8	Interbacino a valle dell'opera di presa della galleria scolmatrice
B2_15	0.18	1.9	8.1	
B2_16	0.5	5.5	25.9	
J2_dev_GAD-SEL	8.42*	106.6	677.7	Portata a valle dello sbocco del deviatore
J_Foce Seligheddu	14.67*	163.1	995.6	Portata di foce a valle dell'immissione del Gadduresu

* L'area non considera il bacino scolante a monte del deviatore San Nicola-Zozò e le aree a monte delle opere di presa della galleria.

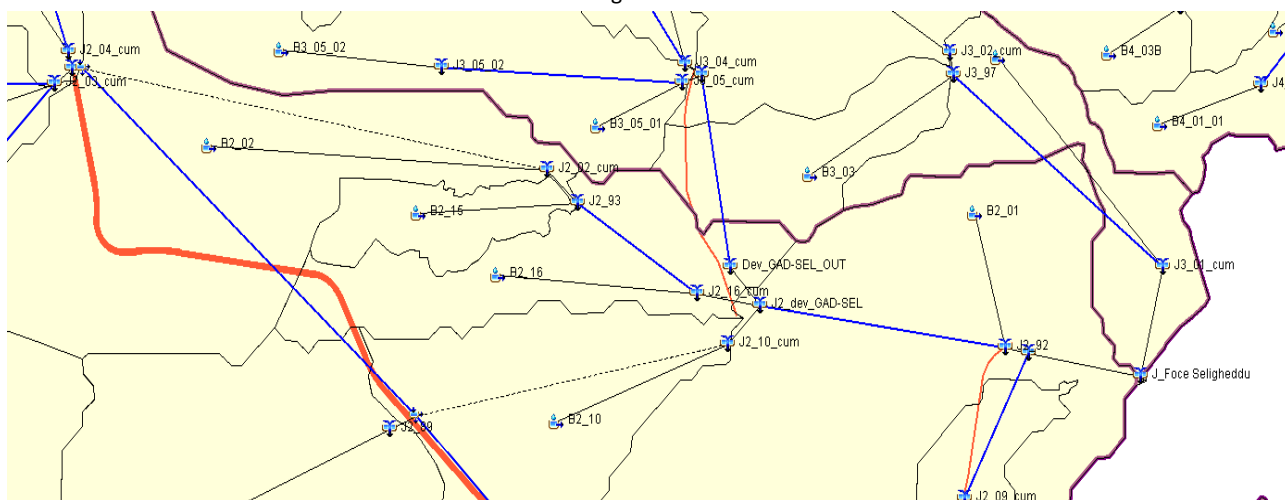


Figura 5.4 Schema del modello idrologico in HEC-HMS.

A monte dell'opera di presa del canale scolmatore 1 si hanno i valori che seguono:

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 5.V Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Seligheddu a monte dell'opera di presa della galleria per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
B2_03	0.29	3.2	14.4	Bacino subito a monte dell'opera di presa della galleria scolmatrice – ramo Ua Niedda
B2_04	0.76	8.3	37.5	Bacino subito a monte dell'opera di presa della galleria scolmatrice – Rio Santa Mariedda
B2_05	2.96	29.8	139.5	Rio Santa Mariedda
B2_06	0.94	10.3	46.2	Rio Santa Mariedda
B2_07	0.54	5.9	27.8	
B2_08	0.78	8.3	38.7	
B2_11	1.41	15.4	69.5	Rio Ua Niedda
B2_12	0.57	6.5	32.2	Rio Sa Fossa
B2_13	10.05	96.9	497.2	Rio Sa Fossa
B2_14_01	1.3	14.4	64.3	Rio Sa Fossa
B2_14_02	1.2	13	59.4	Rio Sa Fossa
B2_14_03	1.6	17.3	79.2	Rio Sa Fossa
B2_14_04	0.5	5.4	24.7	Rio Sa Fossa
B2_17	0.91	9.6	43.1	Rio Ua Niedda
B2_18	1.13	12.5	55.8	Rio Ua Niedda
B2_19	0.87	9.4	41.3	Rio Ua Niedda
B2_20	0.44	4.8	20.9	Rio Ua Niedda
B2_21	3.83	37	166.1	Rio Ua Niedda
J2_95	30.08	279.5	1457.9	Contributo totale in ingresso all'opera di presa della galleria scolmatrice

È interessante osservare come il volume di piena corrispondente all'idrogramma delle portate scolmate nel canale scolmatore 1 sia pari a circa 1,5 milioni di metri cubi che è un valore superiore a tutte le precedenti ipotesi di casse di laminazione previste a monte della città di Olbia.

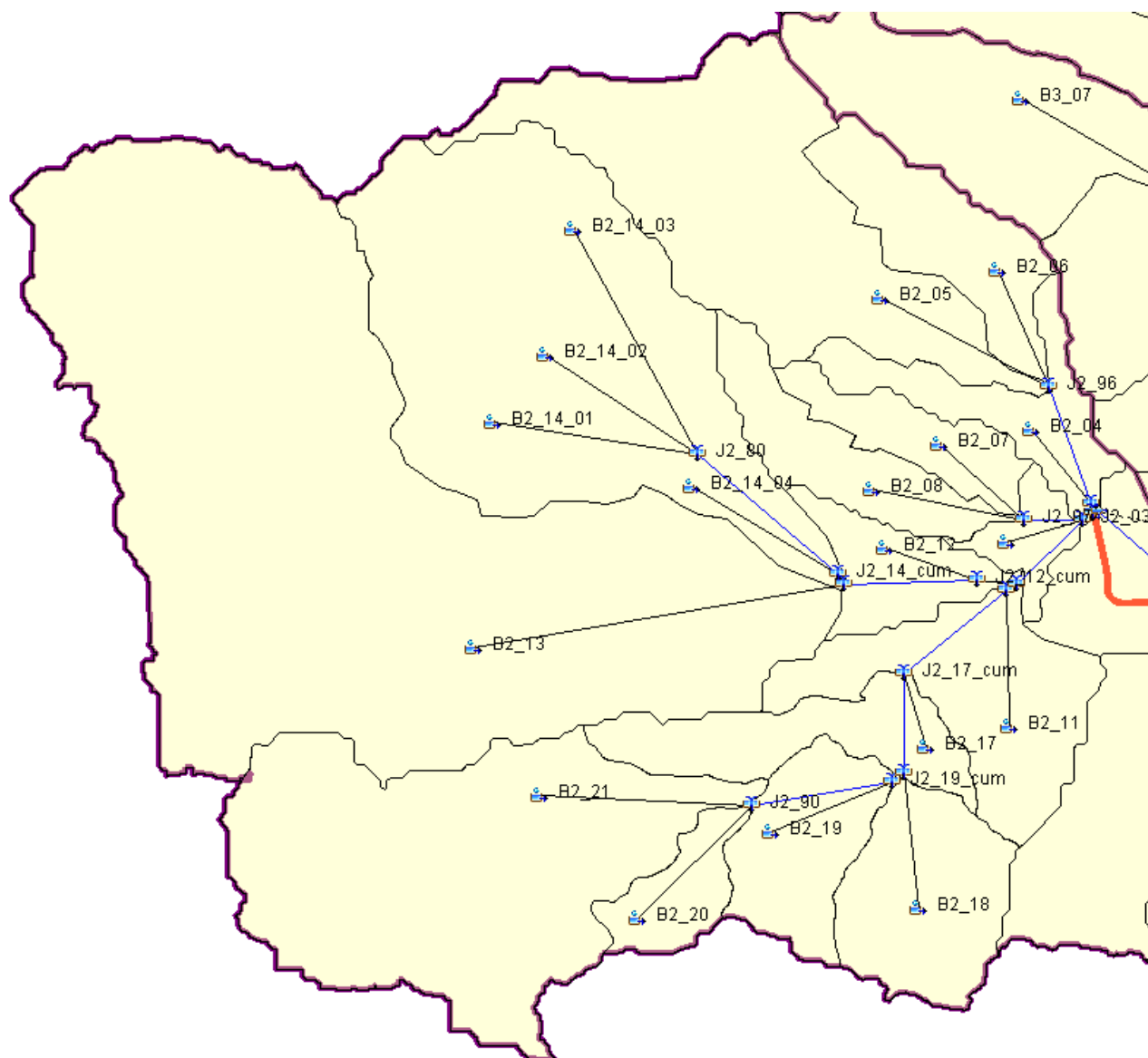


Figura 5.5 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Seligheddu.

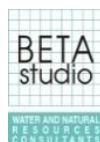
5.1.5 Riu Ua Niedda

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del riu Ua Niedda e i corrispondenti volumi degli idrogrammi

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

50



(Capogruppo mandataria)

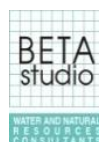


Tabella 5.VI Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Ua Niedda per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
B2_11	1.41	15.4	69.5	Rio Ua Niedda
B2_17	0.91	9.6	43.1	Rio Ua Niedda
B2_18	1.13	12.5	55.8	Rio Ua Niedda
B2_19	0.87	9.4	41.3	Rio Ua Niedda
B2_20	0.44	4.8	20.9	Rio Ua Niedda
B2_21	3.83	37	166.1	Rio Ua Niedda
J2_11_cum	8.59	83.2	396.7	Rio Ua Niedda a monte dell'immissione del Rio Sa Fossa
J2_12_cum	15.22	149.1	756.9	Contributo del Rio Sa Fossa
J2_98	23.81	230.1	1153.6	Rio Ua Niedda a valle del contributo del rio Sa Fossa

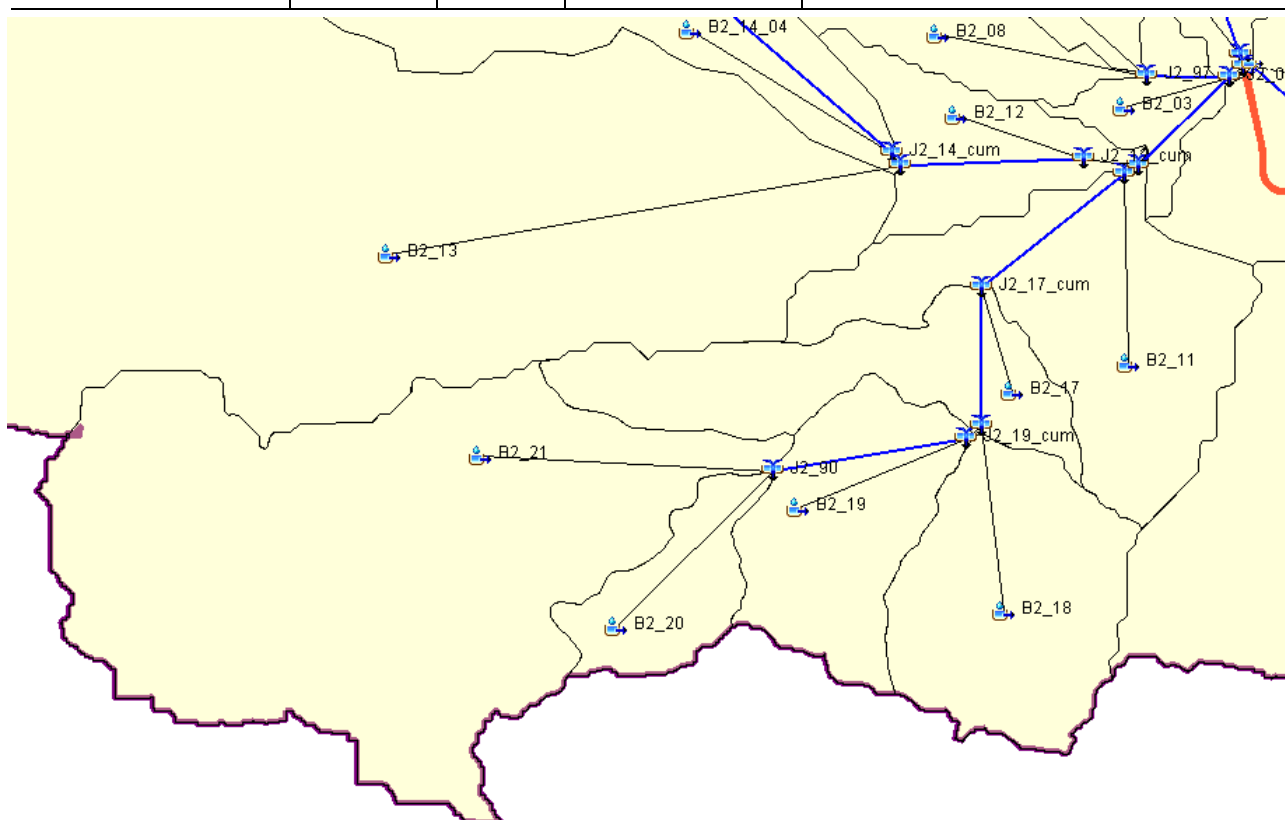


Figura 5.6 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Ua Niedda.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

5.1.6 Deviatore Gadduresu – Seligheddu

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati all'idrogramma di piena del Deviatore Gadduresu - Seligheddu e i corrispondenti volumi dell'idrogramma di piena associato a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.VII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al deviatore Gaddurasu-Seligheddu per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
Dev_GAD-SEL_IN	5.93*	87.9	545.7	Contributo in ingresso al deviatore
Dev_GAD-SEL_OUT	5.93*	87	545.7	Contributo in uscita al deviatore

* L'area non considera il bacino scolante nel deviatore San Nicola-Zozò.

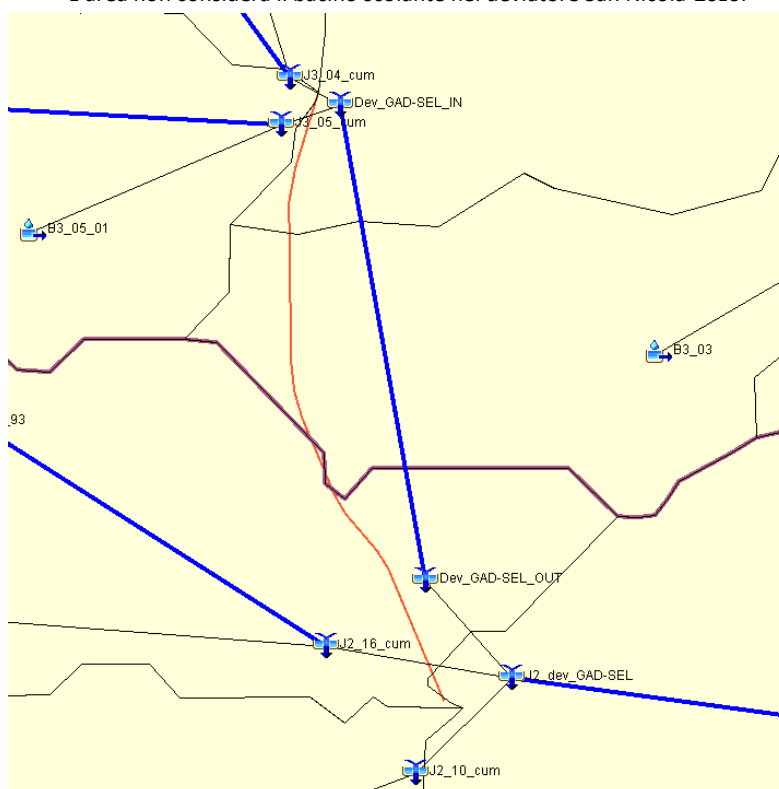


Figura 5.7 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Deviatore Gadduresu-Seligheddu.

Il volume di piena del deviatore Gadduresu - Seligheddu trasferito dal Gadduresu al tratto terminale di foce del rio Seligheddu è pari a oltre mezzo milione di metri cubi.

5.1.7 Riu Gadduresu

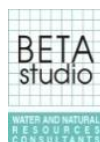
Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del riu Gadduresu, e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.VIII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Gadduresu per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
B3_07	1.92	20.9	99.0	Bacino scolante di monte
B3_08	1.77	20.4	94.5	Bacino scolante di monte
B3_06	0.70	8.3	39.0	Bacino scolante di monte
B3_04A	0.29	3.4	15.5	Bacino scolante di monte
J03_04A	4.68	39.1	248.0	Contributo a monte dell'ingresso del deviatore Zozò-Gadduresu
Dev_ZOZ-GAD_OUT	4.98*	81.5	494.7	A valle del deviatore Zozò-Gadduresu
B3_04B	0.24	2.8	12.9	Interbacino
J3_05_cum	0.71	5.6	38.2	Interbacino
Dev_GAD-SEL_IN	5.93*	87.9	545.7	Contributo in immissione al deviatore GAD-SEL

* L'area non considera il bacino scolante nel deviatore San Nicola-Zozò.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



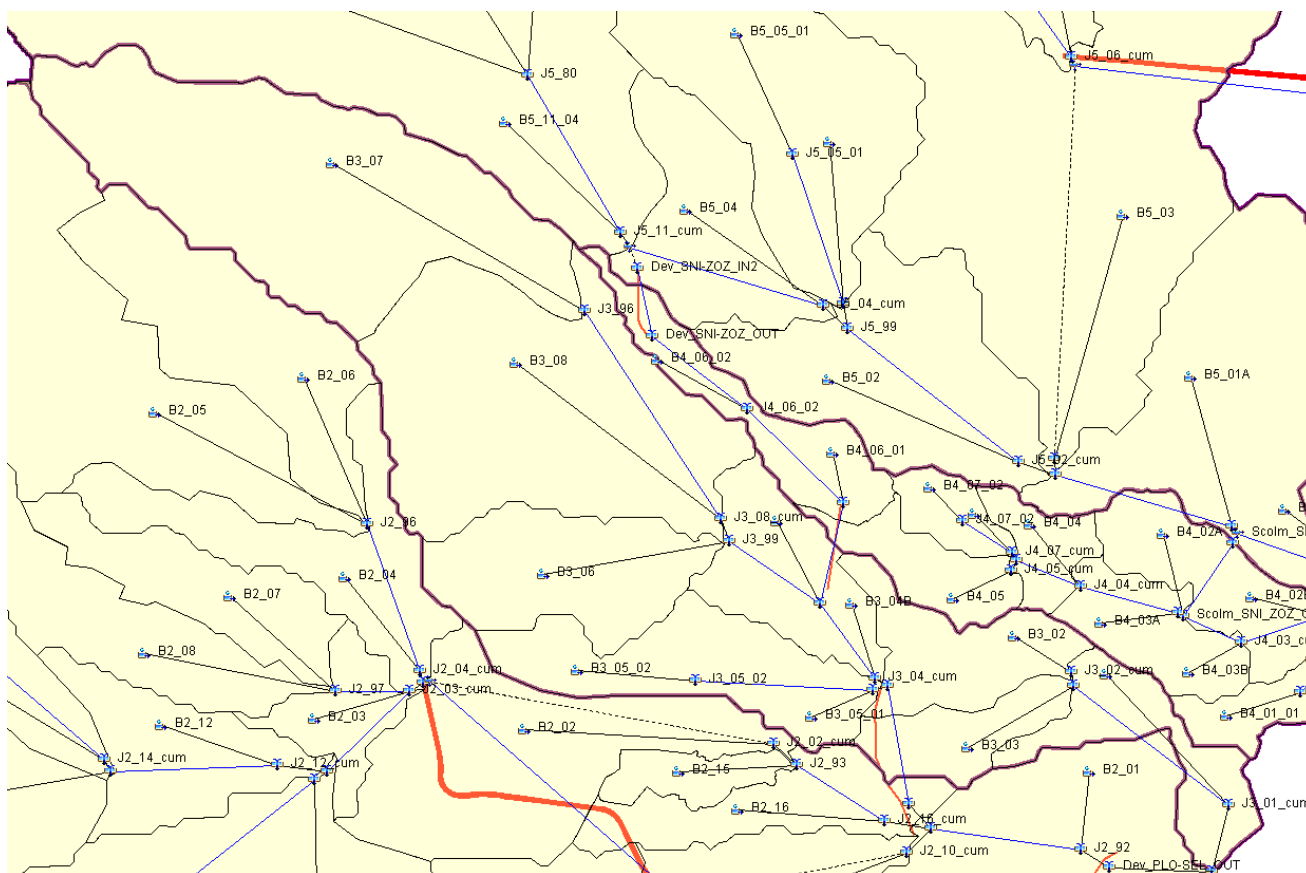


Figura 5.8 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – rio Gadduresu.

5.1.8 Deviatore Zozò-Gadduresu

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco del deviatore Zozò - Gadduresu e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.IX Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al deviatore Zozò-Gadduresu per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km ²]	Q [m ³ /s]	Volume [1000 m ³]	Descrizione
Dev_ZOZ-GAD_IN	0.30*	42.9	246.7	Contributo in uscita dal deviatore San Nicola Zozò e in entrata nel deviatore Zozò-Gadduresu
Dev_ZOZ-GAD_OUT	0.30	42.9	246.7	Contributo in uscita dal deviatore Zozò-Gadduresu

* L'area non considera il bacino scolante nel deviatore San Nicola-Zozò.

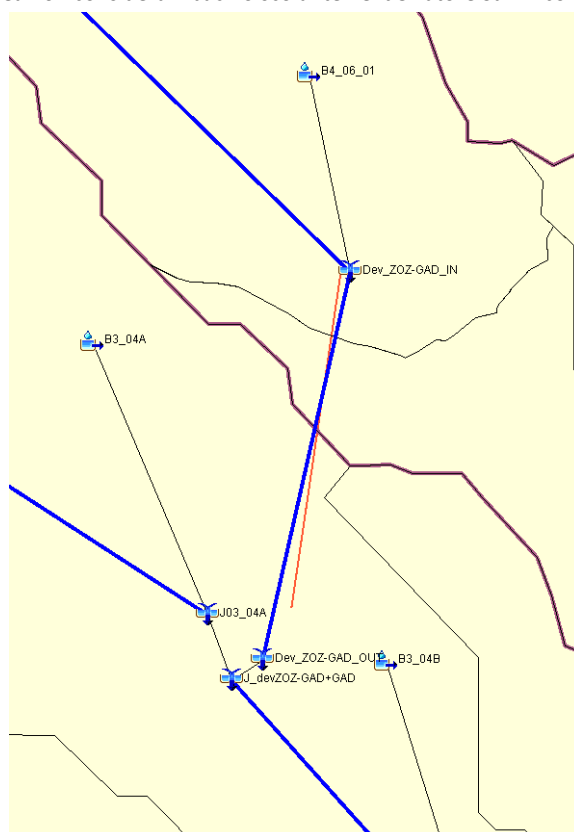


Figura 5.9 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – deviatore Zozò-Gadduresu.

5.1.9 Deviatore San Nicola – Zozò

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco del Deviatore san Nicola - Zozò e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 5.X Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio San Nicola-Zozò per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km ²]	Q [m ³ /s]	Volume [1000 m ³]	Descrizione
Dev_SNI-ZOZ_IN2		40.0	230.8	Contributo in immissione al deviatore San Nicola-Zozò
B4_06_02	0.12	1.3	6.3	Interbacino
B4_06_01	0.18	2.0	9.5	Interbacino
Dev_ZOZ-GAD_IN	0.30*	42.9	246.7	Contributo in uscita dal deviatore San Nicola Zozò e in entrata nel deviatore Zozò-Gadduresu

* L'area non considera il bacino scolante nel deviatore San Nicola-Zozò.

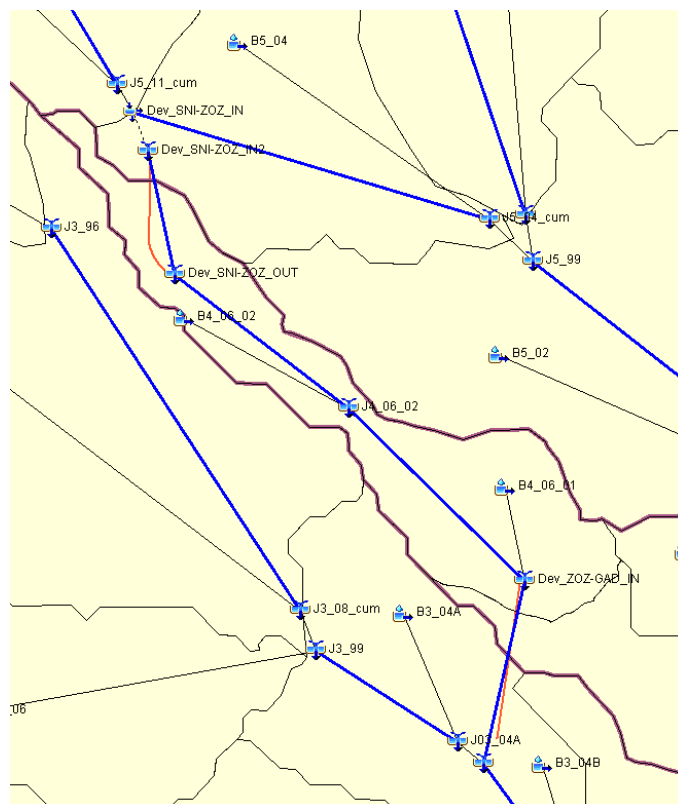


Figura 5.10 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – deviatore San Nicola-Zozò.

5.1.10 Canale Zozò

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del canale Zozò e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di

piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Il tratto di monte del Rio Zozò prende il nome di deviatore San Nicola-Zozò.

Quindi il Rio/Canale Zozò rimane tale dal partitore sul deviatore fino alla foce.

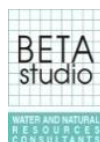
Tabella 5.XI Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al Canale Zozò per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
B4_05	0.42	4.7	18.7	Bacino a monte del tratto tombato di via Macchiavelli
J4_07_cum	0.20	2.3	11.3	Bacino che si immette nel tratto tombato in via Goldoni
B4_04	0.19	2.4	12.3	Interbacino
B4_03A	0.21	2.7	13.1	Interbacino
B4_02A	0.23	2.5	10.3	Interbacino
J4_03A	1.25	13.5	65.7	Contributo a monte dell'immissione del diversivo San Nicola-Zozò
Div_SNI_ZOZ_OUT	1.25	33.5	235.5	A valle dell'immissione del diversivo San Nicola-Zozò
B4_03B	0.16	2.0	10.0	Interbacino
B4_02B	0.25	2.7	11.2	Interbacino
B4_02B	0.25	2.7	11.2	Interbacino
J4_01	0.26	3.4	20.5	Interbacino
J4_01_cum	1.92	39.9	J4_01_cum	Foce del Canale Zozò

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



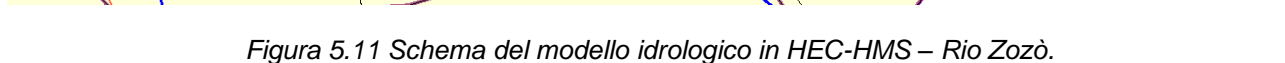


Tabella 5.XII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al diversivo San Nicola-Zozò per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
----	------------	----------	------------------	-------------

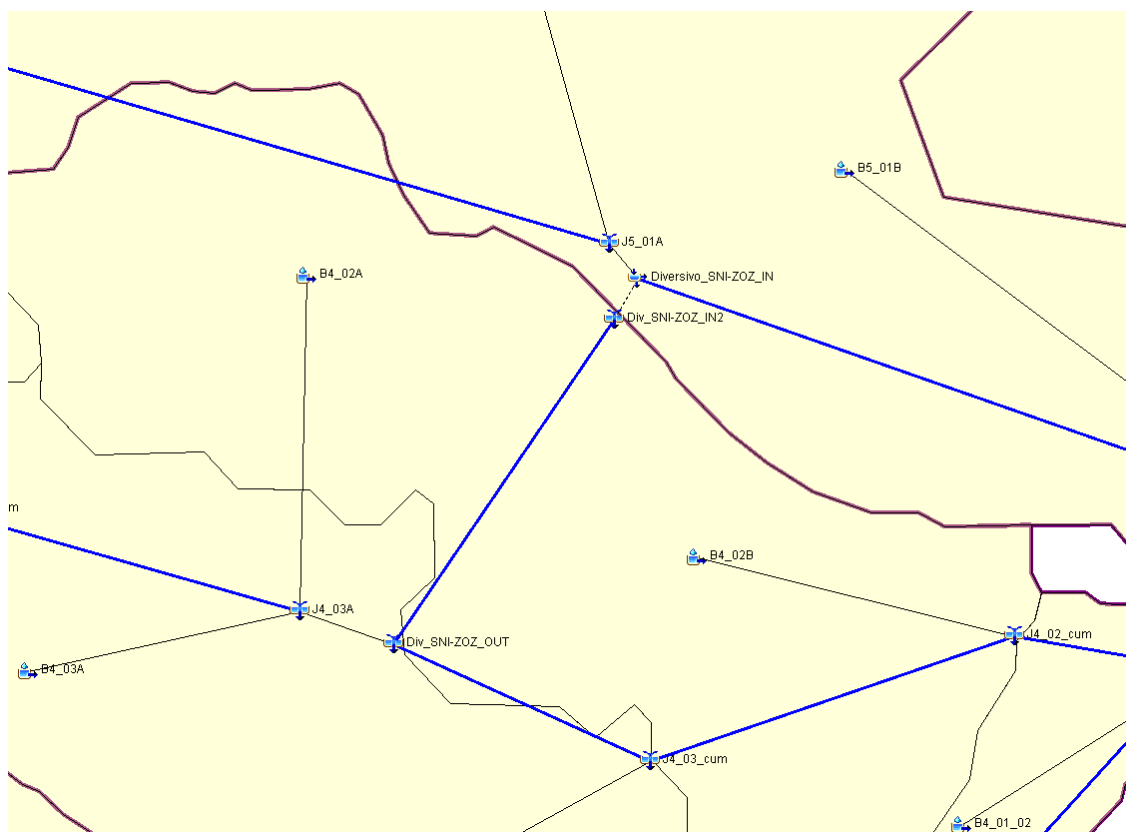


Figura 5.12 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Diversivo San Nicola-Zozò.

5.1.12 Rio San Nicola

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del rio San Nicola e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 5.XIII Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio San Nicola per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
J5_11_cum	6.43	73.9	333.3	Contributo a monte dell'opera di presa
B5_04	0.68	7.6	30.7	Interbacini
J5_05_cum	1.39	14.6	67.5	Interbacini
B5_02	1.60	17.6	75.1	Interbacini
J5_02_cum	10.10	63.5	275.8	Contributo a monte dell'immissione del rio Abba Fritta
B5_01A	0.5	5.9	29.2	Interbacini
J5_01A	14.99	115.2	549.1	Contributo a monte del diversivo San Nicola-Zozò
Diversivo SNI-ZOZ	14.99	95.2	379.2	Portata che scorre a valle del diversivo nel San Nicola
B5_01B	1.53	17.9	89.5	Interbacini
J5_01_cum	16.52	103.5	468.7	Foce del San Nicola

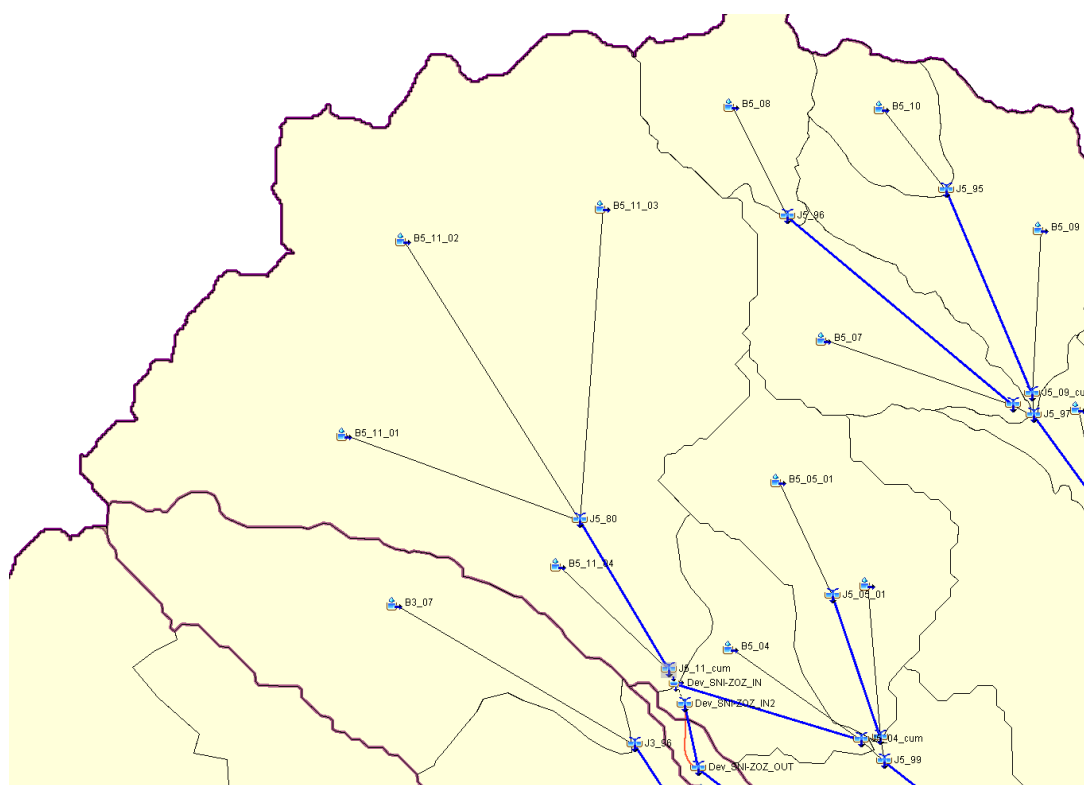


Figura 5.13 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio San Nicola a monte del deviatore San Nicola-Zozò.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

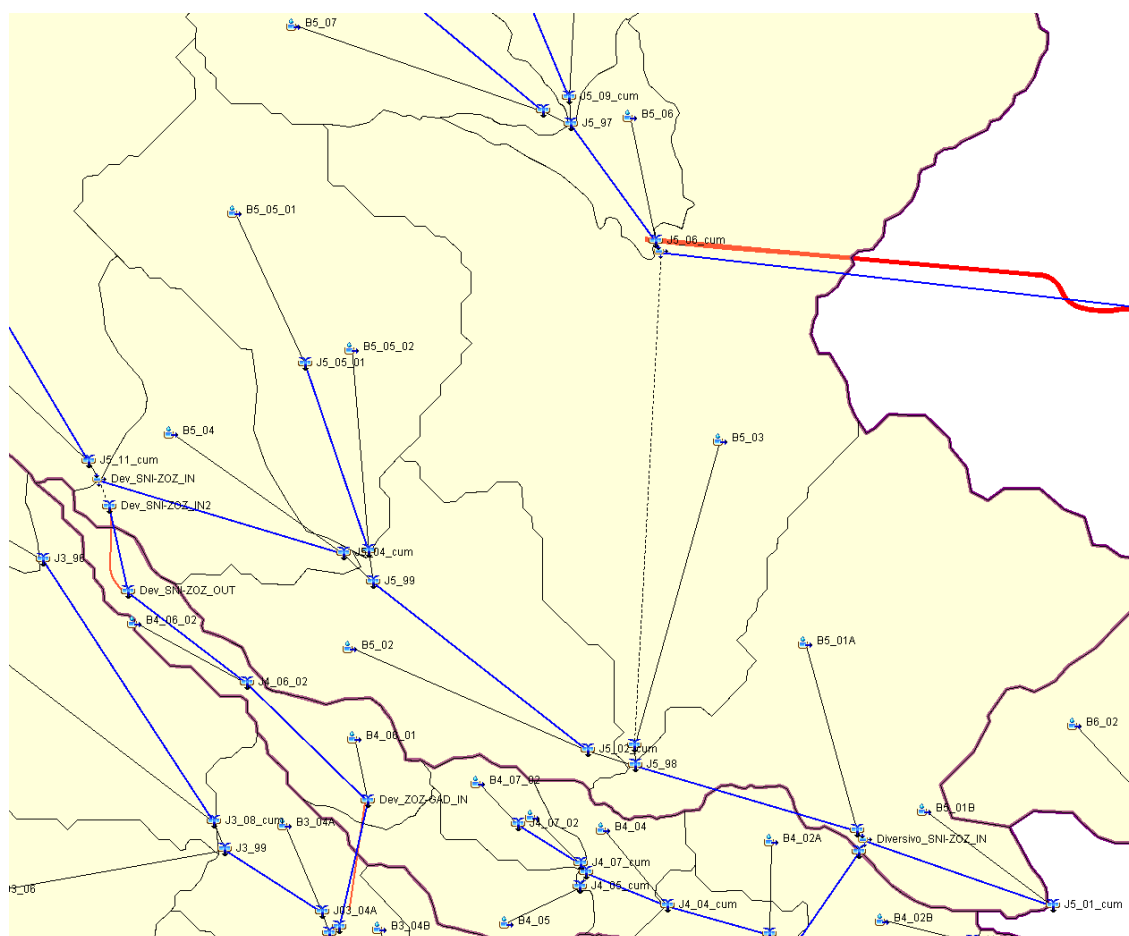


Figura 5.14 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio San Nicola a valle del deviatore San Nicola-Zozò.

5.1.13 Rio Abba Fritta

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del riu Abba Fritta e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

La portata scaricata dallo scolmatore 2 nel riu Cabu Abbas è pari a 47,7 m³/s, esito della somma della portata scolmata all'opera di presa Abba Fritta (40 m³/s) e delle portate generate dal bacino afferente al canale nel quale conferisce le portate anche lo scolmatore

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

2, prima dell'immissione nel rio Cabu Abbas.

Tabella 5.XIV Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Abba Fritta per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
B5_08	0.77	8.7	37.8	Bacino a monte dell'opera di presa
B5_10	0.41	4.7	21.0	Bacino a monte dell'opera di presa
B5_07	0.98	10.8	50.1	Bacino a monte dell'opera di presa
B5_09	1.36	15.4	69.7	Bacino a monte dell'opera di presa
B5_06	0.30	3.4	15.4	Bacino a monte dell'opera di presa
J5_06_cum	3.82	41.1	194.0	Contributo in arrivo allo scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas
B5_03	4.39	46.6	234.0	Bacino scolante a valle dell'opera di presa dello scolmatore
J5_03_cum	4.39	47.7	244.1	Sezione di chiusura del rio Abba Fritta



Figura 5.15 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Abba Fritta.

5.2 Bacino del Rio Cabu Abbas

Analogamente a quanto fatto per gli altri macrobacini, anche le piogge del Cabu Abbas sono ragguagliate all'area del macrobacino stesso.

Nella tabella che segue sono indicati i valori delle portate di picco associati ai vari sottobacini costituenti il bacino principale del riu Cabu Abbas e i corrispondenti volumi degli idrogrammi di piena associati a tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu.

Tabella 5.XV Valori di portata e volume nei sottobacini afferenti al rio Cabu Abbas per TR200 e Tp100 min.

ID	Area [km²]	Q [m³/s]	Volume [1000 m³]	Descrizione
CAB_05	0.900	13.0	72.8	Bacino a monte dello scolmatore
CAB_07	0.750	10.8	58.7	Bacino a monte dello scolmatore
CAB_06	0.274	4.0	22.3	Bacino a monte dello scolmatore
J_CAB_06	1.924	33.0	108.6	Contributo da monte prima dell'immissione dello scolmatore 2
J_CAB_03	0.72	12.4	41.0	Bacino dove si immette il tratto finale dello scolmatore
Sbocco scolmatore 2		48.5		Sezione di sbocco dello scolmatore 2 compreso J_CAB_03
CAB_02	0.65	10.2	21.2	Interbacini a valle dello scolmatore
CAB_04	0.78	10.7	23.5	Interbacini a valle dello scolmatore
CAB_01	1.58	20.5	37.0	Interbacini a valle dello scolmatore
Foce		117	544.2	Foce del Cabu Abbas con scolmatore 2

La portata complessiva alla foce del riu Cabu Abbas è pari a 117 m³/s, esito della somma idrologica della portata generata dal bacino proprio del riu Cabu Abbas - pari a monte della sezione di confluenza a 33 m³/s - e della portata scaricata dal canale scolmatore 2 pari a 48,5 m³/s

A questi due valori di portata si sommano i contributi di portata che il riu Cabu Abbas raccoglie a valle della sezione di immissione dello scolmatore 2.

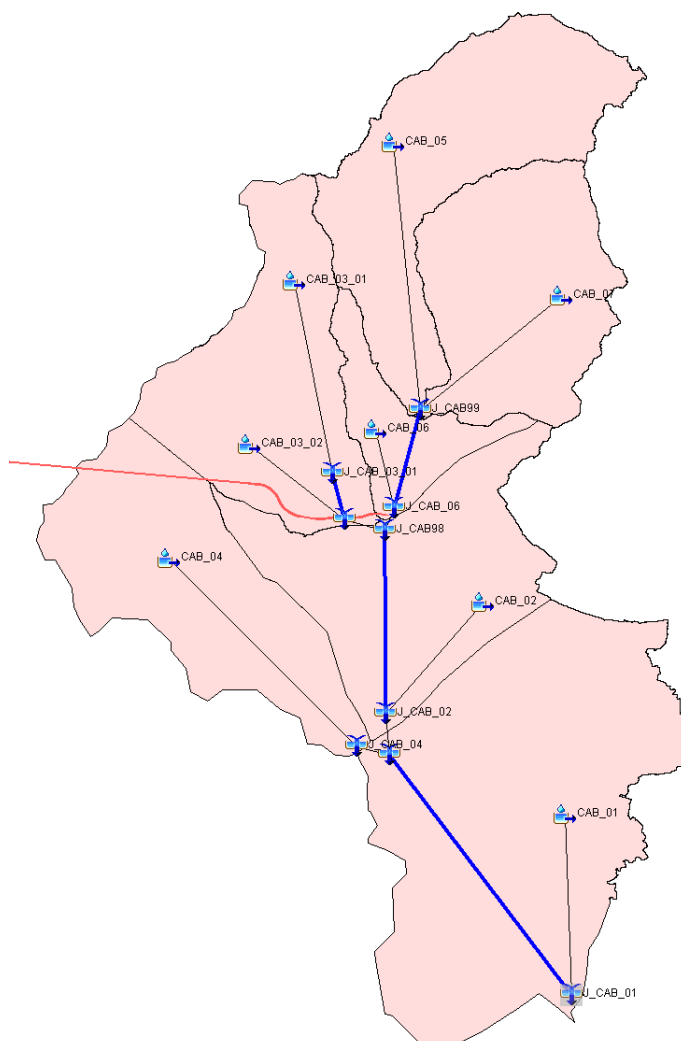


Figura 5.16 Schema del modello idrologico in HEC-HMS – Rio Cabu Abbas.

5.3 Portate idrologiche negli scolmatori

Considerando come evento di riferimento la durata che massimizza la portata TR200 nel riu Seligheddu (100 min), sono state estratte da modello idrologico le portate alle opere di presa (portate in arrivo all'Opera di Presa, portate scolmate in galleria, portate residue a valle dell'Opera di Presa).

La portata massima di dimensionamento TR200 dello scolmatore 1 in Padrongianus è pari a 307,8 m³/s. Invece per lo scolmatore 2 in Cabu Abbas, la portata scolmata è pari a 40 m³/s.

In Tabella 5.XVI sono indicate le aree sottese alle opere di presa, mentre in Tabella 5.XVII sono presentate le portate relative alle opere di presa degli scolmatori di progetto.

Tabella 5.XVI – Aree sottese alle opere di presa degli scolmatori.

Opera di presa	Area sottesa [km²]
SCOLMATORE 1	
Seligheddu	29.7
Pasana	1.9
Paule Longa	2.3
SCOLMATORE 2	
Abba Fritta	3.82

Tabella 5.XVII – Portate in corrispondenza delle opere di presa e delle opere di sbocco.

		TR [anni]	50	100	200	500
		Tp [min]	110	100	100	90
Abba Fritta	Q in arrivo all'OdP Abba Fritta	29.1	35.6	41.1	50.3	
	Abba Fritta in galleria	28	34.5	40	49.2	
	Abba Fritta a valle dell'OdP	1.1	1.1	1.1	1.1	
San Nicola	Q in arrivo all'OdP San Nicola	52.9	64.6	73.9	90.4	
	San Nicola nel deviatore	21.4	31.7	40	55	
	San Nicola a valle dell'OdP	31.5	32.9	33.9	35.4	
Seligheddu	Q in arrivo all'OdP Seligheddu	198.8	240.4	279.5	336.9	
	Seligheddu scolmato in galleria	198.2	239.8	278.9	336.3	
	Seligheddu a valle dell'OdP	0.6	0.6	0.6	0.6	
	Q totale in scolmatore	198.2	239.8	278.9	336.3	
Pasana	Q in arrivo all'OdP Pasana	14.6	17.9	20.6	25.4	
	Pasana scolmato in galleria	14.5	17.8	20.5	25.3	
	Pasana a valle dell'OdP	0.1	0.1	0.1	0.1	
	Q totale in scolmatore	206.1	247.8	289	346.9	
Paule Longa	Q in arrivo all'OdP Paule Longa	18.5	22.7	26.2	32.3	
	Paule Longa scolmato in galleria	18.4	21.6	24.1	29.2	
	Paole Longa a valle dell'OdP	0.1	1.1	2.1	3.1	
	Q totale in scolmatore	219.5	262.9	307.8	366.5	
Sbocchi	Scolmatore 1 – Padrongianus	219.2	262.8	307.0	365.4	
	Scolmatore 2 – Cabu Abbas	35.8	43.7	49.6	61.5	

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

6 EFFETTI DELL’IMMISSIONE DELLE PORTATE SCOLMATE NELL’ASTA DEL FIUME PADRONGIANUS

La soluzione di progetto si basa, come già descritto nei primi paragrafi della presente relazione, su una serie di canali di nuova realizzazione capaci di convogliare le portate non ammissibili lungo le aste urbane dei canali esistenti verso ricettori di maggiore capacità idraulica.

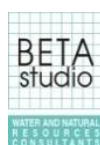
Il caso più importante è costituito dallo scolmatore 1 che recapita le acque di piena del Riu Seligheddu, del Rio Pasana e del riu Paule Longa nel fiume Padrongianus.

L'idrogramma Tr200 di riferimento della piena del riu Padrongianus nel tratto dove scarica il canale scolmatore 1 è quello riportato nella Variante Generale al PAI di Olbia adottata nel 2022-2023. È stato ottenuto con piogge ragguagliate alla chiusura di ciascun macrobacino (nel caso in esame soprattutto PAD03 e PAD04) e con tempo di pioggia pari a quello critico (90 minuti o 130 minuti per PAD03 e PAD04) e tempo di ritorno di 200 anni. Nella sezione di sbocco del canale scolmatore 1, subito a valle della confluenza idrologica dei bacini PAD03 e PAD04, secondo la Variante Generale al PAI di Olbia adottata nel 2022-2023 la portata idrologica al colmo Tr200 è pari a circa 1'930 m³/s (cfr. Tabella 5.35 – Confronto dei picchi di portata in sezioni di chiusura corrispondenti a quelle del PAI 2020 e del PSFF della Relazione Idrologica della Variante PAI; circa 1'620 m³/s per PSFF del 2008 e circa 1'470 per PAI del 2020). In Figura 6.1 e Tabella 6.I gli idrogrammi utilizzati nella Variante Generale al PAI di Olbia adottata nel 2022-2023 per la mappatura delle zone pericolose del tratto terminale del riu Padrongianus.

Il valore di 1930 m³/s al colmo è davvero una portata estrema, anche per via del coefficiente di ragguaglio di PAD03 e di quello di PAD04, calcolato sulle estensioni dei due singoli macrobacini, ciascuno di circa 115 km².

Il fatto di aver considerato per i due sottobacini durate di pioggia differenti, ciascuna massimizzante la portata del singolo sottobacino, è un'assunzione estremamente cautelativa e che produce portate più elevate di quelle che produrrebbe idrologicamente la somma dei due bacini per una durata di pioggia uguale per entrambi i sottobacini.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Si noti come l'idrogramma di piena “Totale da PAI2023” riportato nella figura che segue, nello sdf davanti al Depuratore e pari a quello considerato nella Variante Generale al PAI 2022-2023, è la somma degli idrogrammi dei singoli macrobacini ciascuno dei quali ottenuto con le proprie durate critiche: è del tutto evidente il carattere assolutamente cautelativo di tale approccio che massimizza la portata di picco totale.

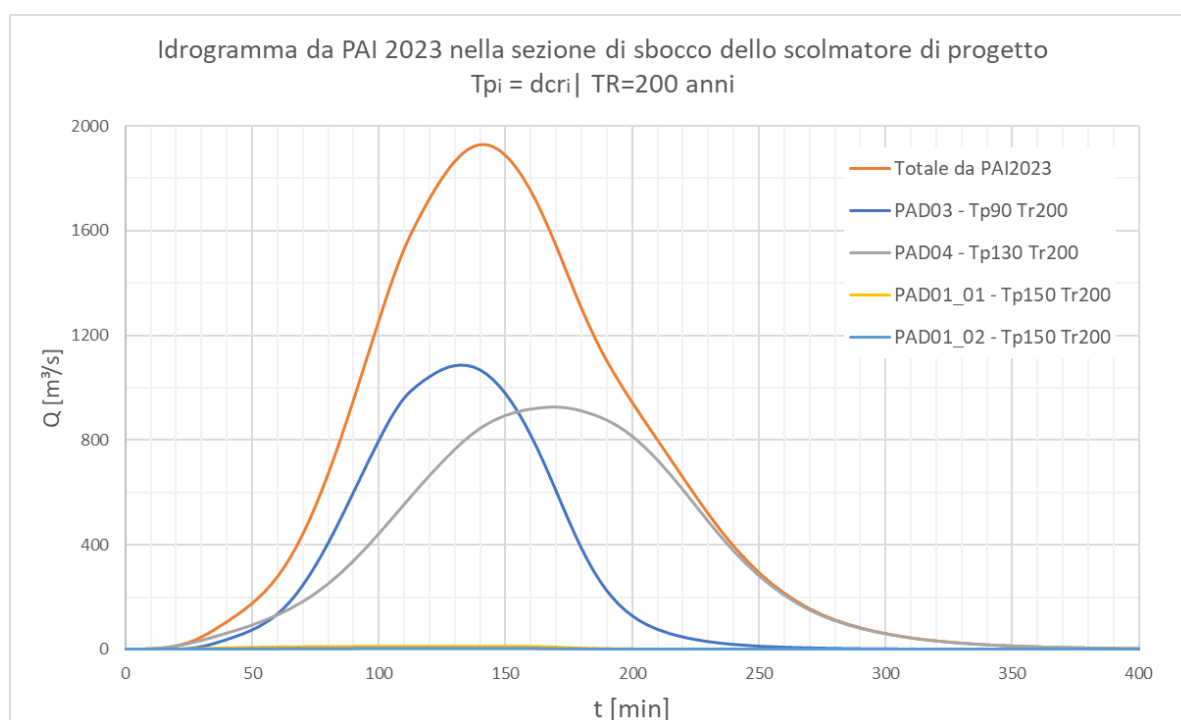


Figura 6.1 - Idrogramma da modello idrologico del PAI 2022-2023, inviluppo di scenari critici per i diversi rami, utilizzati per la mappatura delle aree pericolose nel Padrongianus.

Tabella 6.1 – Bacini contribuenti al tratto di interesse.

Bacino	Scenario	Portata di picco [m³/s]
PAD03 (chiusura di PAD03_11)	Tp=90 min TR=200 anni	1085.8
PAD04 (chiusura di PAD04_10)	Tp=130 min TR=200 anni	926.5
PAD01_01	Tp=150 min TR=200 anni	13.1
PAD01_02	Tp=150 min TR=200 anni	3.4
Totale da PAI 2022-2023	Tpi = dcri TR=200 anni	1930 (somma idrologica, cfr grafico degli idrogrammi)

Si segnala come la determinazione della portata di picco del riu Padrongianus nella sezione di scarico del canale scolmatore 1 sia stata operata, come fatto nella Variante PAI per tutte le altre sezioni, mediante la somma idrologica dei contributi dei macrobacini di monte, in particolare PAD-03 e PAD-04. Come si vede dal grafico sopra, i picchi degli idrogrammi di tali macrobacini hanno uno sfasamento pari a circa 50 minuti e tale sfasamento comporta una **non sovrapposizione dei picchi** e quindi la determinazione di un idrogramma risultante avente portata di picco di $1'930 \text{ m}^3/\text{s}$ e non, invece, la somma dei picchi riportati nella tabella che sarebbe pari a $2'028,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con tale analogo criterio sarà nel seguito considerato il contributo in ingresso al Padrongianus dello scolmatore 1, come fosse un ulteriore macrobacino contribuente al riu Padrongianus.

Tutto ciò premesso, per studiare la configurazione di progetto e quindi l'immissione delle portate dello scolmatore 1 nel riu Padrongianus, è necessario effettuare alcune precisazioni e assunzioni sugli scenari di eventi meteorologici estremi, in particolare sulle condizioni di piena nello scolmatore 1 (che drena un bacino molto più piccolo di quello del riu Padrongianus) e del ricettore dello scolmatore 1, riu Padrongianus.

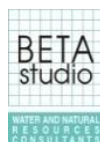
Vi è innanzitutto la necessità di definire uno (o più) scenario di progetto.

Si assume che lo scenario di progetto sia quello relativo ad un evento $T_r=200$ anni e $t_p=100$ min, pari alla durata critica del bacino del Rio Seligheddu e, diciamo pure, di tutta l'Area Urbana.

Inoltre, nella definizione dell'evento di progetto si assume **la unitarietà e la contemporaneità di evento** nell'Area Urbana e nel Padrongianus con **diverse distribuzioni meteoriche (ovvero diverse modalità di ragguaglio della pioggia sulle estensioni dei due bacini)**, maggiorando quella in Padrongianus (scenario 3) oppure quella in Area urbana (scenario 2) ovvero uniformandola (scenario 1).

Le portate indicate di seguito sono portate idrologiche, ricavate dal modello idrologico in HEC-HMS sviluppato in occasione della redazione della Variante Generale al PAI 2022-2023 di Olbia.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Si evidenzia che il macrobacino dell’Area urbana e quello del Padrongianus ricadono in due zone VAPI differenti, come spiegato nella relazione idrologica del PAI 2022-2023 di Olbia; pertanto, a parità di altre condizioni, presentano altezze di pioggia differenti (anche in assenza di ragguaglio).

In analogia a quanto svolto nella Variante Generale al PAI 2022-2023, in tutti gli scenari di progetto, gli idrogrammi del Padrongianus a monte dello sbocco (dello scolmatore) e dello scolmatore stesso vengono sommati non modificando lo sfasamento naturale dei picchi legato alla grande differenza tra le superfici drenate.

Ciò comporta che la portata al colmo dell’idrogramma di valle dello scarico dello scolmatore non sia pari alla somma dei due valori al colmo. Questo è quel che succede in tutte le giunzioni idrauliche tra due o più rami drenanti diverse porzioni del bacino idrografico.

6.1 Scenario 1 (ragguaglio sull’intero bacino Padrongianus + Bacino urbano)

Le piogge sono state ragguagliate sull’intero bacino di 512 km² interessato dall’evento pluviometrico, usando le formule riportate al paragrafo 4.1.3 e ottenendo un coefficiente di ragguaglio “r” pari a 0,71. I valori di riferimento si possono vedere in Tabella 6.II.

Tabella 6.II – Altezze di pioggia e coefficiente di ragguaglio per lo Scenario 1.

	Area Urbana	Padrongianus
Area [km ²]	72.84	439.16
TR [anni]	200	200
Tp [min]	100	100
h [mm]	82.5	86.4
r (coeff. ragguaglio)	0.71	0.71
h _{ragg} [mm]	58.6	61.3

Lo scenario 1 restituisce una portata di picco dello scolmatore pari a 280 m³/s e del Padrongianus a valle dello scarico dello scolmatore di 1.753 m³/s (Figura 6.2 e Tabella 6.III).

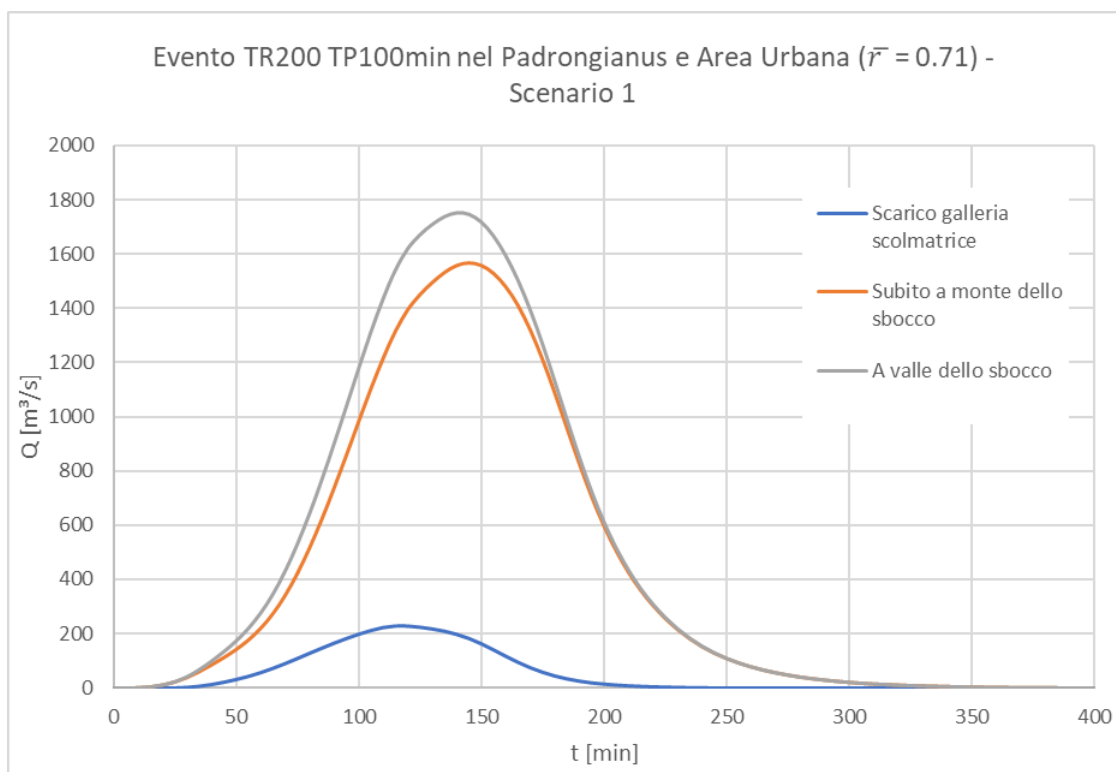


Figura 6.2 – Idrogrammi allo sbocco della galleria scolmatrice – Scenario 1.

Tabella 6.III – Portate e tempi di picco degli idrogrammi in corrispondenza dello sbocco della galleria – Scenario 1.

	Q picco [m³/s]	T picco idrogramma [min]
Scarico galleria scolmatrice	228	115
Padrongianus subito a monte dello sbocco	1.565	145
Padrongianus A valle dello sbocco	1.753	140

6.2 Scenario 2 (massima portata nello scolmatore 1)

Le piogge sono state ragguagliate in modo differente su Area Urbana e Padrongianus, mantenendo il medesimo valore ragguagliato sulla loro area complessiva (0,71) ma

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

massimizzando quello dell'Area Urbana con una pioggia concentrata su quest'ultima ($r=0,90$) e ricavando quello sul Padrongianus come complemento. I valori di riferimento si possono vedere in Tabella 6.IV.

Tabella 6.IV – Altezze di pioggia e coefficiente di ragguaglio per lo Scenario 2.

	Area Urbana	Padrongianus	TOT
Area [km ²]	72.8	439.2	512
TR [anni]	200	200	
Tp [min]	100	100	
h [mm]	82.5	86.4	
r (coeff. ragguaglio)	0.90	0.68	0.71
h _{ragg} [mm]	74.3	58.8	

Lo scenario 2 restituisce una portata di picco dello scolmatore pari a circa 308 m³/s e del Padrongianus a valle dello scarico dello scolmatore di 1'816 m³/s (Figura 6.3 e Tabella 6.V).

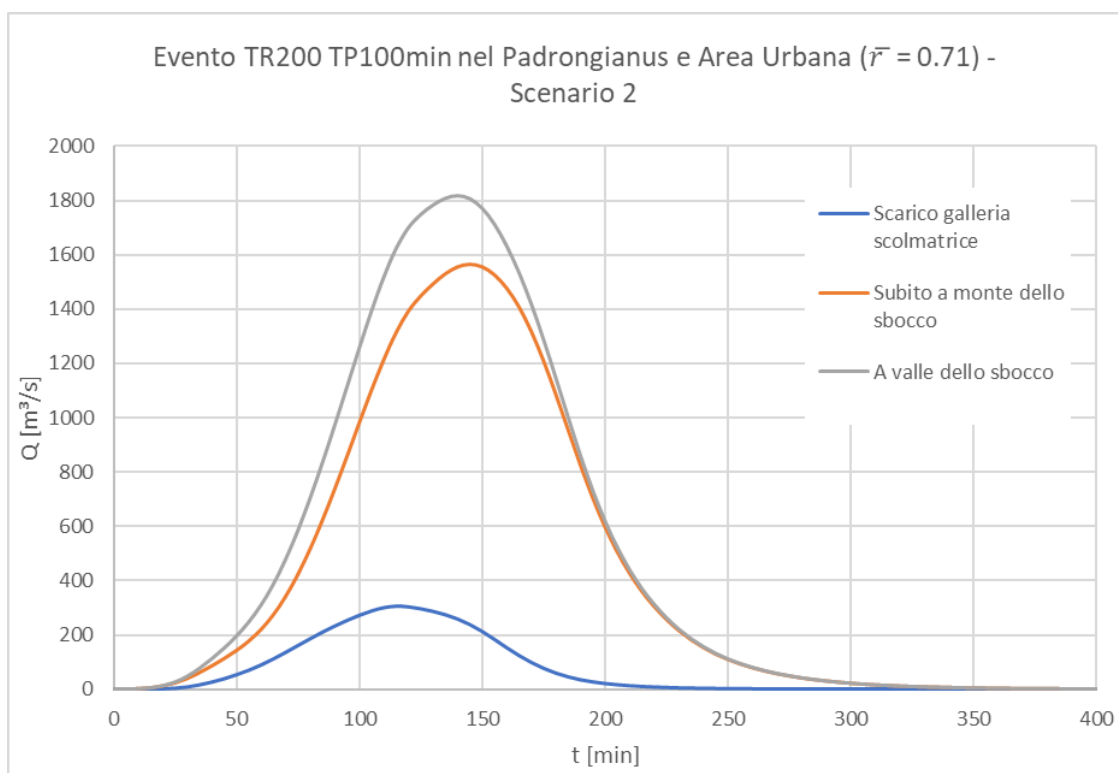


Figura 6.3 – Idrogrammi allo sbocco della galleria scolmatrice – Scenario 2.

Tabella 6.V – Portate e tempi di picco degli idrogrammi in corrispondenza dello sbocco della galleria – Scenario 2.

	Q picco [m³/s]	T picco idrogramma [min]
Scarico galleria scolmatrice	308	115
Padrongianus subito a monte dello sbocco	1.565	145
Padrongianus a valle dello sbocco	1.816	140

6.3 Scenario 3 (massima portata nel riu Padrongianus)

Le piogge sono state ragguagliate in modo differente su Area Urbana e Padrongianus, mantenendo, come prima, il medesimo valore ragguagliato sulla loro area complessiva (0,71) ma massimizzando quello del Padrongianus con una pioggia concentrata su quest'ultima ($r=0,72$) e ricavando quello sull'Area Urbana come complemento.

I valori di riferimento si possono vedere in Tabella 6.VI.

Tabella 6.VI – Altezze di pioggia e coefficiente di ragguaglio per lo Scenario 3.

	Area Urbana	Padrongianus	TOT
Area [km²]	72.8	439.2	512
TR [anni]	200	200	
Tp [min]	100	100	
h [mm]	82.5	86.4	
r (coeff. ragguaglio)	0.65	0.72	0.71
h _{ragg} [mm]	53.6	62.2	

Lo scenario 3 restituisce una portata di picco dello scolmatore 1 pari a 202 m³/s e del Padrongianus a valle dello scarico dello scolmatore di circa 1'856 m³/s (Figura 6.4 e Tabella 6.VII).

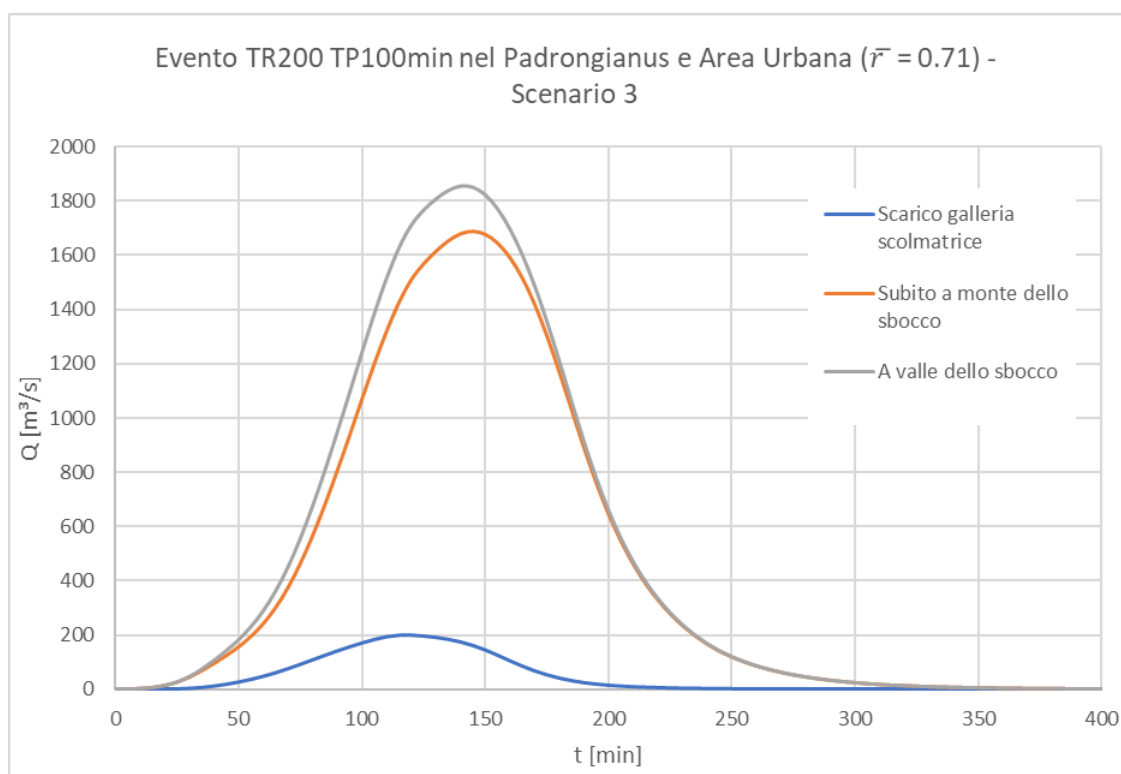


Figura 6.4 – Idrogrammi allo sbocco della galleria scolmatrice – Scenario 3.

Tabella 6.VII – Portate e tempi di picco degli idrogrammi in corrispondenza dello sbocco della galleria – Scenario 3.

	Q picco [m³/s]	T picco idrogramma [min]
Scarico galleria scolmatrice	202	120
Subito a monte dello sbocco	1.689	145
A valle dello sbocco	1.856	140

6.4 Confronto dei 3 scenari con l'idrogramma del PAI 2022-2023

Come si può notare sia da Figura 6.5 che da Tabella 6.VIII, in tutti gli scenari di progetto, il picco di piena del Riu Padrongianus, a valle dell'immissione delle portate dello scolmatore 1, risulta inferiore rispetto a quello riportato nella variante Generale al PAI di Olbia, 2022-2023.

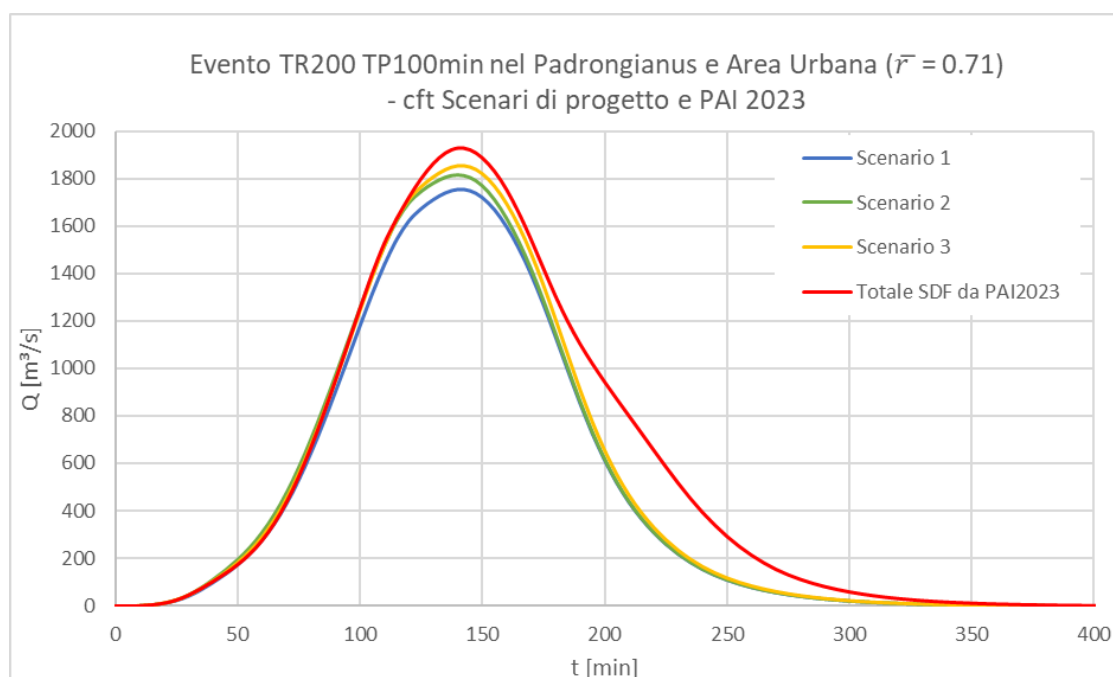


Figura 6.5 Confronto degli idrogrammi di progetto nei vari scenari e l'idrogramma risultante da PAI 2022-2023 (rosso).

Tabella 6. VIII – Confronto delle portate di picco a valle dello sbocco della galleria allo SDP nei vari scenari e allo SDF nel PAI 2022-2023.

	Q picco Padrongianus a valle dello scarico [m³/s]
SCENARIO 1	1'753
SCENARIO 2	1'816
SCENARIO 3	1'856
PAI 2022-2023	1'930

Tutti gli scenari evidenziano per il Padrongianus, davanti al Depuratore di Olbia, loc. Sa Coroncedda, portate al colmo inferiori a quelle dello stato di fatto riportate nella Variante Generale PAI 2022-2023. Tutti gli scenari, cioè, conducono per il Padrongianus a livelli idrometrici massimi inferiori a quelli riportati nella variante Generale al PAI 2022-2023, **non modificando pertanto le pericolosità idraulica ed il rischio idraulico delle aree a valle e a monte dello scarico** dello scolmatore n. 1.

Ciò è dovuto innanzitutto, lavorando a scala ridotta, ad una più precisa distribuzione dei coefficienti di ragguaglio nei singoli macrobacini porti a monte dello scarico dello scolmatore

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

1 ma anche allo sfasamento temporale tra il colmo della piena dei bacini scolmati dall'Area Urbana e della piena del Padrongianus nella sezione del Depuratore, poiché le aree sottese hanno rispettivamente superficie di 34 km² e 233,5 km². Sfasamento che, come evidenziato nel capitolo 3.3.1, risulta fortemente condizionato dalla formulazione del tempo di corrivazione utilizzata in PSFF/PAI (metodo CN-SCS) inferiore di parecchio a quello di origine sperimentale o tradizionale (Cao, Piga, Salis, Sechi, La valutazione delle Piene in Sardegna, 1991).

La verifica idraulica del canale scolmatore 1 viene pertanto condotta con riferimento alla combinazione di portate dello scenario 2, cioè quello che massimizza la portata nel canale scolmatore 1, piuttosto che nello scenario 3 che vede nel Padrongianus una portata al colmo di poco maggiore (e quindi livelli idrometrici di poco superiori, meno di 8 cm, cfr. Relazione Idraulica).