



# COMUNE DI PERFUGAS

# PROGETTO A SCALA DI BACINO FUNZIONALE ALLA MANUTENZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA (DIRETTIVA C.I. N. 1 DEL 20.05.2015 PER LA MANUTENZIONE DEGLI ALVEI E LA GESTIONE DEI SEDIMENTI)

## **PROGETTO ESECUTIVO**



**Allegato**

B

# RELAZIONE TECNICA E ANALISI CONOSCITIVE

Scala

**SarLand**  
Ingegneria e Architettura



Ing. Alessandro Lai  
Dott. Geol. Antonello P.L. Gellone  
Ing. Alice Scana  
Ing. Marcello Mesina  
Ing. Michele Francesco Mannai  
Ing. Francesco Lai



## **CONSULENZA AGRONOMICA**

## GRUPPO DI LAVORO

## COMMITTENTE:

COMUNE DI PERUGIA

**RESPONSABILE  
UNICO DEL PROGETTO**  
*Geom. Francesco Manunta*

## Indice

1	Premessa .....	1
2	Definizione del contesto di riferimento .....	2
3	Descrizione degli interventi .....	3
3.1	Taglio selettivo della vegetazione .....	3
3.2	Rimozione materiali estranei all'alveo di natura antropica .....	5
3.3	Indicazioni accessorie per lo svolgimento dei lavori .....	5
3.4	Fasi di Lavorazione .....	5
4	Analisi idrologica .....	6
4.1	Parametri morfometrici .....	6
4.2	Determinazione del Curve Number (CN) .....	6
4.3	Tempo di corrievazione .....	8
4.4	Determinazione delle portate di piena .....	9
4.4.1	Metodo diretto .....	9
4.4.2	Metodo indiretto .....	10
4.4.2.1	Curve di possibilità pluviometrica .....	11
4.4.3	Riepilogo delle portate di piena ottenute .....	13
5	Inquadramento geologico .....	14
5.1	Rio Calvai .....	14
5.2	Riu Idda .....	14
5.3	Riu Tortu .....	15
5.4	Rio Anzos .....	15
5.5	Corsi d'acqua minori SS127 - SS672 .....	16
5.6	Considerazioni sul trasporto solido .....	16
6	Analisi delle caratteristiche dell'alveo .....	18
6.1	Analisi della vegetazione .....	18
6.1.1	Metodologia di lavoro .....	18
6.2	Caratterizzazione della scabrezza idraulica .....	19
7	Analisi idraulica .....	20
7.1	Metodologia di calcolo .....	20
7.2	Impostazioni dei modelli idraulici .....	20
7.2.1	Schematizzazione geometrica .....	20
7.2.2	Condizioni al contorno e portate .....	20
7.2.3	Modellazione delle opere interferenti .....	21
7.2.4	Coefficiente di scabrezza .....	21
7.3	Analisi dei risultati .....	22
7.3.1	Rio Calvai .....	22
7.3.2	Riu Idda .....	22
7.3.3	Riu Tortu .....	22
7.3.4	Riu Anzos .....	23
7.3.5	Corsi d'acqua minori SS127 - SS672 .....	23

## 1 Premessa

Il Comune di Perfugas, ha affidato alla scrivente l'incarico finalizzato al Progetto a scala di bacino funzionale alla manutenzione della rete idrografica, sviluppato secondo la Direttiva per la manutenzione degli alvei e la gestione dei sedimenti artt. 13 e 15 delle N.A. del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (PAI) di cui alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.3 del 07.07.2015.

Il progetto è finalizzato quindi a garantire la funzionalità idraulica dei corsi d'acqua attraverso la riduzione dei sovralluvionamenti e delle erosioni, il controllo selettivo della vegetazione, il ripristino del funzionamento delle opere idrauliche consentendo al Comune di Perfugas di Pianificare la gestione del Territorio sapendo cosa fare, quanto e dove intervenire. L'obiettivo è quello di agire in termini manutentivi e di gestione sistematica sul reticolto idrografico dopo un'attenta ricognizione idrologica, idraulica, agronomica e geomorfologica. Il gruppo di progettazione è stato composto con questo obiettivo, comprendendo, l'ingegnere idraulico, l'ingegnere ambientale, il geologo e l'agronomo.

Dal punto di vista idrografico, il comune di Perfugas è lambito sul suo confine orientale e settentrionale dal Fiume Coghinas, principale corso d'acqua della provincia di Sassari. Tutti i corsi d'acqua oggetto del presente studio appartengono allo stesso sistema idrografico, poiché affluenti del Fiume Coghinas che degradano dalle pendici di *Su Sassu* sino alla valle in cui è localizzato il centro urbano e dove scorrono il Rio Anzos ed il rio Altana, oltre a numerosi torrenti.

Il progetto prevede un intervento di manutenzione che consta nel taglio selettivo della vegetazione in alveo e sulle sponde con il fine di ripristinare la funzionalità idraulica, con priorità ai tratti di corso d'acqua dove la funzionalità idraulica è compromessa dalla presenza di vegetazione e opere interferenti, e quelle in cui vi sono aree ad alto rischio idraulico dovuto alla presenza di elementi a rischio (centri abitati, aree produttive, strade).

La presente relazione rappresenta la relazione tecnica redatta secondo il capitolato della succitata *Direttiva per la manutenzione degli alvei e la gestione dei sedimenti* e riporta l'analisi conoscitiva effettuata, una descrizione quantitativa e qualitativa degli interventi in progetto i criteri di scelta degli interventi stessi, nonché i benefici dal punto di vista idraulico. Il piano di manutenzione è stato redatto a scala di bacino, come detto, grazie ad una approfondita fase conoscitiva e rilievi con analisi idrauliche, geologiche/geomorfologiche e vegetazionali, sulla base delle quali sono state individuate le modalità di intervento e i criteri di gestione.

## 2 Definizione del contesto di riferimento

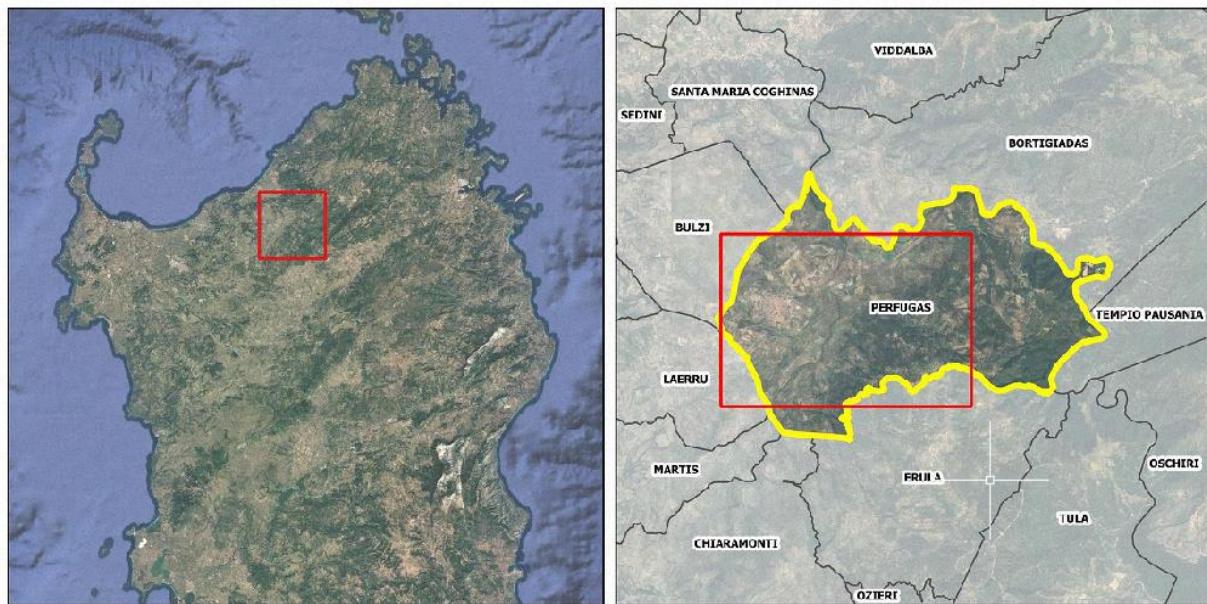


Figura 1: Localizzazione dell'intervento

Il Comune di Perfugas è localizzato in provincia di Sassari, nell'alta valle della regione storia dell'Anglona, in posizione centro-orientale rispetto ai confini naturali con la Gallura, segnati dal medio corso del fiume Coghinas. L'area in esame è rappresentata topograficamente nei fogli n° 180 e 181 della carta d'Italia I.G.M. alla scala 1:100.000 ed è localizzata nella nuova cartografia a scala 1:25.000 nella sezione 442-II.

Dal punto di vista idrografico, il comune di Perfugas è lambito sul suo confine orientale e settentrionale dal Fiume Coghinas, principale corso d'acqua della provincia di Sassari. Tutti i corsi d'acqua oggetto del presente studio appartengono allo stesso sistema idrografico, poiché affluenti del Fiume Coghinas che degradano dalle pendici di Su Sassu sino alla valle in cui è localizzato il centro urbano e dove scorrono il Rio Anzos ed il rio Altana, oltre a numerosi torrenti.

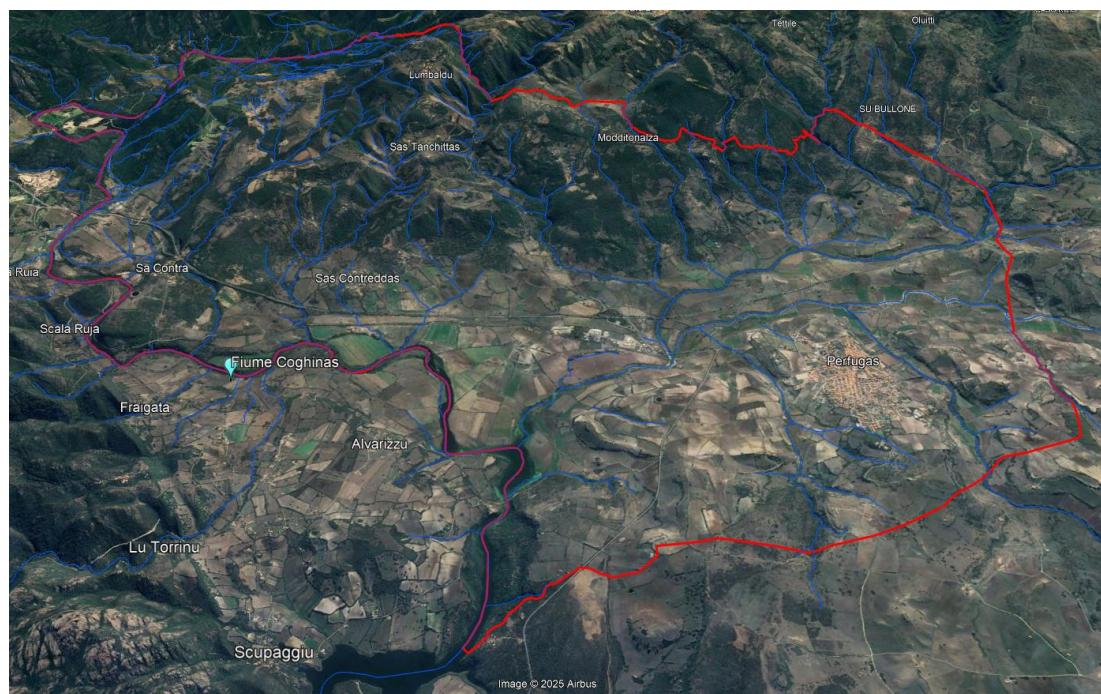


Figura 2: Sistema idrografico

### 3 Descrizione degli interventi

L'analisi effettuata ha permesso di identificare, per ciascuna asta fluviale oggetto di studio, gli interventi necessari, individuando le diverse priorità in considerazione delle cifre a disposizione. Particolare attenzione è stata posta ai tratti localizzati a monte di ponti, tombini ed altre opere interferenti con i deflussi, con allargamenti della sezione idraulica dimensionati sulla portata di piena duecentennale ed in prossimità dei centri abitati e nelle aree a rischio idraulico.

Si prevede un intervento di manutenzione che consta nel taglio selettivo della vegetazione in alveo e sulle sponde con il fine di ripristinare la funzionalità idraulica, con priorità ai tratti di corso d'acqua dove la funzionalità idraulica è compromessa dalla presenza di vegetazione e opere interferenti, e quelle in cui vi sono aree ad alto rischio idraulico dovuto alla presenza di elementi a rischio (centri abitati, aree produttive, strade).

Più nello specifico, saranno oggetto di intervento dei tratti dei seguenti elementi idrici ricadenti in comune di Perfugas:

- Rio Calvai
- Rio Tortu
- Rio Idda
- Rio Anzos
- Corsi d'acqua minori in corrispondenza delle Stade Statali SS127 e SS672 (EL\_IDR\_090056\_0005, Fiume\_141963, Fiume\_78929, Fiume\_79548)

#### 3.1 Taglio selettivo della vegetazione

Riprendendo quanto riportato nelle Direttive per la manutenzione degli alvei, si procederà al controllo della vegetazione sulla sezione trasversale dei tratti d'alveo analizzati mediante rimozione graduale e differenziata, dal centro verso le sponde, ed in base alla resistenza esercitata sulla corrente della vegetazione rinvenuta. A tal proposito, mediante la classificazione della vegetazione e la determinazione dei coefficienti di scabrezza idraulica, si è potuta determinare anche la resistenza esercitata dalla vegetazione stessa.

Le modalità di taglio sono state definite tenendo in considerazione:

- La capacità della vegetazione di modificare la scabrezza idraulica in base alla sua flessibilità, calcolata non solo in funzione delle caratteristiche delle singole specie, ma anche in funzione della densità di copertura della vegetazione nel tratto in esame;
- la posizione della vegetazione all'interno dell'alveo, soprattutto quella arborea, per non compromettere la funzionalità di infrastrutture ed opere idrauliche;
- il livello di senescenza, o comunque di instabilità (disassamento) degli individui arborei;
- la possibilità di salvaguardare determinate specie

In generale, si sono identificate diverse modalità di intervento:

- rimozione della vegetazione arborea e arbustiva presente nelle sezioni con alveo inciso a partire dal centro alveo, in particolare qualora esistano condizioni di rischio idraulico;
- taglio vegetazione arborea a medio ed alto fusto;
- contenimento dello sviluppo della vegetazione di sponda, selezionando le specie che costituiscono un ostacolo al deflusso, e ponendo particolare attenzione alle operazioni di taglio in presenza di specie che garantiscono la stabilità delle sponde.

Non si sono previste operazioni in aree nella quale è prevista vegetazione erbacea flessibile che non influisce significativamente sui deflussi.

Gli interventi previsti a carico della vegetazione arborea consistono nel taglio selettivo degli alberi troppo sviluppati e/o pericolanti che costituiscono ostruzioni o possono essere fonte di ostruzione, a partire dalle specie alloctone. Non si prevede la devitalizzazione delle ceppaie. Nella esecuzione dei tagli si avrà cura di “non lasciare completamente privi di vegetazione lunghi tratti di sponda per evitare l'eccessivo sviluppo di piante acquatiche dovuto alla mancanza di ombreggiamento e anche per evidenti ragioni ecologiche e paesaggistiche, nonché di erosione di sponda”.

Non saranno rimosse le ceppaie presenti sulle sponde che contribuiscono al consolidamento delle sponde stesse originando una copertura vegetale flessibile e assicurano la continuità della vegetazione, non andranno rimosse.

Per quanto riguarda le modalità di taglio della vegetazione arborea, si rimanda alle richiamate direttive per la manutenzione degli alvei. Si riportano di seguito delle specifiche indicazioni in merito.

Gli interventi sui grandi alberi nei luoghi accessibili andranno effettuati con l'utilizzo di piattaforme. In luoghi poco accessibili e in zone boscate si dovranno impiegare le tecniche di taglio proprie dei lavori in foresta. I tagli dovranno essere eseguiti secondo le norme forestali.

Per quanto riguarda le potature dovranno essere fatte quelle miranti ad eliminare situazioni di rischio, come grosse branche o rami che possono cadere in zone in cui vi sia una fruizione pubblica.

La potatura potrà anche essere effettuata per la rimonta del secco su alberi di particolare pregio o nel caso il seccume diffuso possa originare situazioni di rischio. I tagli vanno fatti con utensili taglienti che non provochino slabbrature e non vanno lasciati monconi residui. Sia su alberi isolati che su alberi in bosco non si devono fare interventi di capitozzatura.

Per lo sfoltimento dei polloni sulle ceppaie i tagli devono avere superfici nette, inclinate verso la parte esterna a non più di 10 cm dall'inserzione del pollone.

I residui del taglio vanno rimossi dall'alveo qualora costituiscano ostacolo al deflusso, salvo che non vi sono programmi di ripopolamento faunistico, che evidenzino la necessità di creare microhabitat utilizzando porzioni di vegetazione rimossa; questa soluzione non deve in ogni caso aumentare le condizioni di rischio idraulico in loco e a valle, né creare impedimento allo scorrere della corrente in prossimità di ponti.

Gli interventi vanno eseguiti preferibilmente nei mesi dormienti per la vegetazione, in genere da settembre a marzo e lontano dai periodi di riproduzione della fauna e facendo attenzione al periodo delle piene fluviali e tenendo conto dei cicli biologici delle specie presenti nel corpo idrico oggetto di intervento.

Con specifico riguardo agli interventi previsti a carico della vegetazione arbustiva, essendo quest'ultima generalmente di diametro inferiore ai 5 cm, e ritenendo necessaria una completa asportazione della vegetazione presente nel fondo alveo, specialmente in prossimità degli attraversamenti stradali, si ritiene di poterli classificare fra le operazioni di sfalcio. Queste saranno eseguite sempre con attrezzatura meccanica, manuale o portata da trattice, avente capacità di taglio anche per fusti ramificati e significati.

Anche in questo caso, considerata la flessibilità degli arbusti e la loro meno resistenza alla corrente dei corsi d'acqua di quella arborea, non verranno rimosse le ceppaie, consentendo così una rapida ricrescita della vegetazione giovanile e flessibile che non crea ostacolo al deflusso delle acque.

Con riguardo all'epoca di esecuzione, sarà data preferenza ai mesi dormienti per la vegetazione (settembre- marzo) compatibilmente con il verificarsi delle piene fluviali, a meno di diverse motivate esigenze.

Gli sfalci, eseguiti in questa maniera, saranno in grado di contenere efficacemente anche la vegetazione erbacea, avendo cura di regolare l'altezza di taglio in maniera tale da non intaccare lo strato terroso consolidato dalle radici, sia sul fondo (nel caso di lavori in asciutto) che e soprattutto sulle sponde, al piede delle quali è necessario riservare una fascia vegetata per evitare cedimenti di sponda.

Sebbene le indagini sulla vegetazione non abbiano mostrato la presenza di specie tutelate, qualora li identificassero essenze protette, dovrà essere garantita la totale salvaguardia delle stesse.

Le lavorazioni inoltre dovranno tenere in debita considerazione la presenza di manufatti quali: ponticelli, tombini, cavalcafossi, passerelle in legno, opere di sostegno quali tralicci, pali in legno o metallo sia di linee elettriche che di altri impianti pubblici o privati, garantendo che la loro funzionalità non venga intaccata.

Data la natura degli interventi non si prevedono significativi conferimenti in discarica poiché le lavorazioni consisteranno essenzialmente nella trinciatura della vegetazione in eccesso in alveo. Essa verrà sostanzialmente sminuzzata e polverizzata, pertanto non se ne prevede il conferimento in discarica. Tuttavia, in via forfettaria vengono considerate per ogni singola asta una piccola percentuale di eventuali conferimenti di parti non trinciabili o cippabili.

### **3.2 Rimozione materiali estranei all'alveo di natura antropica**

L'esecuzione degli interventi riportati in precedenza non può prescindere dalla rimozione di eventuali ulteriori materiali e rifiuti trasportati e accumulati all'interno del corso d'acqua, che dovranno essere conferiti regolarmente a discarica durante le operazioni di pulizia dell'alveo.

### **3.3 Indicazioni accessorie per lo svolgimento dei lavori**

Si riportano di seguito delle indicazioni sullo svolgimento dei lavori così come previste nella Direttiva.

La movimentazione del materiale deve evitare cumuli di stoccaggio in alveo che possono essere causa di ostruzione al regolare deflusso delle acque anche di magra.

Il trasporto del materiale si dovrà eseguire con mezzi dotati di cassoni con la parte posteriore a tenuta stagna e copertura superiore. La manutenzione ordinaria dei mezzi di cantiere va eseguita in cantiere e in apposite aree attrezzata al fine di tutelarsi da accidentali sversamenti di sostanze inquinanti.

In occasione di previsione di piene e nella sospensione dei lavori i mezzi vanno portati fuori dall'alveo, a quota di sicurezza rispetto ai livelli idrici al fine di non creare ostacolo al regolare deflusso dell'acqua.

### **3.4 Fasi di Lavorazione**

Si illustrano di seguito le fasi di intervento previste:

- accantieramento (recinzione area di cantiere, segnaletica, installazione baracche ufficio e servizi sanitari-logistico-assistenziali, postazioni fisse lavoro e deposito, piste e rampe, area stoccaggio temporaneo inerti, etc);
- realizzazione di eventuali strade di accesso;
- pulizia dell'alveo e sua regolarizzazione;
- ripristino stato dei luoghi;
- rimozione cantiere.

Le lavorazioni potranno eseguite con taglio manuale con ausilio di motosega e l'utilizzo di decespugliatori manuali, in alternativa potrà essere utilizzato il trinciatore applicato a mezzi meccanici a basso impatto.

Per quanto riguarda gli arbusti che sviluppano culmi rigogliosi, il loro sviluppo eccessivo può essere controllato mediante l'utilizzo di trattice dotata di braccio decespugliatore.

## 4 Analisi idrologica

### 4.1 Parametri morfometrici

Per ogni bacino oggetto di studio sono stati valutati i parametri morfometrici necessari all'analisi idrologica utilizzando il DTM di maglia 1m (dove presente) ed il DTM di maglia 10 m della Regione Autonoma della Sardegna, integrato dalle carte IGM 1: 25'000 e dalla CTR 1:10'000 e considerando gli strati informativi geografici disponibili sul database della Regione Autonoma della Sardegna.

Per ciascuno dei bacini idrografici oggetto di analisi idrologica sono stati determinati i seguenti parametri:

- Superficie del bacino A
- Altitudine media del bacino  $H_m$ , calcolata automaticamente dal DTM come risultato di un'analisi di tipo statistico delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico;
- Pendenza media del bacino, calcolata automaticamente dal DTM come media delle pendenze delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico
- Lunghezza dell'asta principale  $L$ ;
- Pendenza media dell'asta principale  $j_m$ , calcolata applicando la seguente formula:

$$\sqrt{j_m} = \frac{L}{\sum \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}}$$

in cui  $L$  è la lunghezza dell'asta principale,  $L_k$  e  $i_k$  sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza del  $k$ -esimo tratto elementare;

- Quota alla sezione di chiusura  $H_0$
- Quota massima  $H_{\max}$
- Dislivello massimo  $\Delta z$

### 4.2 Determinazione del Curve Number (CN)

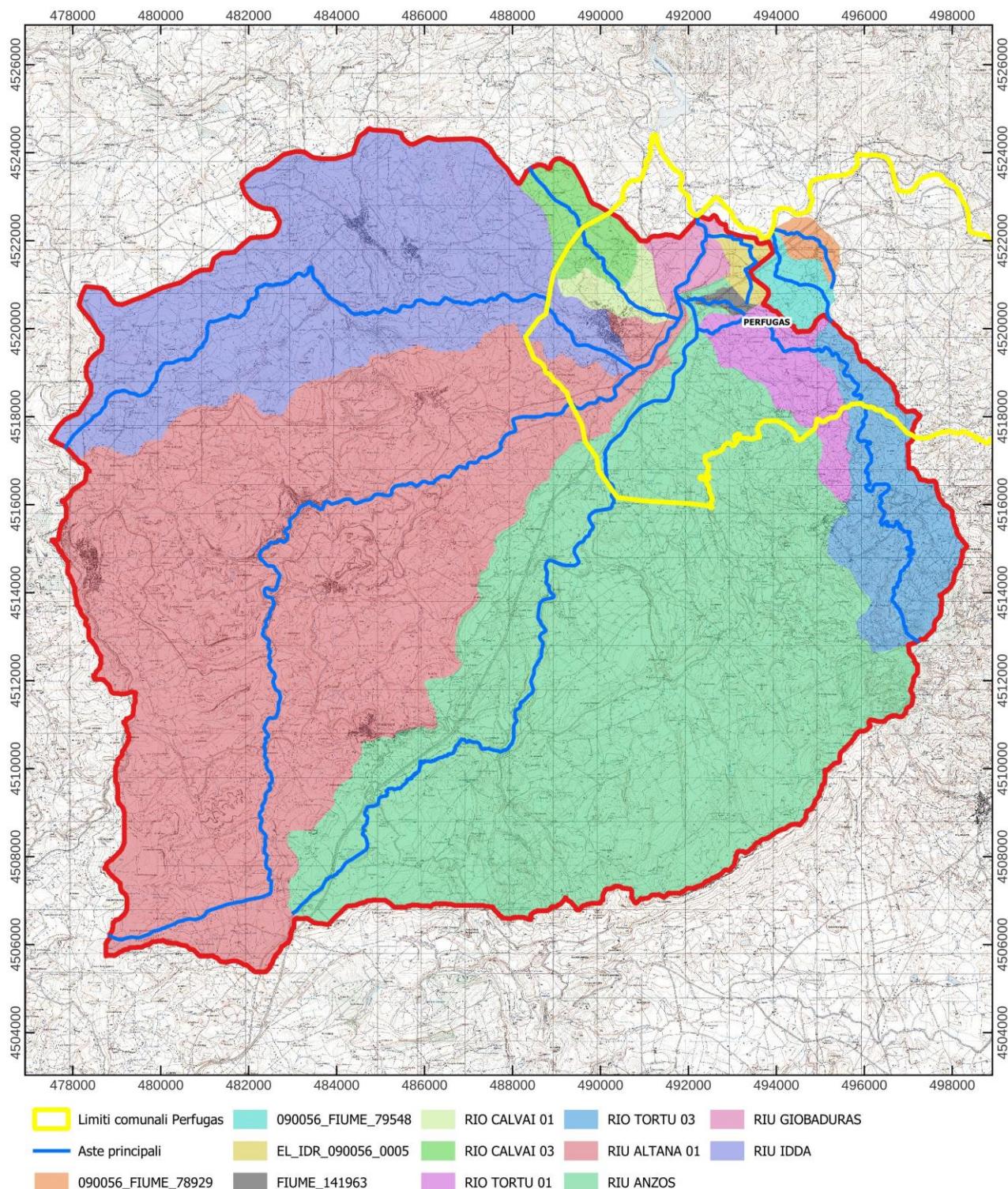
Il parametro CN, che va a definire la capacità d'infiltrazione del bacino, e consente l'applicazione del metodo SCS-Curve Number per la determinazione delle perdite di bacino durante un evento di piena, è stato derivato a partire dalle mappe dell'uso del suolo e della litologia come risultato di un'analisi di tipo statistico sull'area di ogni singolo bacino.

In particolare, per la definizione del CN si è fatto riferimento alla metodologia illustrata nel P.S.F.F., il quale valuta il CN a partire dalle classi di Uso del Suolo, che vengono poi corrette con un  $\Delta CN$  variabile tra -5 e 15 determinato dalla litologia.

Per effettuare il calcolo del CN si sono utilizzate la carta di Uso del Suolo del 2008 e la carta geologica della Sardegna 1:25.000 della Regione Sardegna, modificate sulla base delle ortofoto più recenti a disposizione.

Il valore calcolato è relativo ad una permeabilità del suolo media, riferita ad una condizione precedente all'inizio dell'evento (condizione AMC II), pertanto il coefficiente è stato ulteriormente corretto calcolando il valore riferito ad una condizione dei suoli bagnati con una limitata capacità di infiltrazione, tipica ad esempio di situazioni in cui siano cadute forti piogge nel periodo antecedente l'evento critico (condizione AMC III). Quest'ultimo valore è stato assunto come CN di riferimento, poiché riferito a delle condizioni più cautelative.

Nelle Tabella 1 sono riportati i parametri morfometrici e il Curve Number dei bacini studiati.



**Figura 3: Bacini idrografici analizzati**

Nome bacino	A [km <sup>2</sup> ]	Jb [%]	Hm [m s.l.m.]	H0 [m s.l.m.]	Hmax [m s.l.m.]	L [km]	Jm [%]	CN (II) [-]	CN (III) [-]
FIUME_78929	1.18	6.61	62.78	14.31	156.15	2.37	7.02	67.26	82.05
FIUME_79548	2.34	12.23	98.84	14.53	252.33	2.98	6.04	66.31	81.61
FIUME_141963	0.48	5.19	57.78	34.24	84.18	1.57	2.12	67.63	82.50
EL_IDR_090056_0005	1.21	4.82	47.09	21.85	91.43	2.79	2.16	63.69	80.11
RIO CALVAI 01	6.25	9.79	129.10	38.29	214.79	5.29	2.93	74.62	86.82
RIO CALVAI 03	4.19	9.45	148.70	57.73	214.79	3.68	4.36	73.08	85.88
RIO TORTU 01	18.82	21.14	370.56	36.25	700.08	12.20	3.78	76.20	87.64
RIO TORTU 03	12.70	23.70	448.46	138.65	700.08	11.19	3.92	79.28	89.53
RIU ALTANA	154.00	16.56	313.28	30.66	718.55	27.08	1.51	72.46	85.16
RIU ANZOS	124.07	15.17	349.92	30.25	700.08	21.80	1.33	69.11	83.16
RIU GIOBADURAS	281.64	15.83	326.09	10.74	718.55	29.33	1.45	70.92	84.24
RIU IDDA	46.93	15.27	318.68	41.69	604.53	17.41	2.30	70.26	83.70

Tabella 1: Parametri morfometrici e Curve Number dei bacini studiati.

#### 4.3 Tempo di corriavazione

Il tempo di corriavazione del bacino è il tempo che la goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano impiega per raggiungere la sezione di chiusura. Per la stima del tempo di corriavazione sono state utilizzate diverse formule ben note in letteratura e largamente utilizzate, di seguito riportate.

##### Soil Conservation Service:

$$t_c = 0.00227 L^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} i_b^{-0.5}$$

##### Pasini:

$$t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L / 1000}}{\sqrt{i_a}}$$

##### Ventura:

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

##### Pezzoli:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{1000 \sqrt{i_a}}$$

##### Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

##### Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{3600 V}$$

dove

- $t_c$  è il tempo di corriavazione espresso in ore;
- $A$  è la superficie del bacino [km<sup>2</sup>];
- $L$  è lunghezza dell'asta principale [m];
- $i_a$  è la pendenza media dell'asta principale [-];
- $i_b$  è la pendenza media del bacino [%];

- $CN$  è il Curve Number [-];
- $V$  è la velocità caratteristica della corrente di piena per la quale, in genere, si assume un valore di  $1 \div 1.5$  m/s.

Tra i diversi valori ricavati si è scelto, per ciascun bacino, quello più cautelativo.

Nella Tabella 2 sono riportati i valori dei tempi di corrievazione calcolati con le formule illustrate.

Nome bacino	SCS (CN-III)	Pasini	Ventura	Pezzoli	Kirpich	Viparelli v=1 m/s	Metodo utilizzato
FIUME_78929	60	34	31	29	21	39	Kirpich
FIUME_79548	54	50	47	40	27	50	Kirpich
FIUME_141963	48	41	36	36	25	26	Kirpich
EL_IDR_090056_0005	85	66	57	63	38	47	Kirpich
RIO CALVAI 01	79	121	111	102	56	88	Kirpich
RIO CALVAI 03	62	77	75	58	36	61	Kirpich
RIO TORTU 01	102	204	170	207	96	203	Kirpich
RIO TORTU 03	83	171	137	186	89	186	SCS (CN-III)
RIU ALTANA 01	238	848	768	726	253	451	SCS (CN-III)
RIU ANZOS	224	781	735	623	225	363	Kirpich
RIU GIOBADURAS	268	1088	1063	804	274	489	SCS (CN-III)
RIU IDDA	183	400	345	379	154	290	Kirpich

Tabella 2: Valori dei tempi di corrievazione, espresso in minuti, calcolati con le formule illustrate.

## 4.4 Determinazione delle portate di piena

I metodi di stima delle portate di piena possono essere suddivisi in due sottoinsiemi: i *metodi diretti*, ed i *metodi indiretti*. I primi si basano sull'elaborazione di misure di portata disponibili per il bacino di studio o per bacini idrologicamente simili a quello considerato; i secondi stimano la portata di piena a partire dalla precipitazione meteorica, mediante la trasformazione afflussi-deflussi.

Quando si dispone di misure di portata lungo il corso d'acqua oggetto di interesse è preferibile utilizzare i metodi diretti, quando non si dispone di misure di portata, o le misure a disposizione non sono abbastanza estese per condurre analisi statistiche, o la sezione di misura è molto lontana da quella di interesse, è necessario ricorrere ai metodi indiretti.

Le *Metodologie di Analisi* del PSFF suggeriscono di utilizzare il metodo diretto basato sulla distribuzione probabilistica TCEV (Two Components Extreme Values) elaborato dal progetto VAPI Sardegna nel caso di bacini idrografici con superficie maggiore di 60 km<sup>2</sup>, ed il metodo indiretto basato sulla formula razionale nel caso di bacini più piccoli.

Nel caso specifico è stato utilizzato il metodo diretto per stimare le portate di piena del Riu Antana, Riu Anzos e Riu Giobaduras, ed il metodo indiretto con curve di possibilità pluviometrica TCEV per tutti gli altri.

### 4.4.1 Metodo diretto

La portata di piena con tempo di ritorno  $T$  si ricava come:

$$Q_c = \mu(Q_c)K_T = \beta \exp(\alpha)K_T$$

dove

- $\mu(Q_c)$  è la piena indice (media di massimi anni di piena) in m<sup>3</sup>/s;
- $K_T$  è il coefficiente di crescita.

A seconda che il bacino di studio ricada tra quelli occidentali o tra quelli orientali (Figura 4) i parametri si ricavano mediante le seguenti formule:

Parametri per i bacini occidentali:

$$K_T = -0.833 + 1.345 \ln T$$

$$\alpha = -1.1954 + 0.9235 \ln A$$

$$\beta = 2.381$$

Parametri per i bacini orientali:

$$K_T = -0.977 + 1.451 \ln T$$

$$\alpha = 0.9882 + 0.06452 \ln A$$

$$\beta = 2.670$$

dove  $A$  è l'area del bacino in  $\text{km}^2$  e  $T$  il tempo di ritorno in anni.

I bacini idrografici oggetto di studio sono affluenti del Fiume Coghinas e ricadono tra quelli occidentali.

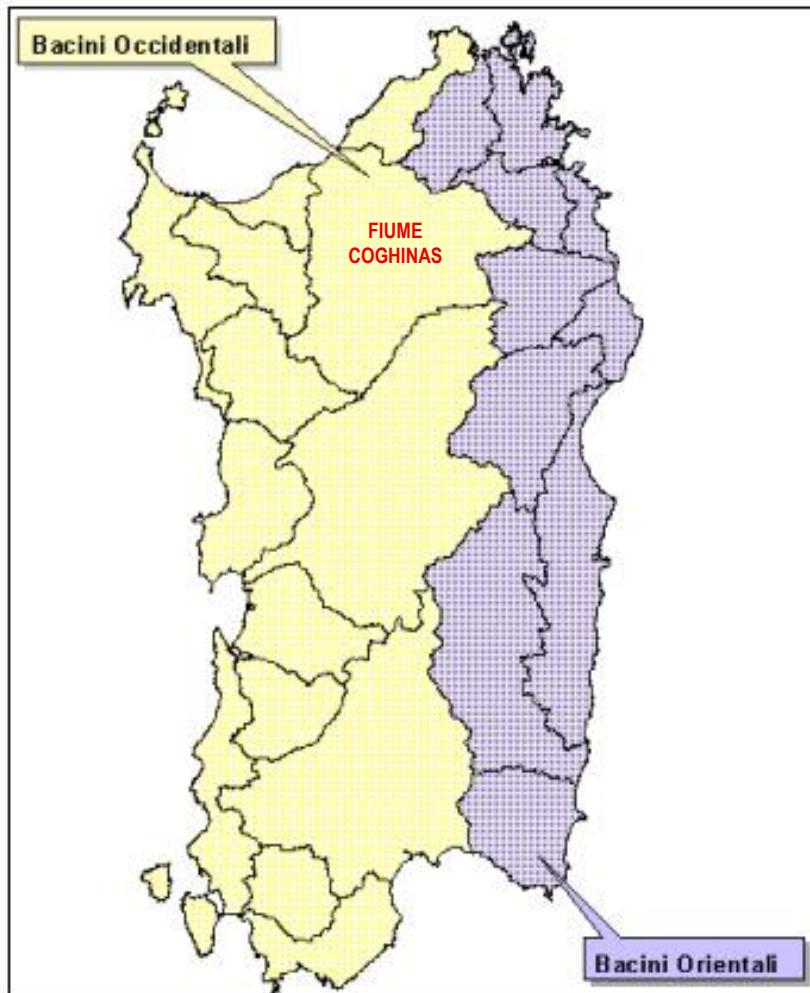


Figura 4: Suddivisione della Regione Sardegna nei due versanti: occidentale e orientale. (Fonte: PSFF)

#### 4.4.2 Metodo indiretto

Il Metodo Razionale è basato sull'ipotesi che l'evento meteorico, che inizia istantaneamente e ha intensità costante nello spazio e nel tempo, abbia una portata che aumenta fino ad un tempo pari al tempo di corrievazione  $t_c$ , quando tutta l'area del bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo è allora pari al prodotto tra l'intensità di precipitazione ( $i$ ), di assegnata durata e periodo di ritorno ( $T_r$ ), il coefficiente di assorbimento ( $\phi$ ), la superficie del bacino ( $A$ ), il coefficiente di laminazione  $\varepsilon(\theta)$ :

$$Q_c = i[\theta, T_r, r(\theta, A)]\phi A \varepsilon(\theta)$$

dove:

- $i$ : intensità di precipitazione di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T_r$
- $\phi$ : coefficiente di assorbimento,
- $A$ : superficie del bacino
- $\varepsilon(\theta)$ : coefficiente di laminazione
- $\theta$ : durata critica
- $r(\theta, A)$ : il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino.

Si descrivono di seguito le ipotesi e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

La **durata di pioggia critica** ( $\theta$ ), è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale ( $t_f$ ) e del tempo di corrievazione ( $t_c$ ):

$$\theta c = t_f + t_c$$

Il tempo di formazione  $t_f$  è ricavato iterativamente con la formula seguente, grazie al supporto di un foglio di calcolo, e successivamente sommato a  $t_c$  per il calcolo della durata critica

$$t_f = \frac{I_a}{i(\theta_c, r)}$$

Il **tempo di corravazione** è stato valutato con le formule illustrate in precedenza e, al fine dei calcoli idrologici, si è scelto di usare il tempo minore ottenuto tra i metodi esaminati.

**L'intensità di precipitazione**  $i[\theta, T_R, r(\theta, A)]$  che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione,  $d$ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno  $T_R$  (§4.4.2.1).

L'**altezza di pioggia raggagliata** ottenuta calcolata per la durata critica  $\theta$  di ogni bacino viene quindi raggagliata all'area tramite il parametro  $r$ , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al FloodStudies Report

$$r = 1 - (0,0394A^{0.354})\theta^{(-0.40+0.0208\ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A < 20\text{km}^2$$

$$r = 1 - (0,0394A^{0.354})\theta^{(-0.40+0.003832(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A > 20\text{km}^2$$

dove:

- $\theta$  è la durata critica della precipitazione;
- $A$  è la superficie del bacino (espressa in  $\text{km}^2$ ).

L'altezza di pioggia netta, ovvero la quota parte della precipitazione totale (londa) al netto delle perdite di bacino dovute all'infiltrazione nei suoli, alla intercezione fogliare delle piante e agli accumuli d'acqua nelle piccole depressioni, può essere calcolata con il metodo SCS-Curve Number, in cui

$$h_N = \frac{(h_r(\theta) - 0.2S)^2}{h_r(\theta) - 0.8S} [\text{mm}]$$

dove

- $h_r$  = precipitazione meteorica raggagliata (mm);
- $S$  = massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm).

Il valore  $S$  è calcolato dall'equazione:

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

in cui il valore del CN è valutato come indicato precedentemente.

**Il coefficiente di laminazione**,  $\epsilon(t)$ , deve essere opportunamente valutato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche topografiche del bacino idrografico sotteso facendo riferimento ai ben noti modelli concettuali della corravazione e dell'invaso. Nell'analisi effettuata, questo è stato posto pari a 1.

#### 4.4.2.1 Curve di possibilità pluviometrica

Lo iogramma è stato ricavato mediante la curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau)K_T(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{n_1 + n_2}$$

con la pioggia indice di durata  $\tau$  (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata  $\tau$ ) espressa come funzione della stessa durata e della pioggia indice giornaliera:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu(g)$

$$a_1 = \mu(g) / (0.886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \log_{10} \mu(g)$$

L'altezza di pioggia  $h_T(\tau)$  di durata  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(\tau)$  per un coefficiente di crescita:

$$K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$$

$a_2$  e  $n_2$  si ricavano, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, con le relazioni riportate di seguito.

### **SZO 1**

$$a_2 = 0.46378 + 1.0386 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \log_{10} T - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

### **SZO 2**

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0.18676 + 0.24310 \log_{10} T - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

### **SZO 3**

$$a_2 = 0.41273 + 1.1370 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0.19055 + 0.25937 \log_{10} T - 3.8160 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = 1.5878 \cdot 10^{-2} - 7.6250 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

La sottozona omogenea e la pioggia indice giornaliera  $\mu(g)$  vengono individuate sulla base delle carte riportate in Figura 5. I bacini idrografici in oggetto ricadono nella sottozona SZO 2 e sono caratterizzati da una pioggia indice che varia tra 50 e 55 mm.

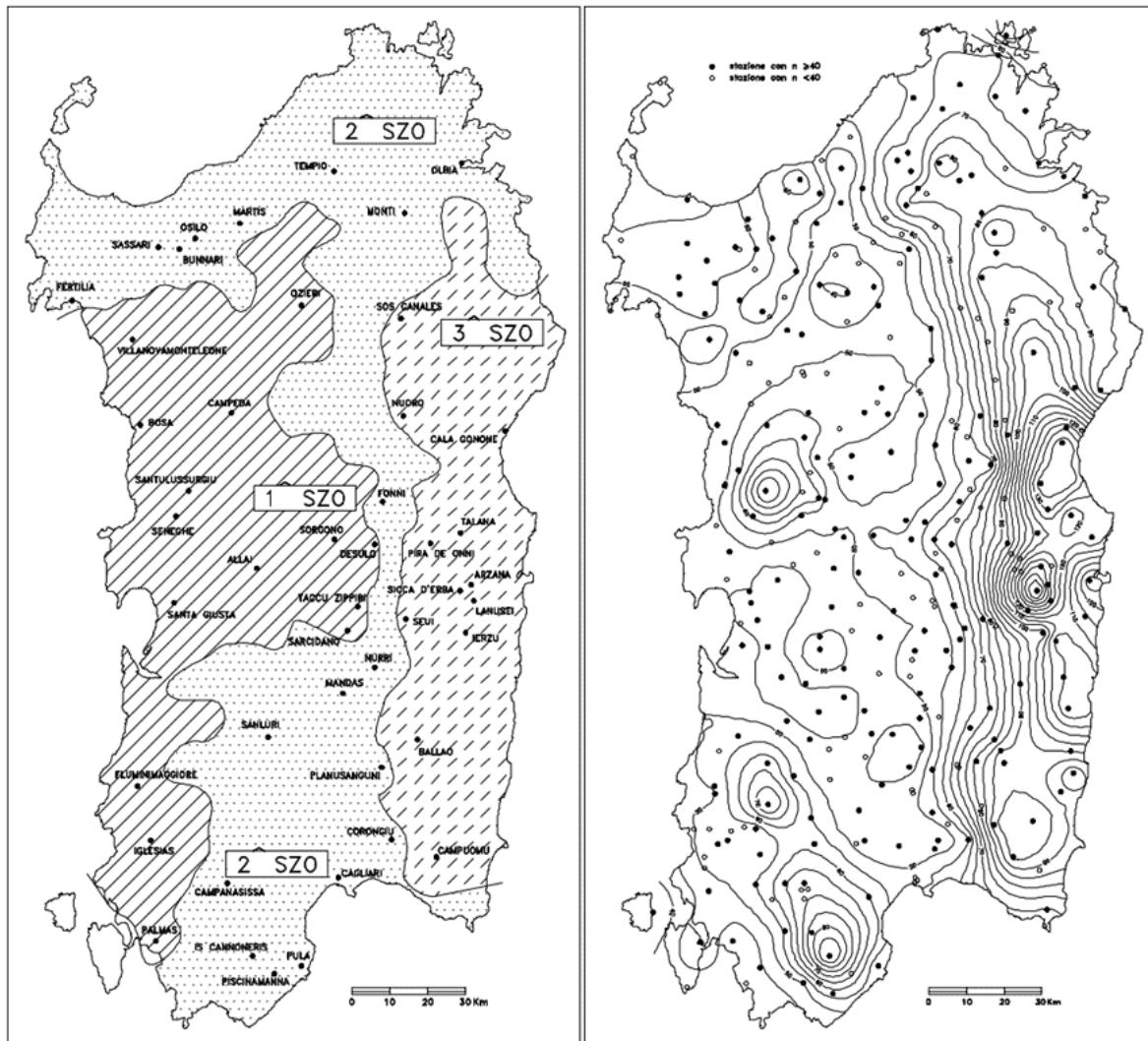


Figura 5: Sottozone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna (a sinistra) e distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia indice giornaliera in Sardegna (a destra).

#### 4.4.3 Riepilogo delle portate di piena ottenute

Nella tabella che segue vengono riportati i valori delle portate di piena calcolate per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Sezioni di chiusura	Q-Tr2 [mc/s]	Q-Tr5 [mc/s]	Q-Tr10 [mc/s]	Q-Tr20 [mc/s]	Q-Tr50 [mc/s]	Q-Tr100 [mc/s]	Q-Tr200 [mc/s]	Q-Tr500 [mc/s]
FIUME_78929	0.29	0.98	1.80	2.71	3.37	3.86	4.25	5.54
FIUME_79548	0.54	1.78	3.24	5.05	6.33	7.30	8.07	10.60
FIUME_141963	0.15	0.48	0.87	1.30	1.62	1.85	2.04	2.64
EL_IDR_090056_0005	0.23	0.77	1.40	2.31	2.95	3.44	3.83	5.12
RIO CALVAI 01	3.49	8.28	12.92	19.02	23.17	26.25	28.71	36.73
RIO CALVAI 03	2.03	5.35	8.76	12.96	15.83	17.95	19.63	25.07
RIO TORTU 01	11.60	24.63	36.52	51.34	61.28	68.58	74.36	92.90
RIO TORTU 03	10.77	21.80	31.59	43.67	51.65	57.48	62.08	76.77
RIU ALTANA 01	49.06	100.51	170.87	241.23	282.39	311.59	334.24	404.60
RIU ANZOS	40.18	82.32	139.95	197.58	231.30	255.21	273.77	331.40
RIU GIOBADURAS	85.67	175.51	298.38	421.25	493.12	544.12	583.67	706.54
RIU IDDA	15.95	36.01	54.98	78.75	95.06	107.12	116.72	147.72

Tabella 3: Portate di piena calcolate.

## 5 Inquadramento geologico

### 5.1 Rio Calvai

Siamo in presenza di un bacino idrografico sotteso nei territori comunali di Perfugas e Bulzi, con litologie ascrivibili al Quaternario e a manifestazioni vulcaniche del Terziario. (tav 03a)

In esso affiorano prevalentemente terreni rappresentati da coltri eluvio-colluviali formate da detriti immersi in matrice fine, con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica, di età olocenica e allo stesso periodo sono riferibili depositi alluvionali semplici e terrazzati con ghiaie e sabbie.

Questi terreni sono localmente interrotti da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, alla base dei quali può essere localmente presente un paleosuolo e in alcuni casi sono presenti facies pomiceo-cineritiche di colore rossastro.

### 5.2 Riu Idda

L'area sottesa al relativo bacino idrografico è estremamente variegata da litologie quaternarie e terziarie; in esso sono riscontrabili (tav 03b):

#### - Quaternario

- Coltri eluvio-colluviali, rappresentate da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
- Depositi di versante, contenenti detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
- Depositi di frana, formati da corpi di frana. OLOCENE
- Depositi alluvionali. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE

#### - Terziario

- Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati, con intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa. Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES-BURDIGALIANO (Miocene Inf.)
- Calcareni, calcari bioclastici fossiliferi. Calcarci nodulari a componente terrigena, variabile. Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES-BURDIGALIANO
- Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne, conglomerati di ambiente lacustre. FORMAZIONE DEL RIO MINORE-BURDIGALIANO
- Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici in facies ignimbritica, localmente alla base è presente un paleosuolo. UNITA' DI CHIARAMONTI-BURDIGALIANO
- Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo riodacitico, debolmente saldati. UNITA' DI NURAGHE GIUNTAS-BURDIGALINO
- Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro; localmente alla base è presente un paleosuolo. UNITA' DI LOGULENTU-BURDIGALIANO
- Andesiti porfiriche, in cupole di ristagno e colate. UNITA' DI OSILO-?ACQUITANIANO-BURDIGALIANO
- Arenarie e sabbie, argille siltose, tufiti, conglomerati, tufi talora alterati, con intercalazioni di marne più o meno siltose. FORMAZIONE DI CASTELSARDO. ?OLIGOCENE-?ACQUITANIANO

In quest'area è presente una rete idrografica realizzata dai corsi d'acqua che si sviluppa e scorre con diversi pattern dendritici, in forma arborescente, con le aste fluviali generalmente disposte in forma casuale.

L'acqua, seguendo l'andamento topografico e morfologico del terreno scorre in superficie delimitata da sponde caratterizzate dalla presenza delle litologie inglobanti.

### 5.3 Riu Tortu

Anche questo bacino risulta sotteso tra due comuni; il settore Nord, meno esteso, ricade nel Comune di Perfugas, mentre la restante parte al Comune di Erula con litologie ascrivibili al Quaternario e a manifestazioni vulcaniche del Terziario. (tav 03c). Nel territorio comunale di Perfugas affiorano prevalentemente depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, alla base dei quali può essere localmente presente un paleosuolo e in alcuni casi sono presenti facies pomiceo-cineritiche di colore rossastro del Miocene inf (Terziario)

Il settore meridionale evidenzia la presenza con micascisti e paragneiss di età ipotizzata riferibile al Paleozoico.

### 5.4 Rio Anzos

Il bacino del Rio Anzos risulta essere il più esteso tra quello dei corsi d'acqua oggetto di studio, in cui sono riscontrabili le seguenti litologie (tav. 03d):

-Quaternario

- Depositi di versante, contenenti detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
- Depositi di frana, formati da corpi di frana. OLOCENE
- Depositi alluvionali. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

-Terziario

- Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati, con intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa. Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES-BURDIGALIANO (Miocene Inf.)
- Calcareni, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile. Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES-BURDIGALIANO
- Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne, conglomerati di ambiente lacustre. FORMAZIONE DEL RIO MINORE-BURDIGALIANO
- Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici in facies ignimbritica, localmente alla base è presente un paleosuolo. UNITÀ DI CHIARAMONTI-BURDIGALIANO
- Andesiti basaltiche e basalti andesitici, porfirici per fenocristalli di Ol, Px, Pl; in potenti colate talora ialoclastiche, sills e necks intercalati entro la sequenza lacustre. (K/Ar: 17,7 0.8 Ma: Lecca et alii, 1997). UNITÀ DI SANTA GIULIA. BURDIGALIANO
- Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo rioclastico, debolmente saldati. UNITÀ DI NURAGHE GIUNTAS-BURDIGALINO
- Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro; localmente alla base è presente un paleosuolo. UNITÀ DI LOGULENTU-BURDIGALIANO
- UNITÀ DI OSIRO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?ACQUITANIANO – BURDIGALIANO
- Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro; localmente alla base è presente un paleosuolo. UNITÀ DI LOGULENTU-BURDIGALIANO
- Andesiti porfiriche, in cupole di ristagno e colate. UNITÀ DI OSIRO-?ACQUITANIANO-BURDIGALIANO
- Arenarie e sabbie, argille siltose, tufiti, conglomerati, tufi talora alterati, con intercalazioni di marne più o meno siltose. FORMAZIONE DI CASTELSARDO. ?OLIGOCENE-?ACQUITANIANO

- Alternanza di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, da saldati a debolmente saldati, a chimismo da dacitico a riolitico. UNITÀ DI SAN LEONARDO. ACQUITANIANO-BURDIGALIANO
- Calcarei nodulari con abbondante fauna a macroforaminiferi. CALCARI DI ERULA. CENOMANIANO
- Facies S. Antonio di Gallura. Granodioriti inequigranulari, con fenocristalli di Kfs. UNITÀ INTRUSIVA DI S. ANTONIO DI GALLURA CARBONIFERO SUP. PERMIANO
- Micascisti e paragneiss?PRECAMBRIANO-?PALEOZOICO

## 5.5 Corsi d'acqua minori SS127 - SS672

Il bacino idrografico in osservazione è caratterizzato da litologie del Quaternario (vedi tavola 03e) rappresentate principalmente da depositi alluvionali terrazzati, da ghiaie alluvionali sempre terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie ascrivibili al Pleistocene sup., nel settore occidentale.

Mentre il settore orientale mostra la presenza di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica del Miocene inf (Terziario) con micascisti e paragneiss di età ipotizzata riferibile al Paleozoico, a chiusura del bacino nel settore sud-orientale.

La rete idrografica realizzata dai corsi d'acqua presenti si sviluppa e scorre con un pattern dendritico, in forma arborescente, con le aste fluviali generalmente disposte in forma casuale all'interno dei depositi alluvionali terrazzati con andamento regolare dalle quote più elevate, in particolare nel settore orientale da versanti in litologie vulcaniche.

L'acqua, seguendo l'andamento topografico e morfologico del terreno scorre in superficie delimitata da sponde caratterizzate dalla presenza di ghiaie da grossolane a medie con intercalazione di livelli sabbiosi, verso quote più basse.

## 5.6 Considerazioni sul trasporto solido

L'analisi geologica sulla base della natura e della variabilità litologica che caratterizza questo territorio e per l'estensione dei bacini idrografici in osservazione, ci permette di analizzare la "fonte" del materiale per un eventuale trasporto solido.

Le caratteristiche geologiche e la giacitura delle litologie in affioramento, analizzate combinate con l'azione del clima e della vegetazione, oltre alla presenza di fattori antropici, impostano l'evoluzione morfologica del territorio.

Tali caratteristiche condizionano gli aspetti idrogeologici e possono influenzare la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

In presenza di intense e prolungate precipitazioni meteorologiche si attiva l'erosione dei versanti e delle sponde dei corsi d'acqua, i quali favoriscono il trasporto dei materiali erosi e la loro sedimentazione a valle.

Nei bacini idrografici in studio l'organizzazione dei relativi reticolli fluviali è di tipo dendritico in forma arborescente, con le aste fluviali generalmente disposte seguendo l'andamento topografico e morfologico del terreno e contribuisce allo smaltimento delle acque di scorrimento superficiale e di precipitazione.

Le variazioni climatiche, gli effetti della temperatura combinata alle precipitazioni, provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzioni di detriti sciolti e instabili.

Secondo quanto riportato nelle Linee Guida del PAI (tab. 16 - *Influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto*), i dati bibliografici indicano nella piovosità media annua il fattore predisponente al dissesto.

La temperatura media annua di 13,9° C e la piovosità media annua nell'area in osservazione, da dati bibliografici, è compresa tra 700 e 800 mm/a; questo valore consente di considerare questo territorio in quelle aree "raramente franose" (1000 - 700 mm/a), in cui i valori di precipitazione e la loro intensità hanno normalmente una bassa influenza sulla stabilità dei versanti.

Il reticolo idrico montano è caratterizzato da pendenze e da una energia di trasporto più o meno accentuata, capace di smaltire quasi tutti i sedimenti che si accumulano nei livelli di base dei rispettivi tributari.

Tali considerazioni consentono di affermare che, in tale contesto geomorfologico nei momenti di eventi meteorici eccezionali, la produzione di detriti sciolti, si presenta con un regime del trasporto solido di fondo caratterizzato essenzialmente da flusso d'acqua con scarsa concentrazione volumetrica dei sedimenti.

In generale, il volume di sedimenti mobilizzato è nel complesso limitato, sebbene esigue quantità di materiale possano essere momentaneamente accumulate nelle occasionali buche o a monte di locali ostruzioni della corrente.

Dall'analisi dei reticolli idrografici che caratterizzano i bacini in osservazione, si evince che i processi morfogenetici naturali attivi sono legati a residue capacità di erosione, trasporto e sedimentazione dei corsi d'acqua, con gradiente idraulico generalmente basso e caratterizzati da afflussi idrici occasionali alimentati generalmente dal ruscellamento diffuso, che si esplica sui versanti più acclivi; in alcuni casi non presentano una interazione con altri rami idrici e disperdoni le acque in zone di ristagno temporanee.

## 6 Analisi delle caratteristiche dell'alveo

Le caratteristiche dell'alveo sono state investigate per tutti i bacini attraverso aero fotointerpretazione e sopralluoghi.

### 6.1 Analisi della vegetazione

Nel presente capitolo si illustrano i risultati dell'attività di ricognizione della vegetazione relativamente agli ambiti fluviali ricompresi nel Comune di Capoterra ed in particolare sul Rio San Gerolamo, Rio Santa Lucia e Rio Masone Ollastu.

La metodologia applicata all'analisi è stata mutuata da quanto già compiuto dai tecnici incaricati per la stesura dei report dell'attività di rilievo vegetazionale del progetto di PSFF, ed opportunamente adattata al contesto di studio.

#### 6.1.1 Metodologia di lavoro

I rilievi sono stati condotti dai tratti accessibili degli stessi fiumi / torrenti mediante indagine in situ e conseguente raccolta fotografica al fine di poter redigere, per tronchi omogenei, delle schede di caratterizzazione della vegetazione riparia presente sulle sponde e sul fondo dei tratti di alveo che saranno oggetto di manutenzione.

Lo studio sin qui condotto risulta essere infatti preliminare e fondamentale per il calcolo dei coefficienti di scabrezza delle sezioni indagate.

Per la delimitazione dei tronchi omogenei si è proceduto inizialmente alla fotointerpretazione delle foto aeree, anche delle serie storiche, e successivamente confermati o modificati mediante i sopralluoghi mirati e volti a raccogliere i seguenti dati:

- presenza di vegetazione arborea;
- presenza di vegetazione arbustiva;
- densità relativa, per classi, della vegetazione arborea, della vegetazione arbustiva e/o di entrambe sommate;
- stima della altezza media della vegetazione;
- stima del diametro medio della vegetazione arborea;
- composizione specifica della vegetazione arborea presente;

La densità della vegetazione è intesa in senso spaziale, comprendendo la vegetazione presente sia in alveo che sulle sponde. Una analisi più puntuale e con un grado di precisione maggiore potrà eventualmente essere svolta su sezioni o tronchi ritenuti di particolare interesse dall'Amministrazione in caso di interventi di riqualificazione significativa delle aree. Non sono state prese in considerazione nell'analisi vegetazionale le aree golenali, caratterizzate in generale dalla presenza di edificati o aree a utilizzo agricolo sulle quali non è previsto alcun intervento.

In generale, i rilievi effettuati hanno permesso di individuare la presenza di specie arboree ed arbustive presenti comunemente in tutta l'Isola, ed in particolar modo nelle aree alluvionali ed in prossimità dei corsi d'acqua.

L'indagine, compiuta con metodo speditivo, si è soffermata sulla identificazione delle specie arboree ed arbustive presenti nei tratti d'alveo indagati o sulle loro sponde e che risultano avere maggiori influenze sul calcolo dei coefficienti di scabrezza; non ha invece riguardato il censimento puntuale della vegetazione erbacea ma solo il riconoscimento delle specie maggiormente presenti, quali:

- Pioppi
- Olmi
- salici
- Tamerice
- Canne
- Rovi
- Essenze erbacee di nessun valore ambientale

Appare importante rilevare che fra tutte le specie reperite, nessuna è censita nella “Lista rossa della flora italiana” – Policy species e altre specie minacciate (Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, Federparchi, IUCN comitato italiano – ed. 2013).

Ciò non permette comunque di escludere invia definitiva ed assoluta l’assenza di specie vegetali protette lungo tutto il tracciato delle aste oggetto di studio. Pertanto, si raccomanda una DL qualificata ed attenta in grado di poter identificare le eventuali fioriture annuali (ad es. orchidee) che dovessero palesarsi in occasione dei lavori di manutenzione o gli esemplari isolati non reperiti in questa prima fase.

Per ciascun tratto d’alveo esaminato viene infine redatta una scheda riassuntiva e descrittiva, anche tramite una o più ripresa fotografica, il più possibile rappresentativa del tratto in esame (*Allegato C – Report vegetazionale*).

## 6.2 Caratterizzazione della scabrezza idraulica

In generale, la scabrezza caratteristica di un tratto di corso d’acqua è data dalla somma di molteplici fattori tra loro indipendenti, quali:

- la morfologia e lo sviluppo planimetrico dell’alveo;
- il materiale costituente il fondo ed i piani golenali;
- l’irregolarità delle sezioni trasversali;
- la presenza di ostruzioni;
- la presenza di vegetazione

Per la definizione delle scabrezze idrauliche si è fatto riferimento alla metodologia adottata dal Piano Stralcio Fasce Fluviali.

## 7 Analisi idraulica

### 7.1 Metodologia di calcolo

L'approccio adottato nelle simulazioni idrauliche ha seguito le metodologie utilizzate negli studi di Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna. Le simulazioni idrauliche sono state eseguite con l'ausilio del software HEC-RAS della US Army Corps of Engineering Center (versione 6.6.0) che effettua calcoli idraulici monodimensionali di un'intera rete di canali sfruttando le equazioni classiche dell'idraulica del moto permanente e del moto vario. Più precisamente, la definizione del profilo idraulico avviene attraverso l'integrazione delle equazioni di conservazione dell'energia della corrente tra due sezioni di calcolo consecutive. Le perdite di energie considerate tra le due sezioni sono quelle dovute alla resistenza dell'alveo e alle variazioni di sezione.

La sezione viene suddivisa in porzioni a differente scabrezza e per ognuna viene calcolato il valore della portata. La portata in ogni sezione è ottenuta come somma di questi contributi. In ogni sezione l'altezza cinetica media della corrente è valutata come media pesata dell'altezza cinetica di ogni porzione in cui si è divisa la singola sezione trasversale assumendo come peso la portata che transita in ognuna delle suddette porzioni.

Le perdite di energia continue dovute alla resistenza dell'alveo sono valutate secondo la formula di Manning. Le perdite di carico dovute alle variazioni di sezioni sono invece valutate secondo l'usuale formula della perdita di carico concentrata, funzione del quadrato delle velocità a monte e a valle della variazione di sezione.

Le modellazioni sono effettuate in moto permanente e considerano sia tempi di ritorno ordinari (2 e 5 anni) che i tempi di ritorno PAI (50, 100, 200 e 500 anni). Le portate associate a ciascun tempo di ritorno inputate ai modelli numerici scaturiscono dall'analisi idrologica riportata nel Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

### 7.2 Impostazioni dei modelli idraulici

#### 7.2.1 Schematizzazione geometrica

Il software della HEC necessita, per effettuare la simulazione idraulica, di un modello geometrico che ben rappresenti l'andamento piano – altimetrico dell'alveo. Le sezioni di calcolo sono state disposte a intervalli relativamente brevi lungo i corsi d'acqua e inserite e raffittite in corrispondenza di punti di variazione di portata, di pendenza, di forma, di scabrezza delle superfici e in prossimità delle strutture idrauliche.

I dati topografici sono stati derivati dai DTM a maglia 1 m della Regione Sardegna e dai rilievi puntuali appositamente effettuati per le finalità del presente progetto nei tratti nel quale non si ha la presenza del DTM 1x1 e in corrispondenza di attraversamenti stradali.

#### 7.2.2 Condizioni al contorno e portate

Come condizione a contorno si è considerata la pendenza del corso d'acqua nel tratto a monte e nel tratto a valle dei corsi d'acqua studiati. La portata considerata è, per ciascun tempo di ritorno, quella calcolata in corrispondenza della sezione di chiusura con le metodologie dell'analisi idrologica precedentemente illustrata. Ponendosi in condizioni di sicurezza, si è imputata a monte la portata calcolata sulla sezione di chiusura a valle, sovrastimando così la portata effettiva. Le portate imputate al modello per i diversi tempi di ritorno sono quelle calcolate nel capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e sono riportate nella Tabella 4 che segue.

Modello idraulico	Bacino idrografico	Sezione input HEC-RAS	Q-Tr2 [mc/s]	Q-Tr5 [mc/s]	Q-Tr50 [mc/s]	Q-Tr100 [mc/s]	Q-Tr200 [mc/s]	Q-Tr500 [mc/s]
FIUME_78929	FIUME_78929	802	0.29	0.98	3.37	3.86	4.25	5.54
FIUME_79548	FIUME_79548	762	0.54	1.78	6.33	7.30	8.07	10.60
FIUME_141963	FIUME_141963	419	0.15	0.48	1.62	1.85	2.04	2.64
EL_IDR_090056_0005	EL_IDR_090056_0005	2260	0.23	0.77	2.95	3.44	3.83	5.12
RIO CALVAI	RIO CALVAI 01	1342	3.49	8.28	23.17	26.25	28.71	36.73
	RIO CALVAI 03	2383	2.03	5.35	15.83	17.95	19.63	25.07
RIO TORTU	RIO TORTU 03	2030	10.77	21.80	51.65	57.48	62.08	76.77
RIU ANZOS	RIU ANZOS	8356	40.18	82.32	231.30	255.21	273.77	331.40
	RIU GIOBADURAS	2363	85.67	175.51	493.12	544.12	583.67	706.54
RIU IDDA	RIU IDDA	2902	15.95	36.01	95.06	107.12	116.72	147.72

Tabella 4: Portate in ingresso al modello numerico

### 7.2.3 Modellazione delle opere interferenti

Le principali interferenze con il deflusso delle acque osservabili nell'area oggetto di studio sono le infrastrutture di attraversamento viario. Si riporta in breve l'approccio usato dal software HEC-RAS per la modellazione di tali strutture.

Il programma valuta la perdita di energia dovuta alla presenza della struttura suddividendola in tre parti distinte: la prima parte individua la perdita che si verifica nel tratto subito a valle della struttura, in cui si manifesta un'espansione del flusso; la seconda parte rappresenta la perdita inerente alla struttura stessa e infine la terza individua la perdita di energia nel tratto subito a monte della struttura con contrazione del flusso dovuta al passaggio attraverso l'apertura.

La descrizione di un ponte avviene attraverso la definizione di quattro sezioni idrauliche due immediatamente a monte e a valle dell'opera e due sufficientemente lontane poste a distanza tale che la corrente a monte e a valle risulti mediamente stabilizzata. La descrizione del ponte prevede la definizione geometrica di spalle, pile ed impalcato.

Le due sezioni immediatamente a monte e a valle del ponte servono a definire le porzioni di sezione in cui effettivamente avviene il moto, individuando in modo complementare le aree in cui non si ha un moto effettivo della corrente. Queste zone sono quelle delle pile e delle spalle quando queste ultime intersecano la sezione trasversale dell'alveo.

La definizione delle altezze a monte e a valle dell'ostacolo rappresentata dal ponte avviene attraverso l'impiego di approcci differenti a seconda che si tratti di correnti che non superano l'estradosso del ponte ovvero stramazzino da esso. Per le situazioni del primo tipo tali approcci consistono genericamente nell'integrazione della equazione di bilancio dell'energia totale della corrente o nell'integrazione della equazione di bilancio della spinta totale della corrente o nell'applicazione di formulazioni empiriche. Nell'altro caso il modello opera attraverso l'integrazione dell'equazione di bilancio dell'energia totale della corrente o scomposizione della corrente in pressione e di quella stramazzante e ricerca delle altezze congruenti con il fenomeno per via iterativa. Il modello richiede che idonea attenzione debba essere posta nella valutazione dei coefficienti empirici che definiscono la natura dell'opera e l'effetto di questa sulla corrente che la attraversa.

### 7.2.4 Coefficiente di scabrezza

I valori di scabrezza di Manning inseriti nel modello di Hec-RAS sono stati determinati sulla base dei rilievi vegetazionali effettuati e mutuando le metodologie adottate nel Piano Stralcio Fasce Fluviali. Il dettaglio dei rilievi effettuati è riportato nell'allegato "Report vegetazionale". In generale, sono stati utilizzati coefficienti di scabrezza compresi nei seguenti range:

- $0.050 \div 0.060 \text{ s m}^{-1/3}$  in alveo, nella situazione stato attuale sulla base dei rilievi vegetazioni effettuati e delle fotointerpretazioni;
- $0.030 \div 0.035 \text{ s m}^{-1/3}$  in golena e in alveo nella situazione di progetto.

### **7.3 Analisi dei risultati**

Gli allegati mostrano i risultati delle simulazioni idrauliche, nello specifico i profili, le sezioni ed i tabulati di calcolo per ciascun tempo di ritorno, nella situazione ante e post intervento.

La realizzazione degli interventi determina, in generale, un miglioramento delle condizioni di deflusso ed un abbassamento dei pelli idrici, con particolare incidenza in corrispondenza degli attraversamenti.

Gli interventi garantiscono che non si abbia un peggioramento delle condizioni di deflusso a valle degli interventi stessi ed il non aumento della pericolosità idraulica definita dal P.A.I. così come richiesto dalle Direttive.

Di seguito si riportano alcune considerazioni specifiche per i singoli corsi d'acqua oggetto di studio.

#### **7.3.1 Rio Calvai**

Il Rio Calvai allo stato attuale riesce a smaltire la portata con tempo di ritorno 2 anni, nel tratto di valle esonda già dal tempo di ritorno 5 anni a causa dell'insufficienza dei ponti della SS127 e della ferrovia. A monte della SS127 la sezione di piena ha una larghezza che varia in un range di 30÷70 m circa a seconda del tempo di ritorno, ed i tiranti idrici nelle aree goleinali risultano modesti, dell'ordine di pochi decimetri. A valle della SS127 il fiume in piena divaga allagando tutta la piana circostante sino a confluire nel Riu Altana

Le simulazioni condotte nella configurazione di progetto dimostrano che la pulizia dell'alveo consente un generale abbassamento dei livelli idrici. In corrispondenza dei ponti che vengono tracimati per insufficienza idraulica della loro sezione l'efficacia dell'intervento risulta meno evidente perché il livello idrico a monte del ponte dipende principalmente dal fenomeno di stramazzo sulla strada e solo in parte dalla scabrezza in alveo.

#### **7.3.2 Riu Idda**

Il Rio Idda ha una sezione ampia e profonda che nella configurazione naturale sarebbe in grado di smaltire persino le portate di piena eccezionale. La criticità principale su questo corso d'acqua è costituita dall'insufficienza del ponte della SS127 e di quello ferroviario subito a valle di esso. Il fiume, infatti, esonda solo nel tratto in prossimità di questi due attraversamenti, in caso di eventi di piena importanti ( $Tr \geq 50$  anni). La manutenzione dell'alveo risulta efficace per ridurre i livelli idrici, sebbene sarebbe necessario un intervento di allargamento della sezione dell'attraversamento stradale per mettere in sicurezza la strada statale in caso di eventi eccezionali. Anche nella configurazione di progetto il ponte entra in crisi con la piena cinquantennale.

#### **7.3.3 Rio Tortu**

Il Rio Tortu è un corso d'acqua montano e non presenta particolari criticità in termini di aree di allagamento. La problematica principale nel tratto di intervento è rappresentata dal ponte della strada comunale che collega la SP2 alle frazioni di Sas Tanchittas e Falzittu, che va in crisi con la portata relativa al tempo di ritorno di 50 anni. L'intervento di manutenzione previsto riduce il livello idrico e permette di avere alcune decine di centimetri di margine di sicurezza in più.

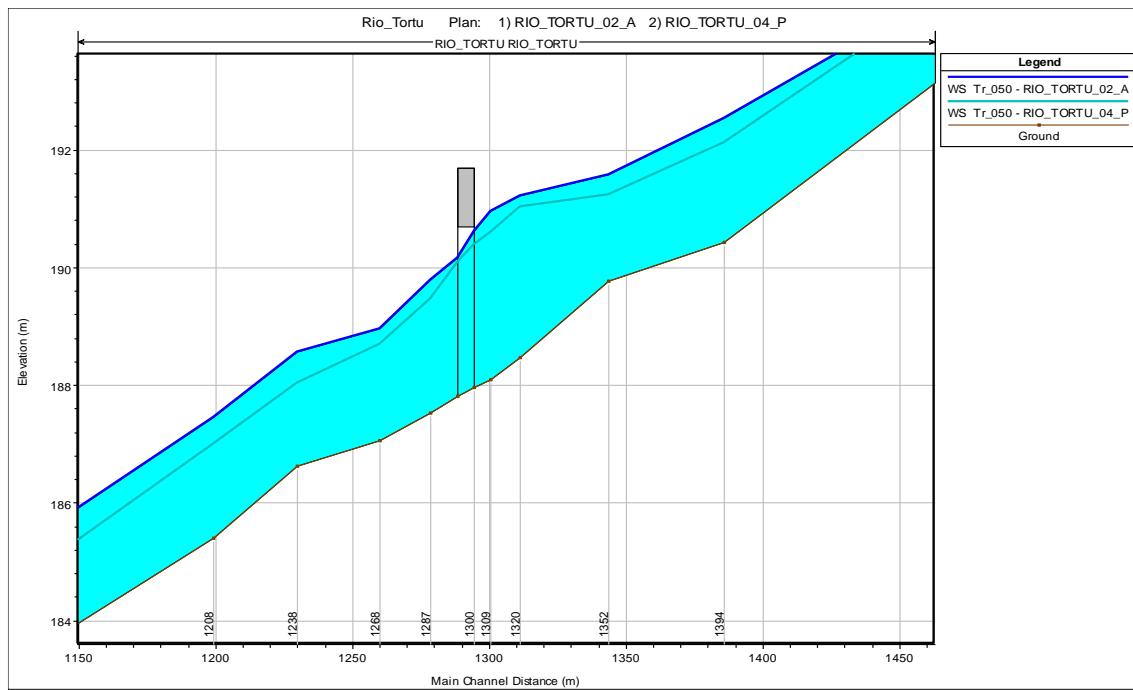


Figura 6: Confronto profilo di corrente Tr50 stato attuale VS progetto

#### 7.3.4 Riu Anzos

Il Riu Anzos è caratterizzato da due tratti, un tratto di monte con sezione incassata e profonda, ed uno di valle con sezione arginata. Nel tratto vallivo gli argini non riescono a contenere le portate di piena straordinaria, e di conseguenza l'esondazione del corso d'acqua va ad interessare ampie aree.

Le maggiori criticità lungo il corso d'acqua si rilevano in corrispondenza dei due ponti relativi alla viabilità locale, che vanno in crisi già dal tempo di ritorno di 50 anni, ed in corrispondenza della confluenza col Riu Altana. L'intervento permette di migliorare leggermente la funzionalità del corso d'acqua, sebbene sarebbe necessario un intervento di allargamento della sezione dell'attraversamento stradale per mettere in sicurezza la strada in caso di eventi eccezionali.

#### 7.3.5 Corsi d'acqua minori SS127 - SS672

Questi corsi d'acqua drenano bacini idrografici di modeste dimensioni. Le principali criticità degli elementi idrici FIUME\_78929, FIUME\_79548 e EL\_IDR\_090056\_0005 sono ascrivibili alle sezioni ridotte e al cattivo stato manutentivo degli attraversamenti della SS127 e della ferrovia poco più a valle. Per quanto riguarda il FIUME\_141963, invece, la criticità nasce dal fatto che, come documentato nello studio di "Individuazione e rappresentazione del reticolo idrografico del territorio comunale ex art. 30ter comma 6 delle NTA del PAI", il corso d'acqua è stato deviato dal suo percorso naturale quando è stata realizzata la viabilità nei dintorni della zona industriale, forzandolo con una brusca curva a 90° ad attraversare la SP2 e confluire nel Riu Altana. Anche in questo caso le modellazioni idrauliche dimostrano gli interventi garantiranno un aumento della capacità di deflusso dei canali, in particolare per tempi di ritorno ordinari ( $Tr < 5$  anni). Non si osservano rilevanti variazioni in caso di eventi eccezionali.