

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI
Ing. A. LUCIA

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
SWISS
Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
ITALIA
Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO

D P C A 2 2

LIV. PROG.

D

N. PROG.

2 0 0 2

NOME FILE

T00_ID00_IDR_RE01_A

CODICE
ELAB.

T 0 0 0

I D 0 0 0

I D R

R E 0 1

REVISIONE

A

PAG.

1 di 0

D

C

B

A

REV.

PRIMA EMISSIONE

DESCRIZIONE

SETT. 2020

DATA

BENEMIO

REDATTO

LOSPENNATO

VERIFICATO

RASIMELLI

APPROVATO

S O M M A R I O

1.	PREMESSA	3
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E NORMATIVO	5
2.1	Assetto idrogeologico	6
2.2	Idrografia	7
2.3	Caratteri climatici	9
2.4	Pianificazione regionale	11
3.	STUDIO IDROLOGICO	14
3.1	Analisi delle precipitazioni a scala regionale: metodologia VAPI-TCEV	14
3.1.1	La pioggia media massima annuale giornaliera e la pioggia indice	15
3.1.2	Stima della curva di crescita	18
3.1.3	Curve di Possibilità Pluviometrica	20
3.2	Analisi delle precipitazioni a scala regionale: metodologia GEV	23
3.2.1	Aggiornamento delle CPP con il metodo regionalizzato GEV con approccio geostatistico	23
3.3	Validazione dei risultati	34
3.4	Caratterizzazione morfologica dei bacini idrografici e individuazione del tempo di corrivazione	36
3.4.1	Analisi morfometrica dei bacini tributari	36
3.4.2	Caratteristiche di permeabilità dei bacini e individuazione del CN	37
3.5	Metodo di stima delle portate al colmo	49
3.5.1	Metodo razionale per la definizione delle portate al colmo	49
3.5.2	Durata critica: tempo di corrivazione e di formazione	49
3.5.3	Altezze di pioggia ragguagliata (h_r)	50
3.5.4	Altezze di pioggia nette (h_n)	51
3.6	Risultati dell'analisi idrologica	51
3.6.1	Fiume 17760	52
3.6.2	Riu Codula	55
3.6.3	Riu Idolo	58
3.6.4	Riu Bacu Mela	61
3.6.5	Riu Bacu Gardilis	64
3.6.6	Fiume 19229; Fiume 20454; Fiume 20774	67
3.6.7	Corsi d'acqua della cartografia IGM 25.000	68
3.6.8	Riu Sicaderba	71

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 3 di 80</p>
--	--

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione stradale della variante SS 389 si è reso necessario studiare e risolvere le interferenze idrauliche con il tracciato stradale, nonché definire il sistema di raccolta, smaltimento e recapito delle acque di piattaforma.

A tal fine è stato sviluppato il presente studio idrologico, teso da un lato all'individuazione delle portate attese in corrispondenza delle suddette interferenze col tracciato, dall'altro al dimensionamento delle opere di regimazione idraulica a servizio della nuova strada.

Per la verifica degli attraversamenti sul reticolo idrografico il tempo di ritorno prescelto è pari a $T_r = 200$ anni, così come imposto dalla normativa vigente (NTC 2018 e Norme di attuazione del P.A.I. Sardegna); per la verifica dei fossi di guardia è stato adottato un tempo di ritorno pari a 50 anni, mentre per il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma pari a 20 anni.

Sulla base delle valutazioni idrologiche sono state dapprima definite le curve di possibilità pluviometrica; dall'esame del tracciato stradale e dei bacini contribuenti, sono state individuate le interferenze idrauliche, e per ciascuna di queste interferenze si è proceduto alla caratterizzazione del bacino dal punto di vista idrografico, morfologico, dell'uso del suolo, ecc. ed all'individuazione delle portate al colmo di piena attese corrispondenti al tempo di ritorno prescelto. In sintesi, per la definizione delle portate di progetto è stata seguita la seguente procedura:

- 1) In ambiente GIS sono state ricostruite le informazioni morfologiche caratteristiche di ogni singolo sottobacino (i.e. estensione superficiale, reticolo di drenaggio, lunghezza asta principale, altitudine media del bacino, ecc.) a partire dalle quali è stato stimato il tempo di corrivazione caratteristico ricorrendo alla formula proposta dal Soil Conservation Service statunitense (SCS).
- 2) Per ogni singolo bacino è stato estrapolato il valore del CN medio applicando in ambito GIS le informazioni tratte dal geoportale della Regione Sardegna¹. A favore di sicurezza sono state considerate condizioni di umidità dei suoli antecedenti l'evento molto elevate (AMC classe III).

¹ www.sardegnegeoportale.it

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 4 di 80</p>
---	--

- 3) Sono state individuate le precipitazioni attese corrispondenti al tempo di ritorno pre-scetto adottando la metodologia di analisi delle piogge regionalizzata descritta nello studio VAPI per la Sardegna (un'analisi regionalizzata basata sul modello probabilistico TCEV) individuando per la sottozona 3 un valore di pioggia giornaliera indice pari a 145 mm.
- 4) Le piogge riferite al tempo di ritorno indagato sono state ragguagliate all'estensione areale del bacino facendo riferimento alla formulazione adottata dal VAPI Sardegna² ottenendo in tal modo le altezze di pioggia ragguagliate di progetto.
- 5) Nella modellazione di trasformazione afflussi-deflussi sono state stimate le perdite per la valutazione della pioggia netta. Le perdite per intercettazione, evaporazione ed evapotraspirazione sono state trascurate a favore di sicurezza. Le perdite dovute all'infiltrazione (che costituisce il fenomeno più rilevante rispetto ai precedenti) sono state stimate secondo il metodo del Curve Number (CN)³, largamente utilizzato per l'interpretazione temporale dinamica del fenomeno, ottenendo quindi il coefficiente di deflusso per la sezione di chiusura del bacino all'altezza dell'opera in progetto.
- 6) Per la stima delle portate al colmo dei bacini, avendo gli stessi superficie inferiore a 60 kmq, si è fatto riferimento alla Formula Razionale, secondo le indicazioni contenute nelle *"Linee guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia"* (Regione Sardegna, ago. 2000). La stessa metodologia ha trovato applicazione negli studi idrologici a supporto del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF).

² Formula Wallingford, DEWC, 1981

³ SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E NORMATIVO

L'area interessata dal progetto è situata geograficamente nella regione dell'Ogliastra (parte centro orientale della Sardegna) e ricade nelle zone a ovest dell'alto Flumendosa nella vallata del Rio Sicaderba. Quest'ultima è compresa all'interno dell'omonimo Sito di Interesse Comunitario ITB 002215, i cui confini sono rappresentati dalla linea ferroviaria percorsa dal Trenino Verde da un lato e dalla SS 389 dall'altro. I Comuni interessati territorialmente dal progetto sono Villagrande Strisaili e Arzana (Figura 2-1). Dal punto di vista cartografico l'area ricade nella carta d'Italia in scala 1:25.000 I.G.M.I., Foglio 531, sez. 4 "Villanova Strisaili".



Figura 2-1 – Inquadramento su foto aerea Google Earth – In giallo la viabilità attuale, in rosso la variante di progetto. I Comuni interessati territorialmente dal progetto sono Villagrande Strisaili e Arzana.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 6 di 80</p>
--	--

2.1 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato dalla prevalenza dei litotipi in genere a bassa permeabilità con sorgenti a portata modesta (rocce appartenenti al "Complesso magmatico intrusivo tardo-paleozoico ed al basamento paleozoico). Fanno eccezione le zone dove è più esteso e intenso il reticolato di fratture, che costituiscono le vie di drenaggio preferenziale per le acque sotterranee, oppure dove sono localizzate importanti strutture tettoniche. Nel caso dei granitoidi lapidei, la copertura vegetale e del suolo sono esigui per cui anche la possibilità di ritenuta e di infiltrazione di acqua meteorica è da ritenersi scarsa; si possono invece raggiungere valori medi di permeabilità in corrispondenza delle zone di arenizzazione, dove si possono rinvenire limitati acquiferi.

La roccia, sebbene alterata nella parte più superficiale, evidenzia una coesione variabile da nulla a discreta; la parte di roccia non alterata lapidea risulta essere sempre molto compatta sebbene sia presente un marcato grado di fratturazione evidente sia arealmente che localmente.

La permeabilità degli scisti varia localmente in funzione delle condizioni tettoniche e di giacitura. Gli scisti compatti sono solo debolmente permeabili per fessurazione. Gli scisti cataclastici e milonitici, una volta impregnati d'acqua, diventano una massa pastosa e impermeabile. Nel complesso quindi il basamento paleozoico può considerarsi praticamente impermeabile.

Le emergenze sorgentizie che si sono osservate nella zona, soprattutto nel comune di Villagrande Strisaili, sono principalmente di due tipi: sorgenti alla base delle masse calcareo-dolomitiche che si raccolgono al contatto con la formazione scistosa su cui si appoggiano i terreni mesozoici e che possono definirsi sorgenti di contatto ad alimentazione carsica; sorgenti di fessura nella formazione scistosa alimentate dalle acque assorbitate nelle parti più elevate dei rilievi dallo scisto fratturato. Sono in massima parte temporanee.

Non sono presenti sorgenti o pozzi che possano essere interessati dalla nuova opera stradale e nella fascia interessata dall'opera non esistono acque dichiarate di pubblica utilità.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 7 di 80</p>
--	--

2.2 Idrografia

Il reticolo idrografico della zona appartiene al Bacino del Fiume Flumendosa ed è rappresentato da numerosi piccoli affluenti a regime torrentizio, con profilo di fondo a forte pendenza che raggiungono, da destra e da sinistra, il lago Alto del Flumendosa e il Rio Sicaderba. Questi numerosi rii vanno frequentemente in secca durante la stagione estiva, ma durante il periodo delle piogge raggiungono portate significative, seppure per breve tempo, acquistando, grazie anche alla notevole pendenza, una considerevole forza erosiva; infatti la maggior parte degli alvei scorrono su roccia viva.

La strada inevitabilmente intercetterà parte delle acque di ruscellamento provenienti dalla parte alta dei versanti della valle del Riu Sicaderba, tra cui anche il Riu Idolo, che confluiscono verso il rio e verso il lago alto del Flumendosa, altrimenti detto lago Bau Muggeris. Il lago è un invaso artificiale a uso concessorio idroelettrico, finito di realizzare nel 1949. La superficie del bacino imbrifero direttamente sottesa dalla diga che regola l'invaso è pari circa 62 kmq, e il volume utile di regolazione è pari a 58 Mmc.

Il Fiume Flumendosa è considerato attualmente il corso d'acqua di maggiore importanza in Sardegna per la complessità e dimensione del sistema di utilizzazione della risorsa idrica da esso costituito. Il fiume è infatti regolato da un sistema di invasi di grandi capacità per usi multipli. Il bacino del Flumendosa ha un'estensione di 1842 kmq ed è delimitato dai maggiori rilievi della Sardegna, tra i quali ad Est il Monte Idolo. Il Fiume ha origine nelle pendici meridionali ed orientali del Massiccio del Gennargentu, scavando gli scisti paleozoici e mettendo a nudo il granito in gole tortuose e molto profonde con un percorso assai angolato. Dopo un percorso di circa 122 km sfocia in mare in prossimità di Porto Corallo. Il tratto a monte è costituito dalla confluenza di alcuni torrenti, il più importante dei quali è appunto il Rio Bacu Sicca d'Erba, o Riu Sicaderba, il cui corso è stato sbarato, come detto, in località Bau Muggeris (Villagrande Strisaili) per la formazione dell'invaso artificiale.

Nella figura sottostante si riporta il reticolo idrografico (in blu) evidenziando i principali sottobacini dei corsi d'acqua interferenti con la viabilità di progetto (rappresentata in rosso). Il bacino del Riu Sicaderba è rappresentato in giallo.

Relazione Idrologica

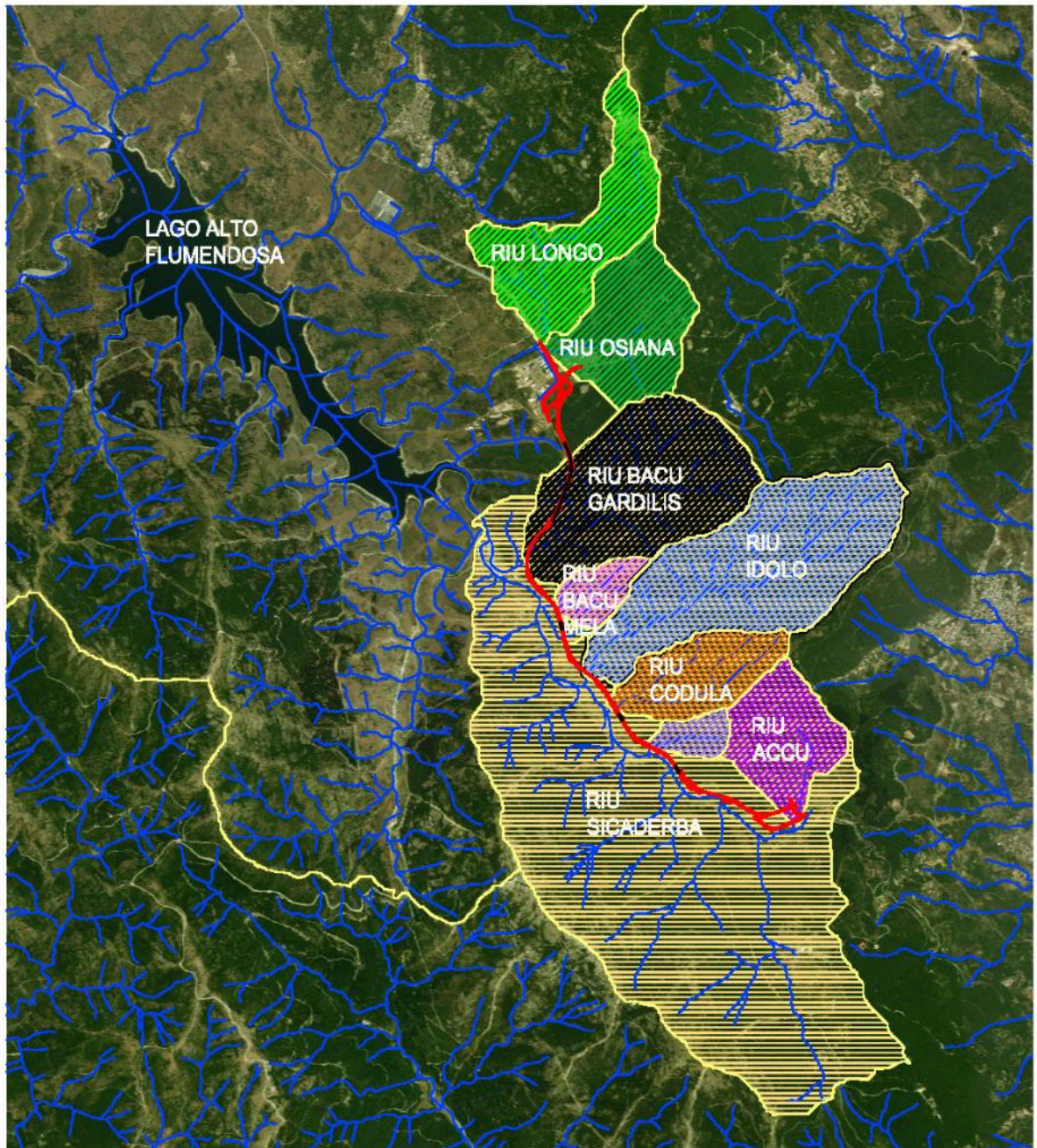


Figura 2-2- Reticolo idrografico (in blu) con individuazione dei sottobacini dei principali corsi d'acqua interferenti con la viabilità di progetto (in rosso). Il bacino del Riu Sicaderba è rappresentato in giallo.

<i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 9 di 80
---	---

2.3 Caratteri climatici

Il clima tipico è quello mediterraneo, con precipitazioni concentrate nel periodo autunno-inverno e da siccità estiva. La temperatura media annua registra valori oscillanti tra gli 11°- 13° C. I valori minimi si rilevano tra gennaio e marzo, con valori medi mensili di 1° C, mentre il valore medio annuale delle temperature massime viene registrato tra fine giugno ed agosto e si aggira intorno ai 16°C. Per quanto riguarda le precipitazioni mensili si distinguono due stagioni, una che va da ottobre ad aprile, più piovosa e l'altra da maggio a settembre caratterizzata da maggiore siccità. Le precipitazioni più intense si verificano nel mese di dicembre, mentre i mesi più secchi sono quelli di luglio e agosto. Nel complesso le precipitazioni annue sono superiori a 1000 mm⁴.

⁴ Comune di Arzana - Piano di Gestione area S.I.C. "Riu Sicaderba" - Codice Sito ITB022215

Relazione Idrologica

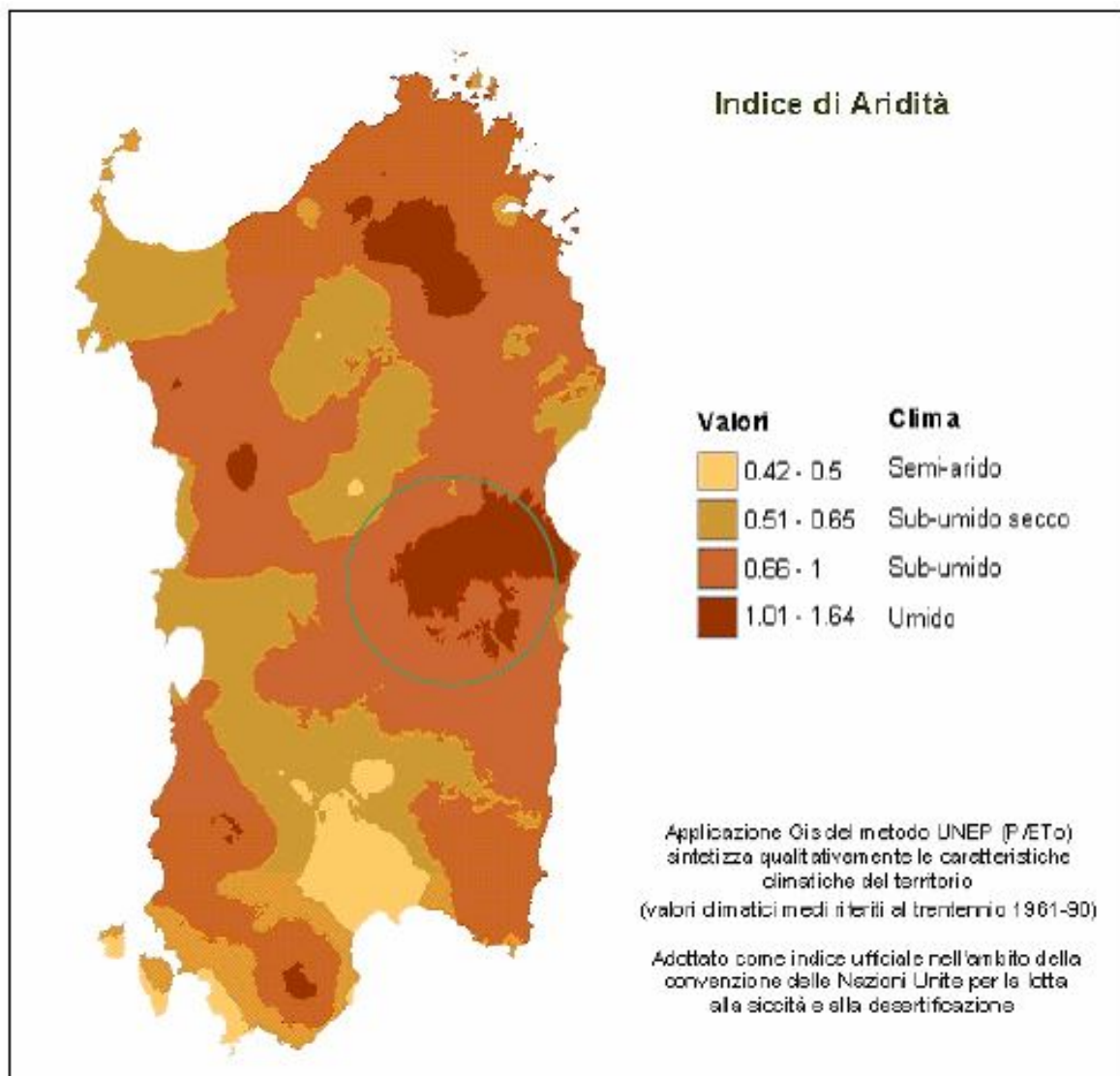


Figura 2-3 – Indice di aridità della Regione Sardegna – Estratto da: Comune di Arzana - Piano di Gestione area S.I.C. “Riu Sicaderba”.

Unità misura	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic	Media Anno
mm	108,6	115,5	124,3	68,6	53,4	19,5	6,7	17	51,2	133,6	128,2	160,4	987
°C	7,8	8	9,9	12,5	16,3	20,7	24,3	24,1	20,9	16,4	12,5	9,2	15,2

Figura 2-4 – Precipitazioni e temperature medie nella valle del Riu Sicaderba - Estratto da: Comune di Arzana - Piano di Gestione area S.I.C. “Riu Sicaderba”.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 11 di 80</p>
---	---

2.4 Pianificazione regionale

Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale ha suddiviso il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è dunque suddiviso in sette sub-bacini (Figura 2-5), ognuno dei quali caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

Il reticolo idrografico che interessa l'area di progetto appartiene al Sub-Bacino Flumendosa–Campidano–Cixerri, che ha un'estensione di 5960kmq e rappresenta circa il 25% dell'intero territorio regionale.

La competenza in merito all'assetto della rete idrografica è demandata all'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna. Uno dei principali strumenti di pianificazione adottato dall'Autorità è il PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico), approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino, con Delibera n. 2 del 17.12.2015, ha approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, il PSFF - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, che costituisce un approfondimento ed una integrazione al PAI. Il PSFF rappresenta lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Vengono dunque adottate, in aggiunta alle aree già perimetrate dal PAI, le aree a pericolosità idraulica perimetrate dallo studio PSFF e le corrispondenti misure di salvaguardia previste dalle vigenti Norme Attuative del PAI.

Per quanto concerne il rischio idraulico, l'area in esame non risulta perimetrata nelle mappe di rischio e di pericolosità del PAI, né in quelle del PGRA (Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010) e del PSFF.

Relazione Idrologica

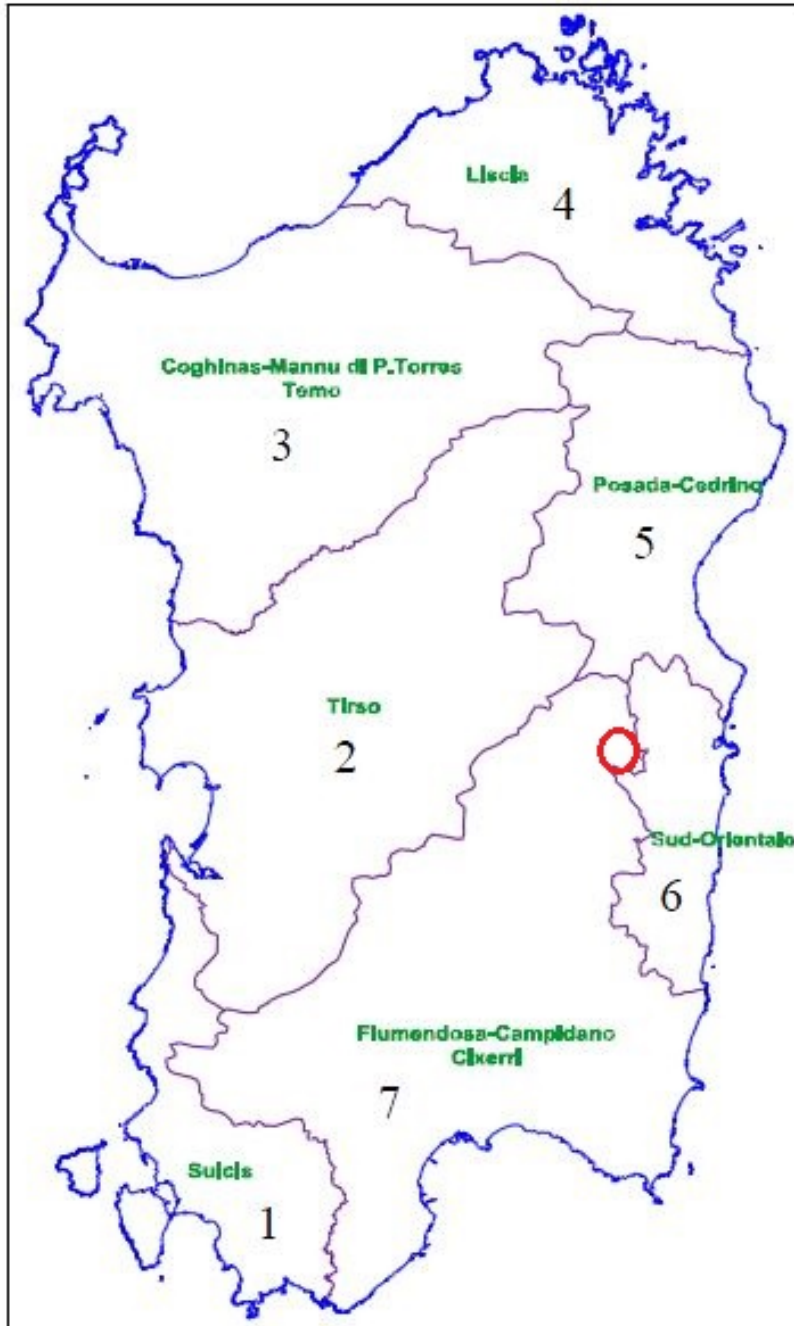


Figura 2-5 – PAI – Relazione Generale di Piano - Delimitazione dei Sub-bacini Regionali Sardi – Cerchiata in rosso l'area di progetto

Nel PSFF viene delimitata “la fascia C” geomorfologica, ovvero la fascia fluviale potenzialmente oggetto di inondazione nel corso di piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità. Nell’immagine seguente si riporta tale delimitazione in giallo (metadato scaricato dal Portale ufficiale “Sardegna mappe”); la strada di progetto è riportata in rosso.

Relazione Idrologica

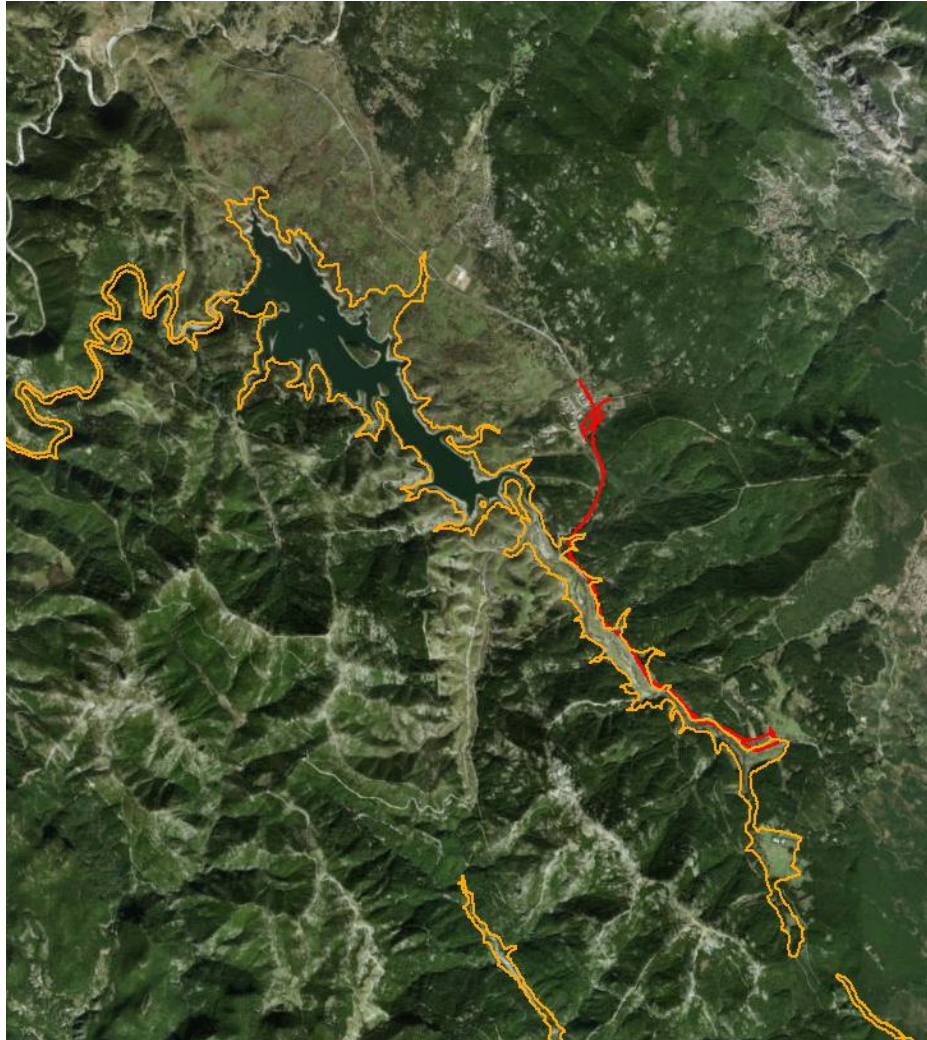


Figura 2-6 – PSFF (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali) – Fascia C Geomorfologica (in giallo); La strada di progetto è in rosso.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 14 di 80</p>
---	---

3. STUDIO IDROLOGICO

3.1 Analisi delle precipitazioni a scala regionale: metodologia VAPI-TCEV

Il calcolo delle altezze di pioggia è stato effettuato facendo riferimento alla metodologia VAPI adottata nel PAI Sardegna⁵.

Tale metodologia⁶ è basata su un modello probabilistico TCEV che attraverso i tre livelli di regionalizzazione individua la *pioggia indice* ed il *fattore di crescita*, il cui prodotto restituisce la altezza di pioggia in funzione della durata d e del tempo di ritorno T .

L'applicazione del modello probabilistico TCEV alle piogge giornaliere massime annue è stata basata sui dati di 200 stazioni pluviometriche con almeno 40 anni di osservazioni nel periodo 1922-80. A scopo di verifica, sono state inoltre utilizzate altre 111 stazioni con un numero di anni osservati compreso tra 15 e 39. Entrambi i due gruppi di apparecchi sono distribuiti in modo abbastanza uniforme sul territorio regionale, come si evince dalla Figura 12.1. Le elaborazioni relative agli eventi brevi ed intensi sono state condotte su di una base dati costituita dalle massime piogge annue di durata pari a 30, 45 e 60 minuti e 3, 6, 12 e 24 ore, rilevate nel periodo 1929-82 in 46 stazioni pluviografiche (Figura 12.2) con almeno 17 anni di osservazioni. Le osservazioni sopraindicate sono state in parte estratte dagli Annali Idrologici del Compartimento di Cagliari del SIMN e, in parte, digitalizzate direttamente dai diagrammi pluviografici, messi a disposizione dallo stesso compartimento. I dati osservati sono stati sottoposti a verifica controllando in ogni stazione la congruenza tra l'altezza di pioggia giornaliera e quella di 24 ore e, più in particolare, tra altezze di pioggia di differente durata.⁷

La altezza di pioggia di durata d corrispondente ad un assegnato livello di criticità (tempo di ritorno T) si ottiene dal prodotto di $\bar{h}(d)$, pioggia media massima annuale di durata d , per il fattore di crescita $K(T)$, al netto del fattore di riduzione areale ARF :

⁵ CAO C., PIGA E., SALIS M., SECHI G.M. "[Valutazione delle piene in Sardegna](#)". Rapporto Regionale Sardegna, CNR-GNDICI, LINEA 1, Istituto di Idraulica, Università di Cagliari, 1991.

⁶ Deidda R. et al., 2000; "Analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense in Sardegna"; L'Acqua, vol. 5, pp29-38

⁷ Da "SINTESI DEL RAPPORTO REGIONALE SARDEGNA" – <http://www.idrologia.polo.it/gndci/rapportiPdf/Cagliari.pdf>

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 15 di 80</p>
---	---

$$h(d, T) = ARF \cdot K(T) \cdot \bar{h}(d)$$

In considerazione delle funzioni $K(T)$ e $\bar{h}(d)$, illustrate nel seguito, la altezza di pioggia di durata d e tempo di ritorno T assume la forma monomia seguente:

$$h(d, T) = ARF \cdot \alpha d^\eta$$

Dove α e η rappresentano i coefficienti della CPP di assegnato tempo di ritorno T .

3.1.1 La pioggia media massima annuale giornaliera e la pioggia indice

La pioggia media massima annuale di durata d risulta funzione della durata d e dei valori medi dei massimi annuali della pioggia giornaliera \bar{h}_g :

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} * d^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}$$

evidentemente riconducibile alla forma monomia:

$$\bar{h}(d) = \alpha d^\eta$$

La determinazione dei valori medi dei massimi annuali delle piogge giornaliere avviene attraverso la rappresentazione a curve isoparametriche che consentono la stima della pioggia \bar{h}_g in un generico sito attraverso un'interpolazione lineare fra le curve più vicine al punto stesso. Le singole curve pluviometriche medie vengono presentate nella successiva Figura 3-1. La metodologia prevede la suddivisione del territorio in più sottozone pluviometriche omogenee rappresentate nella Figura 3-2.

Relazione Idrologica



Figura 3-1: Isoiete di pioggia giornaliera sul territorio sardo.

Relazione Idrologica

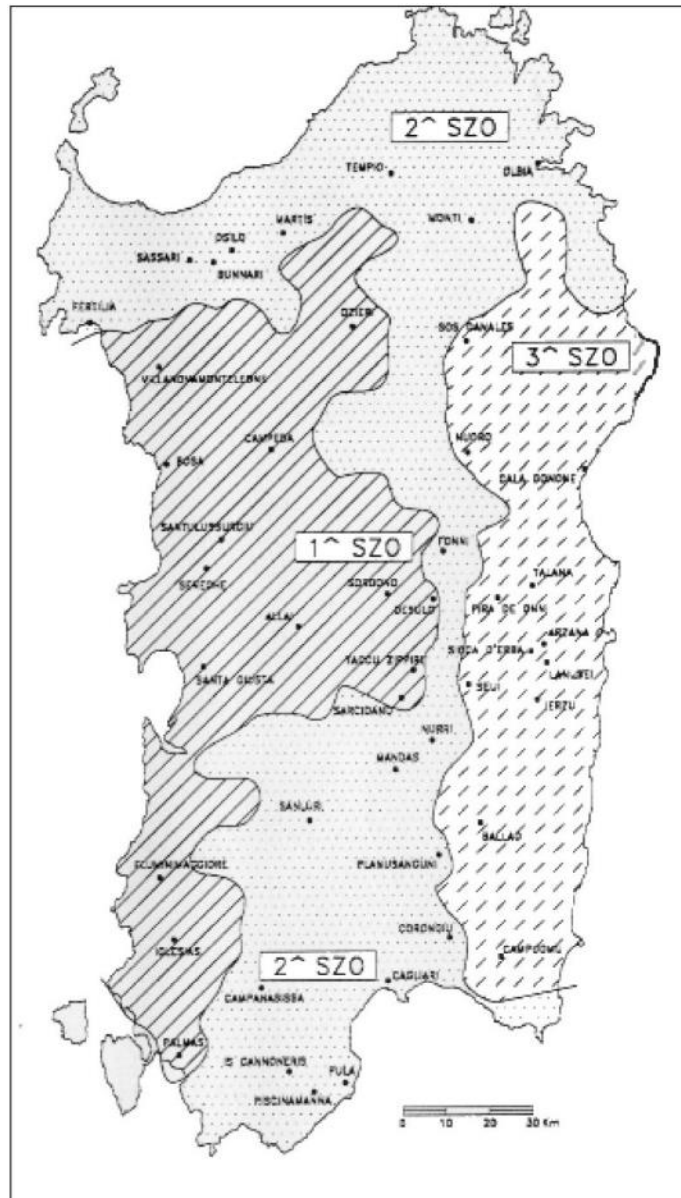


Figura 3-2: Regionalizzazione delle precipitazioni-sottozone omogenee e distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera

3.1.2 Stima della curva di crescita

La definizione della curva di crescita con il tempo di ritorno individua i rapporti tra quantili caratterizzati da diversi tempi di ritorno. Rimane così definita, una volta noto il valor medio della variabile considerata, in questo caso la massima altezza di pioggia annuale di durata d , la curva di probabilità pluviometrica per piogge di durata d e tempo di ritorno T . La distribuzione di probabilità utilizzata è appunto la TCEV.

Come precedentemente indicato, la stima delle precipitazioni di un'assegnata durata e per un dato tempo di ritorno si basa sul calcolo dei valori della media dei massimi delle precipitazioni stesse relative alla durata d e la successiva amplificazione attraverso un fattore di crescita (in funzione del tempo di ritorno T) $K(T)$, ossia:

$$h(d, T) = K(T) \cdot (a \cdot d^n)$$

Nello studio VAPI suddetto, vengono indicate tre sottozone pluviometriche omogenee (SZO) per la Regione Sardegna (v. Figura 3-2).

La zona d'interesse dell'intero progetto ricade nella sottozona 3, come quanto evidenziato nella Figura 3-3:

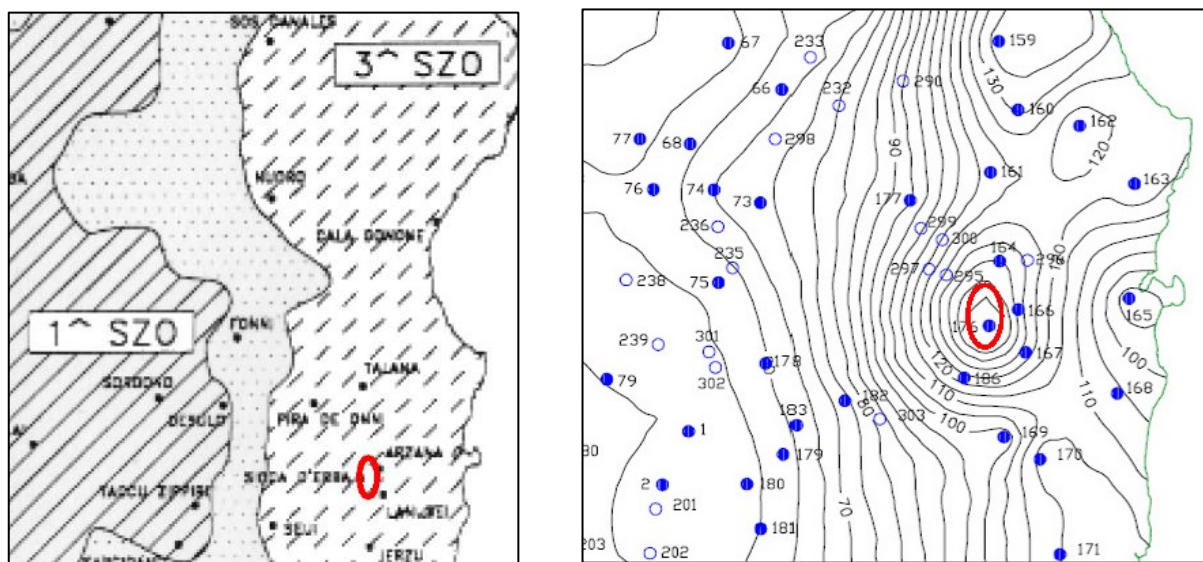


Figura 3-3: Sottozone omogenee (a sx) e isoiete (a dx) delle piogge giornaliere nella porzione di territorio oggetto di intervento (in evidenza il bacino interferente l'opera in progetto)

Il fattore di crescita risulta funzione sia del tempo di ritorno che della durata di pioggia. In effetti per tempi di ritorno superiori a 10 anni, il fattore di crescita $K(T)$ assume la seguente espressione monomia:

$$K(T) = (a \cdot d^n)$$

dove a, n sono i parametri dedotti dalla seguente tabella rispettivamente per durata di pioggia d inferiore (sinistra) o superiore (destra) all'ora:

Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T) - 3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

Evidentemente per continuità della curva, il parametro a che rappresenta l'altezza di pioggia oraria è lo stesso in entrambi i casi. Di seguito i risultati ottenuti per le piogge orarie corrispondenti ai diversi tempi di ritorno:

T ritorno (anni)	SZO 3
25	2.01
50	2.35
100	2.70
200	3.04
500	3.50

Tabella 1 Fattori di crescita $K(T)$ delle altezze di pioggia oraria per la sottozona omogenea SZO2 in corrispondenza di assegnati tempi di ritorno caratteristici superiori ai dieci anni.

3.1.3 Curve di Possibilità Pluviometrica

Di seguito si riportano i calcoli relativi alla costruzione della CPP nella SZO3 in cui ricade il bacino in studio; la pioggia media giornaliera \bar{h}_g ricavata dalla distribuzione spaziale sull'intera Sardegna (fig. 3.3) è pari a 145 mm, un valore molto alto se confrontato con gli altri valori medi regionali.

TCEV
TR>10 anni
SZO3

Parametri calcolo h*
hg [mm] 145
a= 29.8
n= 0.536

h*(d)	Pioggia Indice						
d [ore]	0.25	0.5	1	3	6	12	24
	14.18	20.56	29.81	53.71	77.87	112.89	163.66

K(T)	Fattore di crescita						
T [anni] / d [ore]	0.25	0.5	1	3	6	12	24
25	1.72	1.86	2.01	2.06	2.10	2.14	2.17
50	1.88	2.10	2.35	2.42	2.47	2.52	2.57
100	2.04	2.34	2.70	2.79	2.84	2.90	2.96
200	2.19	2.58	3.04	3.15	3.22	3.29	3.36
500	2.38	2.89	3.50	3.63	3.72	3.81	3.90

h(d,T)	CPP						
T [anni] / d [ore]	0.25	0.5	1	3	6	12	24
25	24.4	38.2	59.9	110.9	163.6	241.3	355.9
50	26.7	43.3	70.2	130.2	192.4	284.2	419.8
100	28.9	48.2	80.4	149.6	221.4	327.5	484.6
200	31.0	53.0	90.7	169.1	250.6	371.3	550.2
500	33.8	59.4	104.3	195.1	289.6	430.0	638.4

Tabella 2: VAPI-TCEV calcolo delle CPP

La

successiva

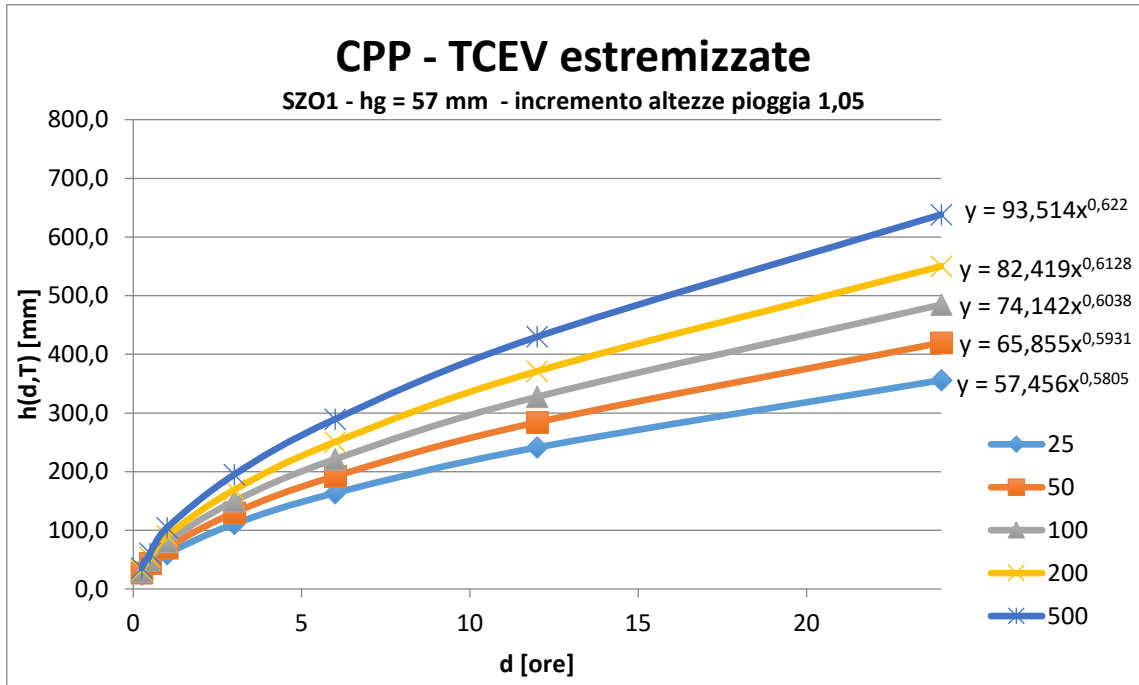


Figura 3-4 riporta graficamente i risultati relativi alle CPP corrispondenti ai diversi Tempi di ritorno.

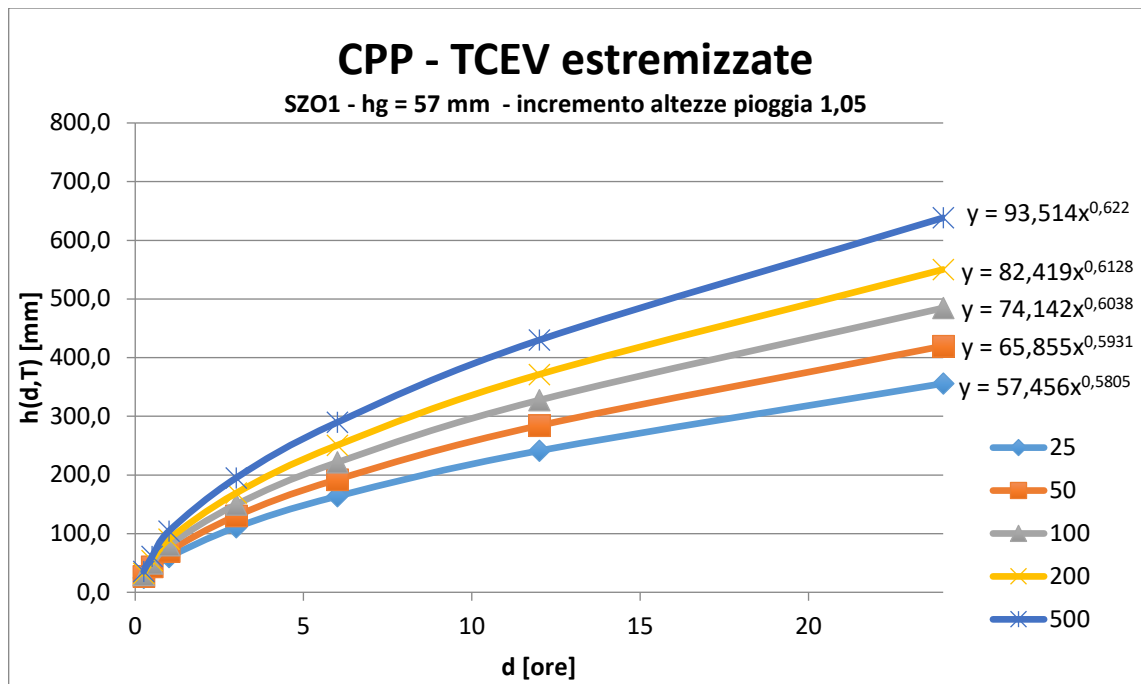


Figura 3-4: Curve di possibilità pluviometrica per la SZO3 – $h_g = 145 \text{ mm}$ corrispondenti ai diversi tempi di ritorno

ANAS S.p.A.

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

Relazione Idrologica

T00_ID00_IDR_RE01_A

Data: Settembre 2020

Pag. 22 di 80

3.2 Analisi delle precipitazioni a scala regionale: metodologia GEV

3.2.1 Aggiornamento delle CPP con il metodo regionalizzato GEV con approccio geostatistico

Il Professor Roberto Deidda, del dipartimento di Ingegneria dell'Università di Cagliari, nel 2016, in collaborazione con l'Agenzia del Distretto Idrografico delle Regione Sardegna, ha sviluppato un metodo per la valutazione delle altezze di pioggia sul territorio sardo che va a ridisegnare la distribuzione delle piogge basati su precedenti metodi come il TCEV, tenendo conto dei recenti eventi estremi verificatisi nella regione dal 2008 al 2013.

Per la valutazione delle piogge è stato adottato il modello GEV con distribuzione geostatistica dei parametri di forma (k) e di scala (σ^*). Il modello utilizza il metodo della pioggia indice per la distribuzione spaziale, come previsto anche dal modello regionalizzato TCEV

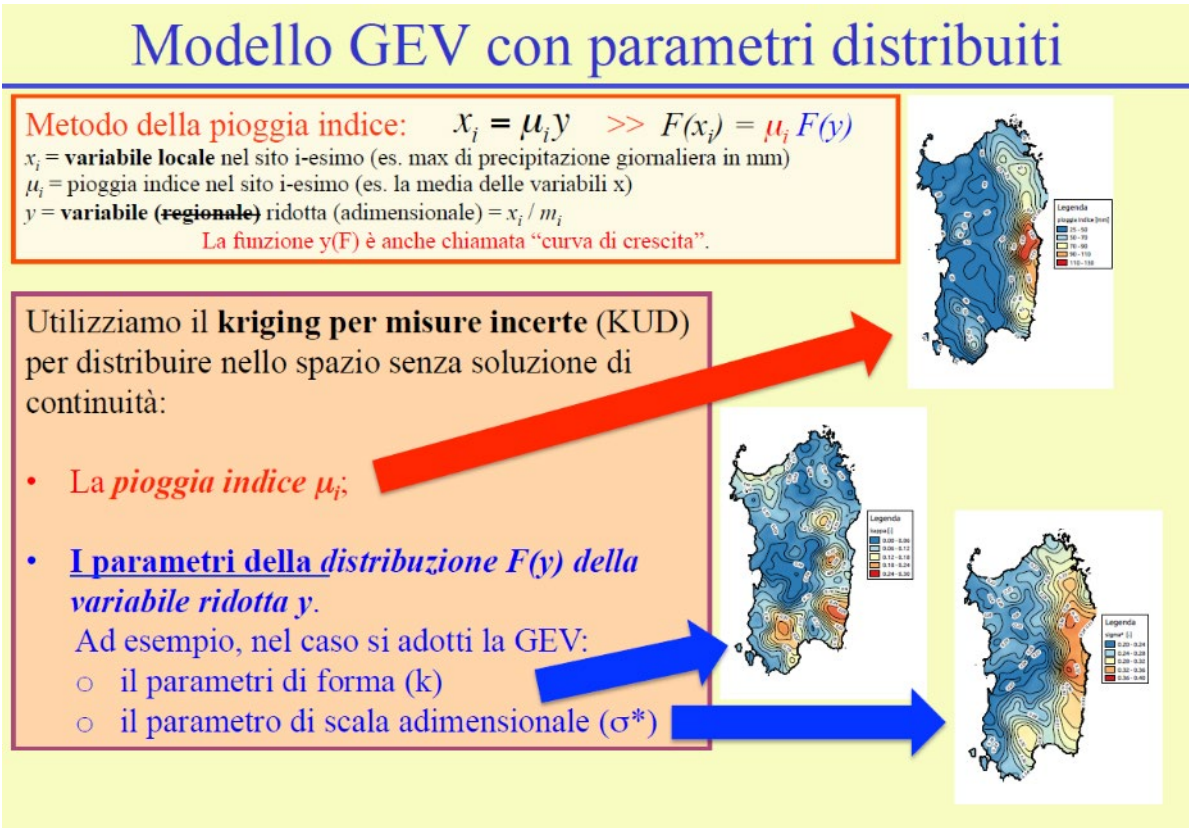


Figura 3-5: Modello GEV con approccio geostatistico (Roberto Deidda – Università di Cagliari – 2016)

Dal confronto fra le carte delle isoiete, per TR 200, del metodo TCEV e del metodo GEV geostatistico, si può osservare come in quest'ultima carta si evidenzia un marcato aumento delle altezze di pioggia nelle aree centro-orientali e sud-occidentali della regione con un incremento delle precipitazioni in queste aree che va dal 23 %, nell'area centro orientale, al 30%, nell'area sud-occidentale.

Confronto quantili giornaliere per T = 200 anni

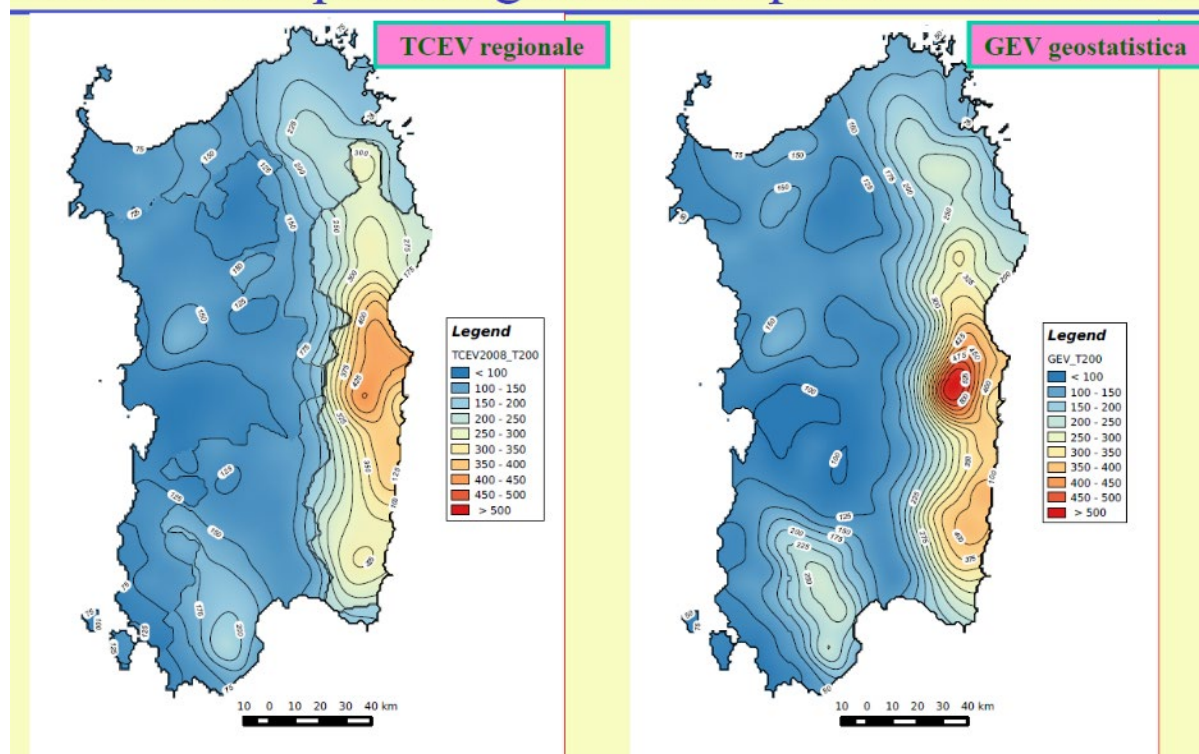


Figura 3-6: Confronto isoiete di pioggia cumulata per TR200 metodo TCEV e GEV geostatistico (Roberto Deidda – Università di Cagliari – 2016)

Questo risulta in accordo con quanto avvenuto nell'evento alluvionale del 18 novembre 2013, di cui si riporta la carta delle isoiete di pioggia cumulata (Figura 3-7).

L'esame delle isoiete evidenzia come tutte le aree non costiere della Sardegna orientale, dal bacino del Flumendosa fino al bacino del Liscia, siano state interessate da precipitazioni superiori a 100mm, con ampie zone che presentano valori prossimi o superiori a 200 mm.

L'esame delle registrazioni effettuate alle stazioni pluviometriche evidenzia come la quasi totalità delle precipitazioni si sia riversata in un tempo inferiore a 12 ore e che,

<p><i>ANAS S.p.A.</i></p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 25 di 80</p>
---	---

per molte stazioni ubicate nell'alto e medio Campidano, più dell' 80% della precipitazione si è riversato nelle sei ore più piovose, mentre nelle altre aree si è registrato generalmente un valore tra il 60 e il 70% del totale che si è riversato nelle sei ore.

Si tratta dunque di precipitazioni persistenti fino a 12 ore, che, volendo generalizzare, sono caratterizzate da intensità non molto forte sulle brevi durate, ma che per la loro continuità risultano sufficienti per indurre le massime portate correlate, oltre che nei bacini più piccoli, anche nelle sezioni finali di bacini imbriferi di ampia superficie come quelli del Cedrino (1.089 kmq alla foce) o del rio di Posada (675 kmq).

Relazione Idrologica



Figura 3-7: Isoiete di pioggia cumulata nel giorno 18 Novembre 2013

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 27 di 80</p>
---	---

Di seguito vengono costruite le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per l'area d'intervento e saranno confrontate con quelle del metodo TCEV.

Secondo tale metodologia l'altezza di pioggia per un assegnato tempo di ritorno segue la seguente legge:

$$h_T(\tau) = m(\tau) * y_T(\tau) = \begin{cases} a_1 \tau^{n_1} & \tau \leq 1 \text{ ora} \\ a_2 \tau^{n_2} & \tau \geq 1 \text{ ora} \end{cases}$$

con $m(\tau)$:

$$\begin{aligned} a_1 &= a_{1m} * a_{1y} \\ a_2 &= a_{2m} * a_{2y} \\ n_1 &= n_{1m} + n_{1y} \\ n_2 &= n_{2m} + n_{2y} \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} n_{1m} &= -0.20 + 0.33 \log_{10} m_D \\ n_{2m} &= -0.60 + 0.52 \log_{10} m_D \end{aligned}$$

$$a_{1m} = a_{2m} = \frac{-10 + 1.25 m_D}{24^{n_{2m}}}$$

$$\begin{aligned} n_{1y} &= n_{1y_p} + n_{1y_q} \log_{10} T \\ n_{2y} &= n_{2y_p} + n_{2y_q} \log_{10} T \end{aligned}$$

$$a_{1y} = a_{2y} = 10^{a_{1y_p} + a_{1y_q} \log_{10} T + a_{1y_r} (\log_{10} T)^2}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 28 di 80</p>
---	---

La dipendenza territoriale della variabile ridotta adimensionale $y_T(\tau)$ è introdotta infine dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned}
 n_{1y_p} &= -0.08441 - 0.09092 \kappa_D + 0.07846 \sigma_D^* + 0.32383 \kappa_D^2 + 0.00793 \kappa_D \sigma_D^* + 0.01891 \sigma_D^{*2} \\
 n_{1y_q} &= +0.02720 + 0.13097 \kappa_D + 0.18360 \sigma_D^* - 0.37370 \kappa_D^2 - 0.07701 \kappa_D \sigma_D^* - 0.07303 \sigma_D^{*2} \\
 n_{2y_p} &= +0.01206 - 0.17695 \kappa_D + 0.01612 \sigma_D^* - 0.67415 \kappa_D^2 - 0.05609 \kappa_D \sigma_D^* + 0.13555 \sigma_D^{*2} \\
 n_{2y_q} &= -0.10358 + 0.17971 \kappa_D + 0.29584 \sigma_D^* + 0.74819 \kappa_D^2 + 0.36062 \kappa_D \sigma_D^* - 0.34968 \sigma_D^{*2} \\
 a_{1y_p} &= -0.06465 - 0.04403 \kappa_D - 0.08110 \sigma_D^* + 0.08870 \kappa_D^2 + 0.06253 \kappa_D \sigma_D^* + 0.05123 \sigma_D^{*2} \\
 a_{1y_q} &= +0.20019 + 0.06131 \kappa_D + 0.38674 \sigma_D^* - 0.09988 \kappa_D^2 - 0.10208 \kappa_D \sigma_D^* - 0.10724 \sigma_D^{*2} \\
 a_{1y_r} &= -0.01193 - 0.00329 \kappa_D - 0.05745 \sigma_D^* - 0.01044 \kappa_D^2 + 0.01938 \kappa_D \sigma_D^* + 0.01084 \sigma_D^{*2}
 \end{aligned}$$

La pioggia indice media (m_D), ed i parametri di forma (k) e di scala (σ^*) della funzione GEV sono ricavabili dalle carte con i parametri distribuiti (Figura 3-8, Figura 3-9 e Figura 3-10)

Relazione Idrologica

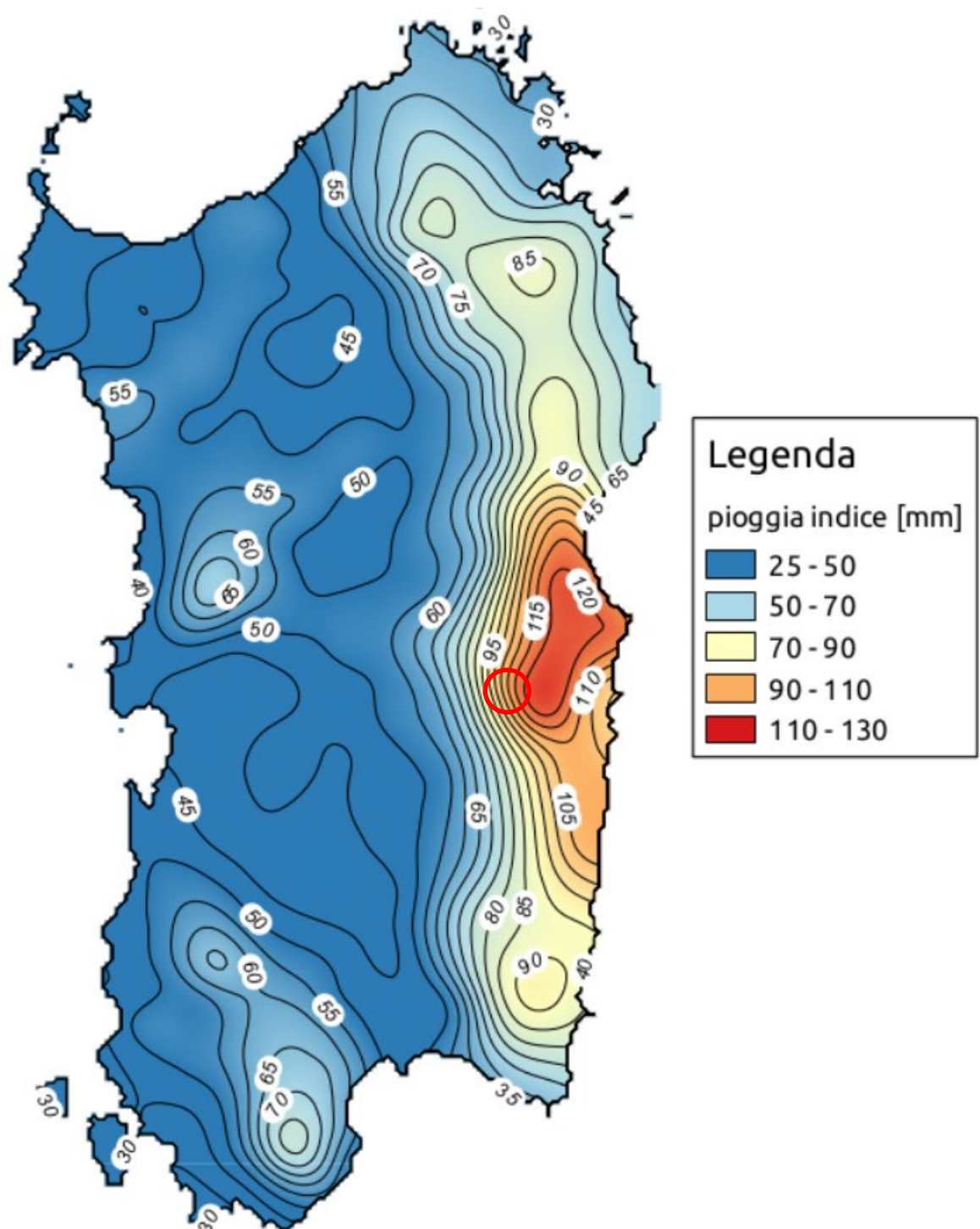


Figura 3-8: Carta della Pioggia indice m_D - Metodo GEV con approccio geostatistico

Relazione Idrologica

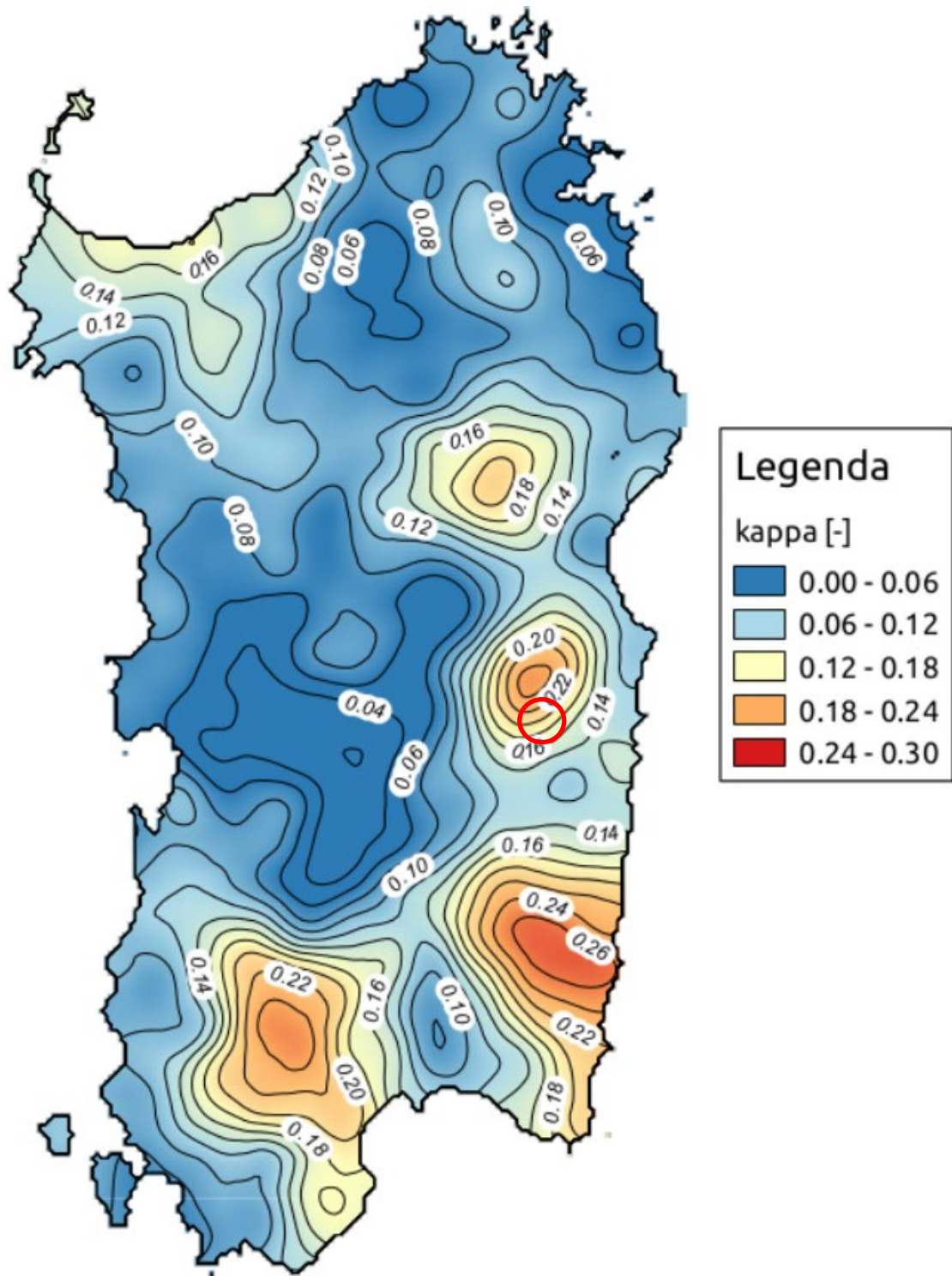


Figura 3-9: Carta della fattore di forma k - Metodo GEV con approccio geostatistico

Relazione Idrologica

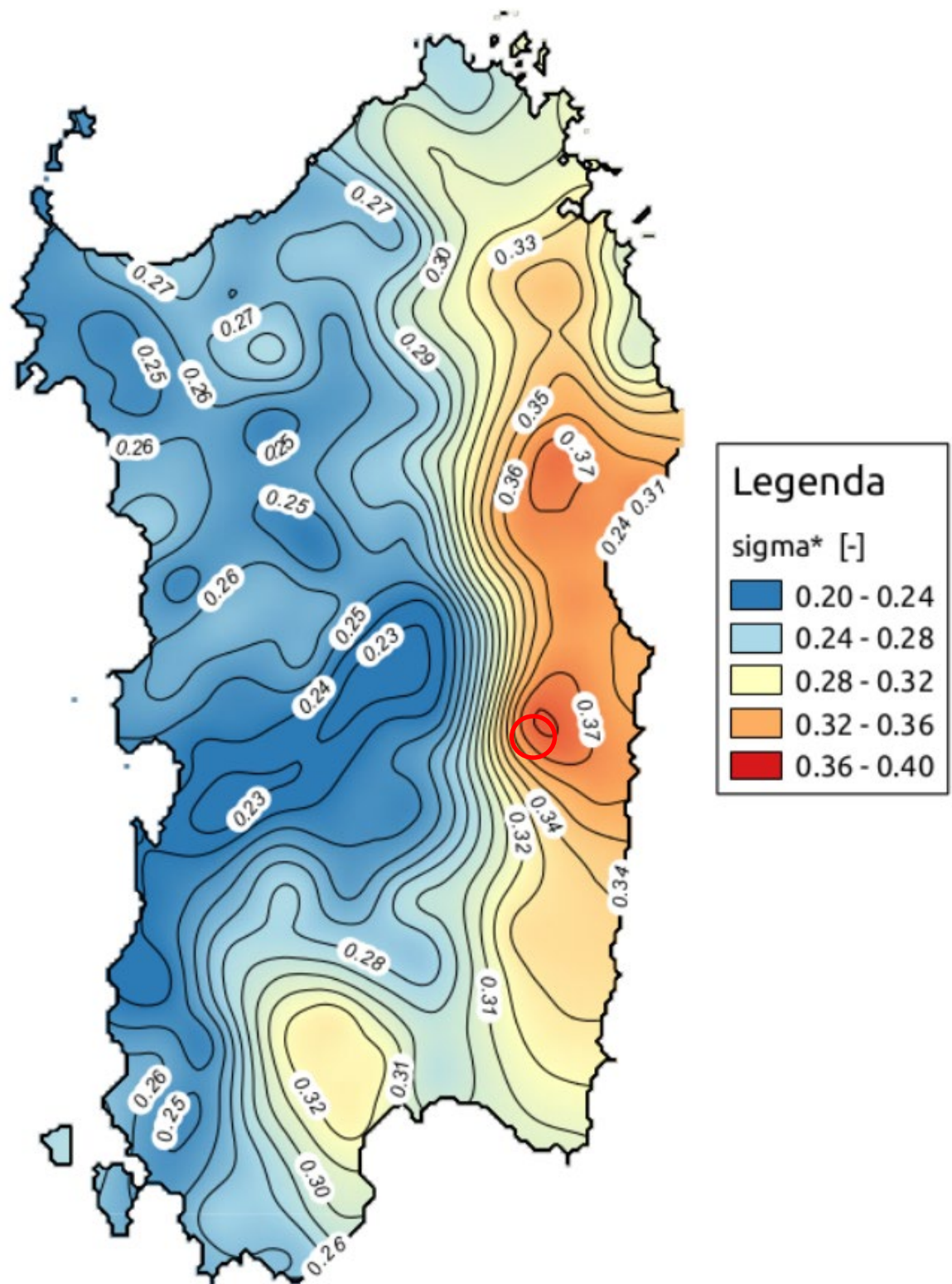


Figura 3-10: Carta della fattore di scala σ^* - Metodo GEV con approccio geostatistico

SARDEGNA CPP
GEV con approccio geostatistico

TR>10 anni

Parametri calcolo	
md [mm]	120
Kd	0.18
Sigma D	0.36

h(d,T) T [anni] / d [ore]	CPP		
	a	n1	n2
25	63.98	0.55	0.41
50	75.09	0.58	0.41
100	87.00	0.61	0.40
200	99.52	0.63	0.40
500	116.53	0.67	0.39

h(d,T) T [anni] / d [ore]	CPP						
	0.25	0.5	1	3	6	12	24
25	29.71	43.60	63.98	100.25	133.10	176.71	234.61
50	33.58	50.21	75.09	117.24	155.30	205.72	272.50
100	37.47	57.10	87.00	135.36	178.89	236.42	312.45
200	41.27	64.09	99.52	154.27	203.42	268.22	353.68
500	45.98	73.20	116.53	179.79	236.36	310.72	408.49

Tabella 3- CCP Modello GEV con approccio geostatistico – parametri i bacini di progetto

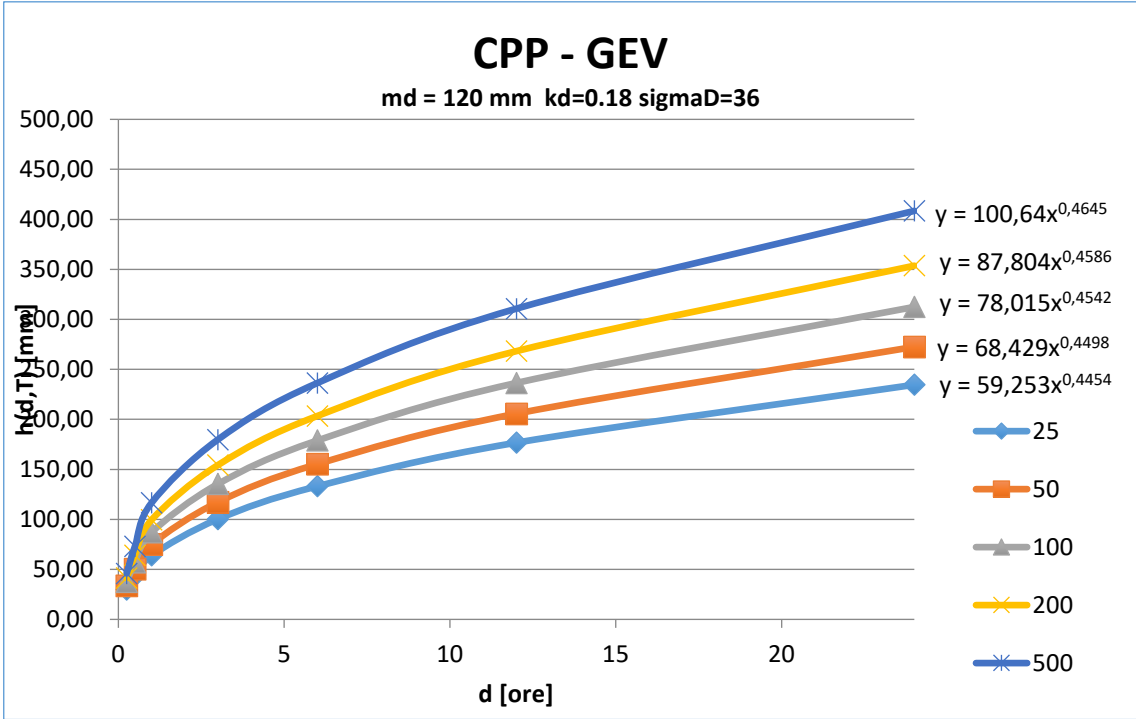


Figura 3-11: CCP Modello GEV con approccio geostatistico per i bacini di progetto

3.3 Validazione dei risultati

Dal confronto tra le CCP del metodo GEV (Tabella 7) con quelle del metodo VAPI-TCEV, si può notare l'andamento degli incrementi delle altezze di pioggia che decresce con la Durata e aumenta con il Tempo di ritorno. Per le durate infraorarie il valore dell'incremento varia dal 13% al 29% mentre per durate superiori alle 3 ore il decremento varia dal -8% fino al -30%.

h(d,T) T [anni] / d [ore]	CPP						
	0.25	0.5	1	3	6	12	24
25	23,3	31,1	41,4	59,0	73,7	92,1	115,1
50	25,7	35,2	48,2	68,4	85,4	106,5	132,8
100	28,1	39,3	55,0	77,8	96,9	120,7	150,3
200	30,4	43,3	61,7	87,2	108,4	134,8	167,6
500	33,6	48,7	70,7	99,4	123,4	153,1	189,9

Tabella 4: VAPI-TCEV calcolo delle CPP

h(d,T) T [anni] / d [ore]	CPP						
	0.25	0.5	1	3	6	12	24
25	29.71	43.60	63.98	100.25	133.10	176.71	234.61
50	33.58	50.21	75.09	117.24	155.30	205.72	272.50
100	37.47	57.10	87.00	135.36	178.89	236.42	312.45
200	41.27	64.09	99.52	154.27	203.42	268.22	353.68
500	45.98	73.20	116.53	179.79	236.36	310.72	408.49

Tabella 5: GEV calcolo delle CPP

h(d,T) T [anni] / d [ore]	CPP						
	0.25	0.5	1	3	6	12	24
25	20%	13%	7%	-10%	-19%	-27%	-34%
50	23%	15%	7%	-10%	-19%	-28%	-35%
100	26%	17%	8%	-10%	-19%	-28%	-36%
200	28%	19%	10%	-9%	-19%	-28%	-36%
500	29%	20%	12%	-8%	-18%	-28%	-36%

Tabella 6: Confronto percentuale CPP GEV/TCEV

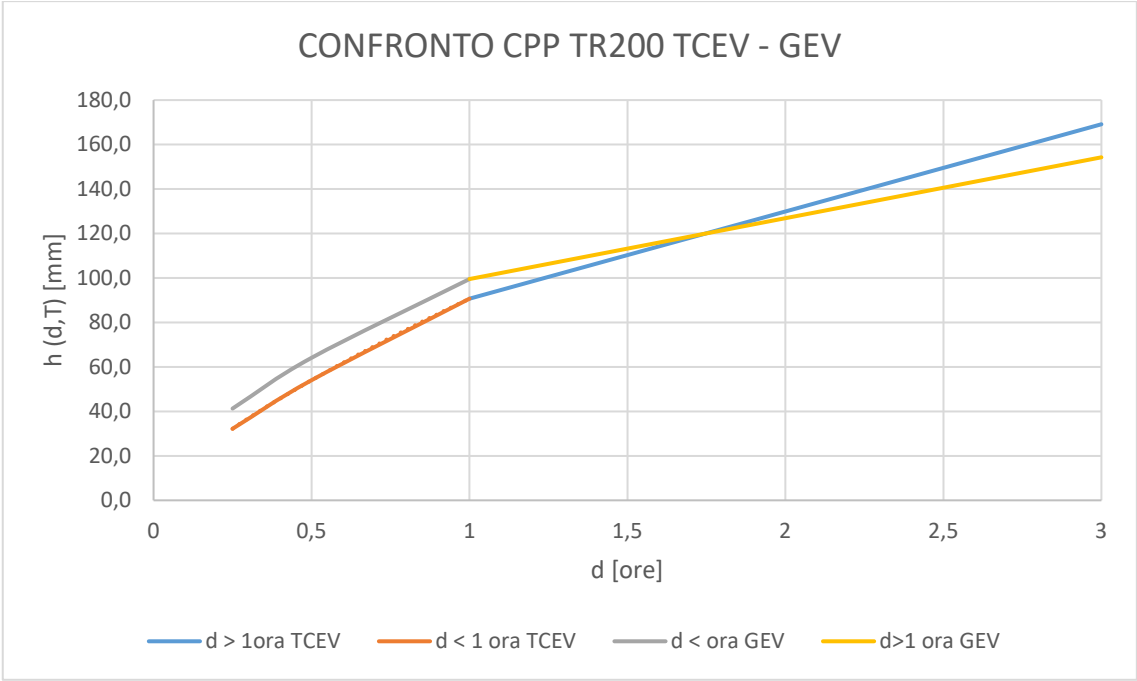


Figura 3-12: Confronto CPP metodo GEV geostatistico e TCEV per TR200 anni

Ai fini della progettazione dell'infrastruttura, sulla base delle considerazioni sopra esposte e delle elaborazioni eseguite, il progettista assume l'adozione delle CPP ottenute con il metodo GEV – geostatistico che comportano un aumento dei valori di pioggia estremi, per durate infraorarie, valutabili secondo un incremento del 13-29%, rispetto alle precedenti valutazioni condotte con il metodo VAPI-TCEV.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 36 di 80</p>
---	---

3.4 Caratterizzazione morfologica dei bacini idrografici e individuazione del tempo di corrivazione

3.4.1 *Analisi morfometrica dei bacini tributari*

Il tracciato di progetto interferisce con 8 corsi d'acqua identificati nel Reticolo Idrografico "Strato 4" della Sardegna, i quali sono (da monte a valle):

- Fiume 17760
- Riu Codula
- Riu Idolo
- Fiume 19229
- Riu Bacu Mela
- Riu Bacu Gardilis
- Fiume 20454
- Fiume 20774
-

Quasi tutti sono affluenti del Riu Sicaderba, tranne il Riu Longo e il Riu Osiana che affluiscono direttamente al Lago Alto Flumendosa.

Inoltre il reticolo della regione è stato implementato con 11 piccoli corsi d'acqua presenti nella cartografia IGM 25.000 e denominati con la sigla "Fsnxx" (Fosso senza nome), i quali sono (da monte a valle):

- Fsn14
- Fsn1
- Fsn2
- Fsn3
- Fsn4
- Fsn5
- Fsn6
- Fsn7
- Fsn8
- Fsn11
- Fsn15

Per l'esecuzione dell'analisi morfologica preliminare, finalizzata all'individuazione dei bacini tributari e del reticolo idrografico, è stata utilizzata la cartografia numerica digitale

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 37 di 80</p>
---	---

della Regione Sardegna DTM passo 10m, che ha permesso la realizzazione di un modello digitale di terreno ricoprente un'area di interesse di oltre 20 kmq.

Sono state eseguite le seguenti analisi:

- 1) Individuazione del reticolo di drenaggio superficiale
- 2) Individuazione e perimetrazione dei bacini tributari;
- 3) Caratterizzazione morfometrica dei bacini tributari.

Dal punto di vista morfometrico, le principali grandezze di interesse per ciascuno dei sottobacini identificati sono le seguenti:

A:	[kmq]	estensione superficiale del bacino
H _{max} :	[m s.m]	quota massima del bacino
H _{min} :	[m s.m]	quota minima del bacino alla sezione di chiusura interferente con l'opera in progetto
H _{med} :	[m s.m]	quota media del bacino ottenuta dalla interpretazione del modello DTM.
L:	[m]	lunghezza dell'asta principale del reticolo di drenaggio ottenuto dalla interpretazione del modello DTM
I _b :	[m/m]	pendenza media del bacino ottenuta dalla interpretazione del modello DTM
I _a :	[m/m]	pendenza media dell'asta principale dalla interpretazione del modello DTM

I risultati ottenuti vengono riportati nei paragrafi successivi.

3.4.2 Caratteristiche di permeabilità dei bacini e individuazione del CN

Per ciascun sottobacino esaminato è stato stimato il CN (Curve Number), un parametro che rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e della loro copertura vegetale. Per la stima del CN si è fatto riferimento al documento *“Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF)”* redatto dall'ATI Intecno-DHI, Hydrodata e ART nel 2007 per conto della Regione Autonoma della Sardegna, nel quale si definisce la “carta del CN per la regione Sardegna”.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 38 di 80
---	--

In tale studio, i valori del parametro di assorbimento CN vengono determinati sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. Nello specifico, ad ogni tipologia di copertura del territorio, è stato assegnato un valore di CN secondo la classificazione riportata nella tabella seguente:

Descrizione	CN
1111 - TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	95
1112 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO	95
1121 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	95
1122 - FABBRICATI RURALI	95
1211 - INSEDIAMENTO INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	95
1212 - INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	95
1221 - RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	95
1222 - RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	95
1223 - GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	99
1224 - IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	95
123 - AREE PORTUALI	95
124 - AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	95
131 - AREE ESTRATTIVE	75
1321 - DISCARICHE	75
1322 - DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	75
133 - CANTIERI	95
141 - AREE VERDI URBANE	70
1421 - AREE RICREATIVE E SPORTIVE	95
1422 - AREE ARCHEOLOGICHE	75
143 - CIMITERI	95
2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	60
2112 - PRATI ARTIFICIALI	75
2121 - SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	60
2122 - RISAIE	99
2123 - VIVAI	70
2124 - COLTURE IN SERRA	75
221 - VIGNETI	60
222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	60
223 - OLIVETI	60
231 - PRATI STABILI	75
2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	60
2412 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	99
2413 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	60
242 - SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	60
243 - AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	70
244 - AREE AGROFORESTALI	70
3111 - BOSCHI DI LATIFOGIE	50

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 39 di 80
---	--

31121 - PIOPPETI SALICETI EUCALITTETI	50
31122 – SUGHERETE	65
31123 - CASTAGNETI DA FRUTTO	50
31124 – ALTRO	50
3121 - BOSCHI DI CONIFERE	70
3122 - CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	70
313 - BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	60
321 - AREE A PASCOLO NATURALE	75
3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	65
3222 - FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	65
3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65
3232 – GARIGA	65
3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	70
3242 - AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	70
3311 - SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3312 - AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3313 - AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3315 - LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	99
332 - PARETI ROCCIOSE E FALESIE	75
333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA > 5% E< 40%	75
411 - PALUDI INTERNE	99
421 - PALUDI SALMASTRE	99
422 – SALINE	75
423 - ZONE INTERTIDALI	99
5111 - FIUMI, TORRENTI E FOSSI	99
5112 - CANALI E IDROVIE	99
5121 - BACINI NATURALI	99
5122 - BACINI ARTIFICIALI	99
5211 - LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	99
5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	99
522 - ESTUARI E DELTA	99
5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	99
5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	99

Tabella 7- Assegnazione dei valori di Curve Number alle diverse tipologie di uso del suolo (da "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF" 2007, Regione Autonoma della Sardegna

La carta tematica costruita utilizzando questo tipo di informazione restituisce una visione d'insieme delle diverse risposte del suolo secondo l'immagine di Figura 3-13.

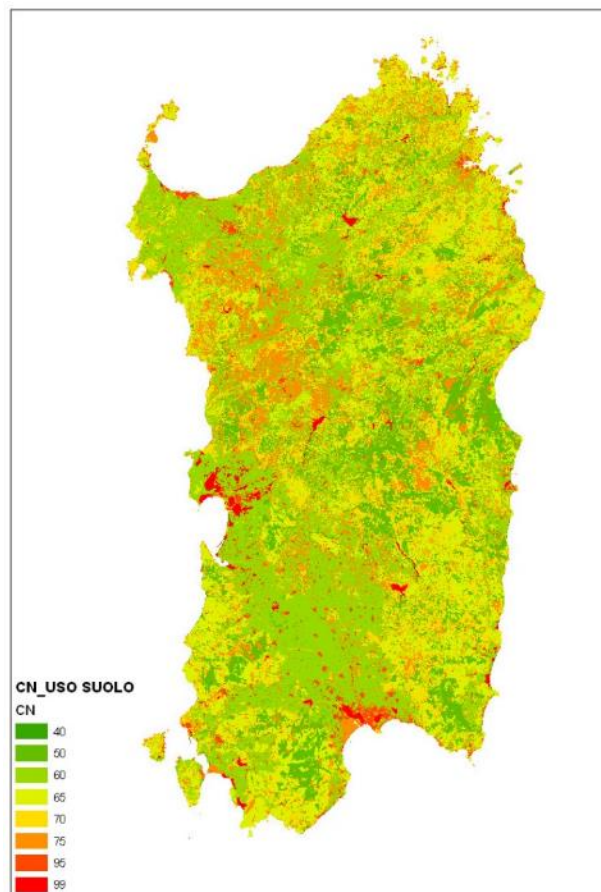


Figura 3-13: Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo, sulla base dei dati Carta CORINE⁸. (da "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF" 2007, Regione Autonoma della Sardegna)

Lo studio è proceduto con l'analisi delle informazioni presenti nella Carta geologica resa disponibile dalla Regione Sardegna, al fine di ottenere fattori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN a scala regionale. Lo strato cartografico presenta più di sessanta diverse classi geologiche, come riportato nella Figura successiva:

⁸ Il Programma europeo CORINE (Coordination of Information on the Environment) è stato approvato il 27 giugno 1985, come programma sperimentale per la raccolta, il coordinamento e la messa a punto delle informazioni sullo stato dell'ambiente e delle risorse naturali della Comunità. All'interno dei progetti che compongono la totalità del programma CORINE (biotopi, emissioni atmosferiche, vegetazione naturale, erosione costiera, etc.) il Land Cover costituisce il livello di indagine sull'occupazione del suolo. Obiettivo primario è la creazione di una base dati vettoriale omogenea, relativa alla copertura del suolo classificato sulla base di una nomenclatura unitaria per tutti i Paesi della Unione Europea. Il rilievo, effettuato all'inizio degli anni novanta dalla UE sul territorio di tutti gli stati membri (rappresentato alla scala 1: 100.000), ha prodotto una classificazione secondo una Legenda di 44 classi suddivisa in 3 livelli gerarchici con una unità minima cartografata di 25 ettari.

Relazione Idrologica

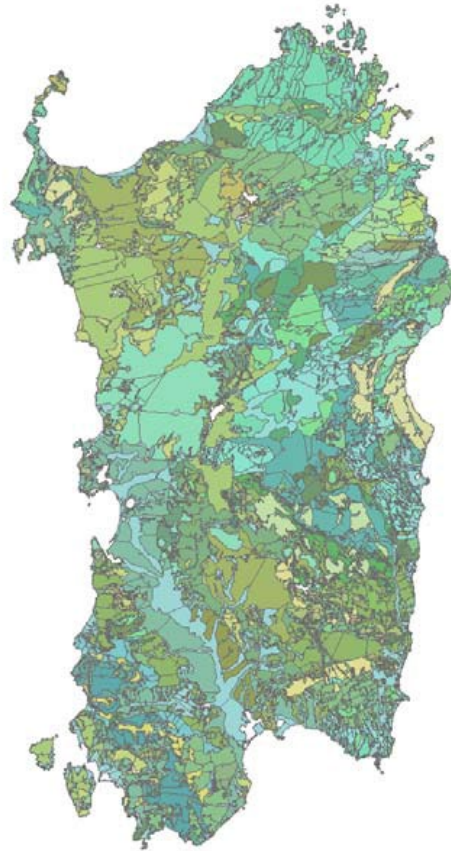


Figura 3-14: Carta geologica della Sardegna.

Ogni classe è stata indagata e, in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità proprie di ogni classe, sono stati stimati i coefficienti di variazione da attribuire ad ogni tipo litologico. I coefficienti di variazione del Curve Number vengono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15); un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione: ne sono un esempio i depositi detritici, come il tipo "Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale"; al contrario un valore del coefficiente di variazione pari a + 15 è proprio delle rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili, come il tipo "Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; quarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti, metagrovacche. (Ordoviciano medio)".

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 42 di 80</p>
---	---

La tavola di variazione del Curve Number che viene infine desunta dal sopracitato studio viene riportata in forma completa di seguito, in Tabella.

DESCRIZIONE	ΔCN
Alternanza di metarenarie, quarziti e filladi (47b). Metarenarie e filladi a bt (47a). Successioni terrigene prevalentemente attribuite al Cambriano-Ordoviciano inf. e subordinatamente all'Ordoviciano sup. e al Devoniano-Carbonifero inf.)	5
Alternanza di quarziti, metarenarie, metapeliti e metasiltiti, metaconglomerati e brecce; olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana. (Carbonifero inf.)	10
Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalkalina, talora brecciati in colate, cupole di ristagno; lave andesitiche e dacitiche in cupole e filoni; andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalkalina a	10
Anfiboliti con relitti di paragenesi eclogitiche. (Precambriano)	15
Anfiboliti e anfiboliti ultramafiche con relitti di paragenesi granulitiche. (Precambriano)	15
Arenarie di San Vito e Formazione di Solanas: metarenarie micacee e quarziti alternate a metapeliti e rari metaconglomerati, con piste ed impronte di Meduse e Acritar-chi; nella parte alta metapeliti viola, nere e verdastre, quarziti e metaconglomerat	10
Arenarie eoliche wurmiane (2c); Conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia (2b); Conglomerati, sabbie, argille più o meno cementate (2a).	0
Arenarie marnose, siltiti, calcareniti sublitorali (9d). (Serravalliano med.- sup.) Marne e marne arenacee epibatiali (9c). (Langhiano med. -sup.-Serravalliano inf.) Marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitoral	10
Argille rosso violacee, arenarie quarzoso-micacee e conglomerati di piana alluvionale, con intercalazioni di calcari silicizzati. (Permiano sup.-Trias medio p.p) Conglomerati, arenarie, brecce vulcaniche, calcari con selci lacustri e lenti di antra	10
Basalti alcalini e transizionali, trachibasalti, andesiti basaltiche e basalti subalcalini, intercalati, alla base, da depositi di tipo fluvio lacustri (5b). (Pliocene-Pleistocene) Trachiti, trachiti fonolitiche, fonoliti, fonoliti tefritiche e tefriti	10
Conglomerati a matrice argillosa e arenarie di derivazione alluvionale (8d). Calcariva-cuolari e brecciati sopratidali e intertidali; calcari microcristallini di ambiente evaporitico, marne e calcari organogeni sublitorali (8c). (Messiniano) Calcari e ar	0
Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufiti, tufi pomicei (10f). (Burdigagliano) Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali (10e) Calcari selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali con interca	0
Conglomerati, arenarie ed argille derivanti dallo smantellamento di sedimenti miocenici (Formazione di Samassi) (3b); Sabbie carbonatiche e siltiti argillose (3a).	0
Conglomerati, arenarie marnose, marne e calcareniti sublitorali (Plioc. inf.)	0
Dolomie, dolomie marnose e marne con gessi e argille. (Trias sup) Depositi carbonatici di piattaforma: calcari dolomitici e dolomie arenacee, calcari e calcari marnosi con rare intercalazioni gessose, circalitorali e transizionali. (Trias medio)	10

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 43 di 80</p>
---	---

Filoni a composizione prevalentemente basaltica e comenditica. (Oligocene sup.- Miocene inf. medio)	10
Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaiana. (Pliocene-Pleistocene)	10
Filoni principali di porfidi granitici e ammassi di micrograniti, principali filoni aplitici e pegmatitiche. (Carbonifero sup.- Permiano)	10
Filoni principali di quarzo. (Carbonifero sup. Permiano)	10
Formazione di Cabitza: argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari, metasiltiti con rare lenti calcaree. (Cambriano inf.- Ordoviciano)	10
Formazione di Dorgali: dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici, da litorali a circa litorali; conglomerati, arenarie quarzose, siltiti ed argille fluvio-deltizi con livelli lignitiferi (Dogger-Malm)	5
Formazione di Gonnese (Metallifero Auct.): metacalcari e metadolomie; metadolomie e metacalcaristomatolitici. (Cambriano inf.)	5
Formazione di Nebida (Formazione delle Arenarie Auct.): metarenarie a cemento carbonatico, metadolomie, metacalcari oolitici e micritici; arenarie siltose con rare intercalazioni di calcari (63c). (Cambriano inf.) Filladi e metarenarie, talvolta con i	10
Formazione di Serra Tonnai: metavulcaniti intermedie o raramente basiche, metagrovacche vulcaniche; Formazione di Manixeddu: metaepiclastiti, metaconglomerati a prevalenti elementi di vulcaniti acide. Formazione di M.te Corte Cerbos: metarioliti, metaconglomerati	5
Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale.	-5
Granitoidi a crd. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granitoidi foliati, principalmente granodioriti tonalitiche fino a tonaliti. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti tonalitiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti, monzogranitiche equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti, monzogranitiche inequigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Leucograniti a grt. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Leucograniti equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Marmi grigi, raramente dolomitici, con alternanze filladiche, localmente fossiliferi. (Devoniano)	5
Metacalcari nodulari. (Devoniano) Metacalcari a graptoliti. (Siluriano-Devoniano inf.)	10
Metacalcari nodulari; sottili alternanze di metacalcari e metasiltiti (49b). (Devoniano inf. medio-Tournaisiano inf.) Marmi talvolta dolomitici e calcescisti (49a). (Devoniano-Carbonifero inf.)	10
Metaconglomerati, metarcosi, metesiltiti, metagrovacche, con intercalazioni di metabasiti alcaline; metacalcareniti e metacalcari fossiliferi spesso silicizzati. (Caradoc-Ashgill)	10
Metagabbri alcalini (45b). (Carbonifero inf.) Filladi scure carboniose, metasiltiti, quarziti nere con rare e sottili intercalazioni di marmi (45a). (Devoniano)	10

<p><i>ANAS S.p.A.</i></p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 44 di 80</p>
--	---

Metapeliti scure carboniose, nella parte inferiore livelli di quarziti nere a graptoliti; nelle partesuperiore metalcalari nodulari. (Siluriano inf.-Devoniano inf.)	5
Metapeliti scure carboniose; nella parte inferiore quarziti nere a graptoliti. (Siluriano inf.)	15
Metarenarie , quarziti, filladi, metacoglomerati ad elementi di liditi, olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana e ordoviciana, e metavulcaniti basiche alcaline, talora a pillow.(Carbonifero inf.)	10
Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; alla base sono presentiquarziti, metarenarie, metacoglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti, metagrovacche. (Ordoviciano medio)	15
Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufi; metacoglomerati con olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana da alluvionale a costiera. (Caradoc-Ashgill)	10
Metavulcaniti acide, intermedie e basiche e metaepiclastiti. (Ordoviciano medio)	10
Micascisti e paragneiss a grt+/-oligoclasio. (Paleozoico)	10
Migmatiti leucocratiche, nebuliti, magmatiti, gneiss, talora con lenti a silcati di calcio. (Precambriano)	10
Monzograniti equigranulari (28b). Monzograniti inequigranulari (28a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Ortogneiss granodioritici e granitici. (Ordoviciano medio)	10
Ortogneiss granodioritici e monzogranitici. (Precambriano)	10
Ortogneiss granodioritici. (Ordoviciano medio)	15
Paragneiss, micascisti a grt+/-st+/-ky e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia, miloniti di variabile grado metamorfico tra la facies anfibolitica e quella degli scisti verdi. (Paleozoico)	10
Paragneiss, micascisti e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia con sovraimprontati alta temperatura. (Paleozoico)	10
Porfidi grigi: metariodaciti e metadaciti massive, spesso porfiriche, metatufi e metatufiti; metavulcanitiriolitiche metatufiti e metaepiclastiti; metacoglomerati poligenici grossolani, con clasti di metarioliti. (Ordoviciano medio)	15
Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica ad affinità calcocalina e subordinatamente shoshonitica. (Carbonifero sup.- Permiano)	10
Rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbritici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, brecceandesitiche, subordinati espandimenti dacitici; rioliti alcaline in espandimenti ignimbritici.(Carbonifero sup.-Permiano sup.- Trias inf.)	10
Rioliti e riodaciti, daciti porfiriche vetrose e bollose. (Pliocene)	15
Rioliti, riodaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbritici, cupole diristagno e rare colate a cui si associano prodotti freatomagmatici; talora livelli epiclastici intercalati. (Oligocene sup.-Miocene inf. medio)	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, calcari dolomitici, calcarioolitici e calcari bioclastici, sublitorali; alla base marne e calcari marnosi paralicci (17b). (Berriasiano-Albiano inf.) Sardegna orientale: depositi carbo	5

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 45 di 80
---	--

Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, marne e calcareniti glauconitiche sublitorali e localmente calcari lacustri (16b). (Cenomaniano-Campariano) Sardegna orientale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari marnosi e	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: dolomie e calcari dolomitici, calcariolitici, calcari ad oncoidi, calcari selciferi, calcari micritici, calcari marnosi e marne; alla sommità dolomie e calcari dolomitici scuri lacustri (18b)	5
Sardegna orientale: calcari, calcari maenosi e marne argillose sublitorali (14b). Arenarie e conglomerati poligenici più o meno quarzosi fluvio-deltizi (14a). (Ypresiano-Luteziano inf.)	10
Sieniti sodiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Sulcis e Trexenta: calcari litorali e transizionali, calcari marnosi, marne e argille continentali e paralico-transizionali con depositi di carbone; alla base sono presenti, arenarie e conglomerati di piana alluvionale. (Paleocene sup.-Eocene inf. m)	0
Tonaliti (33b). Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (33a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10

Tabella 8 -Assegnazione dei fattori correttivi al Curve Number per caratteristiche geologiche. (da "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF" 2007, Regione Autonoma della Sardegna)

Utilizzando la tabella sopra riportata è stata realizzata una carta tematica che restituisce visivamente la distribuzione dei fattori correttivi ΔCN (Figura 3-15).

Relazione Idrologica

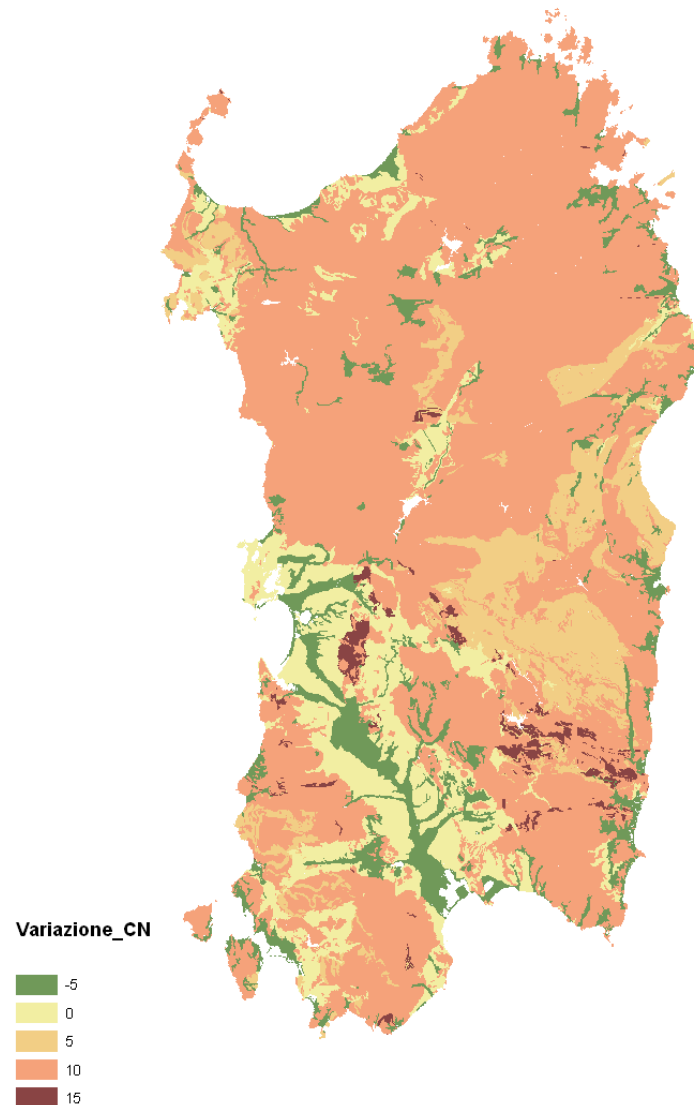


Figura 3-15: Carta di variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità del terreno desunto dalla carta geologica (da "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF" 2007, Regione Autonoma della Sardegna)

In ultima istanza i valori di Curve Number associati attraverso le caratteristiche dell'uso del suolo (CORINE) sono stati corretti considerando i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche.

Nel procedimento di calcolo GIS è stata imposta la somma algebrica tra i codici di CN elaborati per il solo uso suolo ed i termini correttivi Δ CN.

Il prodotto finale è la “Carta del Curve Number per la Regione Sardegna” in formato raster con maglia 10 X 10 metri visibile nella successiva Figura 3-16

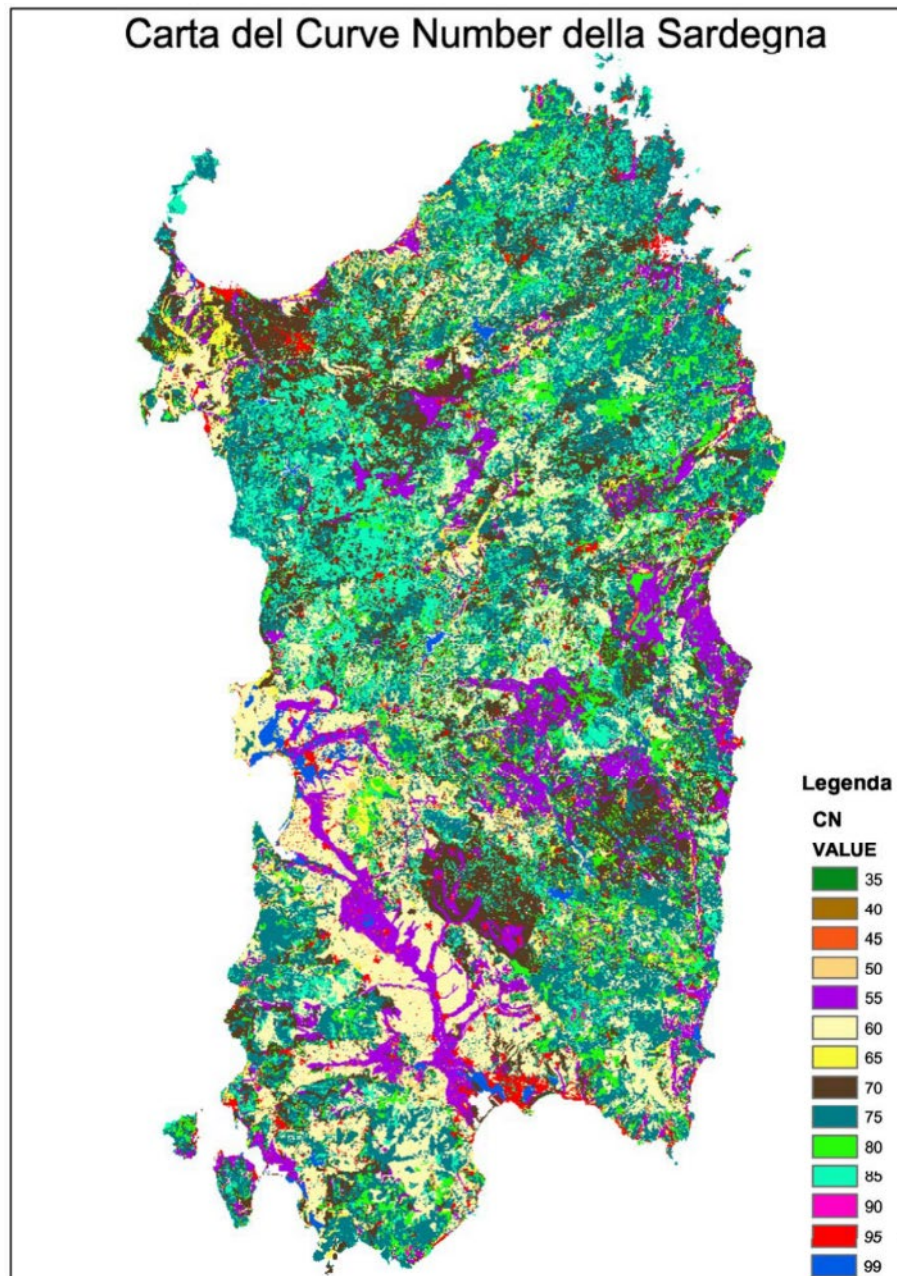


Figura 3-16: Carta del parametro CN-(da “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF” 2007, Regione Autonoma della Sardegna)

A questo punto, incrociando il tematismo della carta dei CN con quello delle perimetrazioni dei bacini in esame, sono stati ricavati in ambiente Gis i valori di CN rappresentativi per ogni sottobacino, chiuso alla sezione in corrispondenza dell'interferenza con la strada di progetto. Questi valori, così definiti nella procedura, rappresentano condizioni medie di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (AMC Antecedent Moisture Condition, di classe II). In particolare, sulla base del contenuto d'acqua iniziale, definito in termini di classi di valori del parametro API5 (indice delle precipitazioni nei cinque giorni antecedenti l'evento), vengono distinte tre categorie di CN: CN(I), CN(II), CN(III).

Categoria di umidità	Stagione con vegetazione ferma	Stagione con vegetazione crescente
I	< 0.5	< 1.4
II	0.5 ÷ 1.1	1.4 ÷ 2.1
III	> 1.1	> 2.1

Tabella 9 - Categorie di umidità del suolo in funzione di API₅ (in inch = 2.54 cm)

I valori di CN(I) e CN(III) sono, invece, ricavabili da quelli di CN(II) mediante relazioni empiriche. A favore di sicurezza, il valore CN(II) ottenuto viene ulteriormente incrementato valutando elevate condizioni di umidità antecedenti l'evento (condizione AMCIII). In altre parole, il valore del parametro CN viene modificato in relazione alla seguente formula sperimentale determinata dal Soil Conservation Service, qui di seguito riportata:

$$C \text{ (INI)} = I \frac{2 \cdot G \text{ (INI)}}{1 + 0.1 \cdot G \text{ (INI)}}$$

Nel paragrafo 3.6 si riportano, per ognuno dei sottobacini analizzati, le caratteristiche morfometriche e i CN risultati dall'analisi eseguita in ambiente GIS.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 49 di 80</p>
---	---

3.5 Metodo di stima delle portate al colmo

3.5.1 Metodo razionale per la definizione delle portate al colmo

Per la stima delle portate al colmo dei bacini, avendo gli stessi superficie inferiore a 60 kmq, si fa riferimento alla Formula Razionale, secondo le indicazioni contenute nelle “Linee guida per l’individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” (Regione Sardegna, ago. 2000). La stessa metodologia è applicata negli studi idrologici a supporto del PSFF.

Secondo tale formulazione, la portata di piena è espressa come prodotto tra l’intensità di precipitazione (i), di assegnata durata e periodo di ritorno (Tr), il coefficiente di assorbimento (ϕ), la superficie del bacino (A), il coefficiente di laminazione $\epsilon(t)$:

$$Q = i [\Theta, Tr, r(\Theta, A)] \cdot \phi \cdot A \cdot \epsilon(\Theta)$$

dove con Θ si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(\Theta, A)$, rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all’area del bacino, espresso in funzione della durata Θ e della superficie del bacino A.

Vengono nel seguito descritte le ipotesi e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

3.5.2 Durata critica: tempo di corrivazione e di formazione

La durata di pioggia critica (Θ) è assunta pari alla somma del tempo di formazione del ruscellamento superficiale (t_r) e del tempo di corrivazione (t_c).

La scelta del tempo di corrivazione rappresenta uno dei passaggi critici nella definizione delle caratteristiche di risposta idrologica di un bacino. Per esso si può assumere la definizione che fa riferimento al tempo impiegato da un volume elementare di pioggia netta per defluire lungo il percorso idraulicamente più lungo presente nel bacino e raggiungere la sezione di chiusura del corso d’acqua in esame.

Per il calcolo del tempo di corrivazione si è scelto di utilizzare la formula del Soil Conservation Service, la stessa utilizzata per l’analisi idrologica a supporto del PSFF e riportata nelle Linee Guida sopracitate. Nelle stesse Linee guida vengono menzionate altre formule, quali ad es. quella proposta da Giandotti e la Formula VAPI Sardegna, non applicabili al caso in esame poiché il loro campo di validità è limitato a bacini di estensione maggiore di 50-70kmq.

La formula in questione è la seguente:

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 50 di 80</p>
---	---

$$t_c = 1.67 \cdot 2.587 \cdot \frac{L^{0.8}}{1900 \cdot i_b^{0.5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione del bacino, espresso in ore.

L = lunghezza dell'asta, in metri

i_b = pendenza media del bacino (di versante, non dell'asta fluviale), espressa in percentuale.

Il tempo di formazione del ruscellamento superficiale (t_f) esprime invece il tempo in cui si forma il deflusso superficiale prima che inizi a scorrere sul bacino e dipende dalla capacità di assorbimento del suolo e dall'intensità e durata della pioggia lorda. La sua determinazione avviene in modo iterativo, ricorrendo alla formulazione seguente, così come suggerito nelle Linee Guida:

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

dove I_a rappresenta l'assorbimento iniziale, come verrà spiegato nel seguito; $i(\Theta_c)$ è l'intensità di pioggia corrispondente alla durata critica. Da qui la ragione per cui la stima di questo valore deve essere evidentemente effettuata in maniera iterativa.

3.5.3 Altezze di pioggia raggugliata (h_r)

La pioggia calcolata per la durata critica Θ di ogni bacino (per la determinazione delle CPP si veda par. 0) viene quindi raggugliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata dal VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report⁹

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \Theta^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ kmq}$$

dove Θ è la durata critica della precipitazione, A è la superficie del bacino (espressa in kmq).

⁹⁹ Cfr. Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) – Metodologie di Analisi – pag.7)

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 51 di 80</p>
---	---

3.5.4 Altezze di pioggia nette (h_n)

Il valore del coefficiente di afflusso si può calcolare con il metodo SCS-Curve Number che permette di ricavare la pioggia netta h_n dalla pioggia lorda h in base all'espressione:

$$h_n = \frac{(h - I_a)^2}{(h + S - I_a)}$$

Dove h è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità (cfr.par. 0), S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

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

e I_a è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

I valori del parametro di assorbimento CN sono stati ricavati secondo la metodologia descritta nel precedente paragrafo 3.4.2; si ricorda che cautelativamente si è fatto riferimento alla condizione di umidità AMC III.

3.6 Risultati dell'analisi idrologica

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi idrologica svolta. A ciascuno degli undici corsi d'acqua identificati nel Reticolo Idrografico della Sardegna che interferiscono col tracciato di progetto, è dedicato un sotto paragrafo descrittivo del bacino con la sintesi delle principali grandezze geometriche, dei parametri morfologici e la stima della portata al colmo attesa nella sezione di chiusura coincidente con l'interferenza dell'opera di progetto.

3.6.1 Fiume 17760

Il corso d'acqua in oggetto è denominato nella cartografia ufficiale "Fiume 17760" ed è affluente in destra del Riu Sicaderba. Alla sezione di chiusura interferente con l'opera di progetto, il sottobacino sotteso presenta un'estensione pari a circa 25 ha con una pendenza media del 24%. La lunghezza dell'asta principale è circa 665 m, il CN II medio è pari a 83 (CNIII = 92). La portata attesa al colmo è pari a 3.5 mc/s (Tr=200 anni). Di seguito si riportano i risultati dell'analisi svolta.

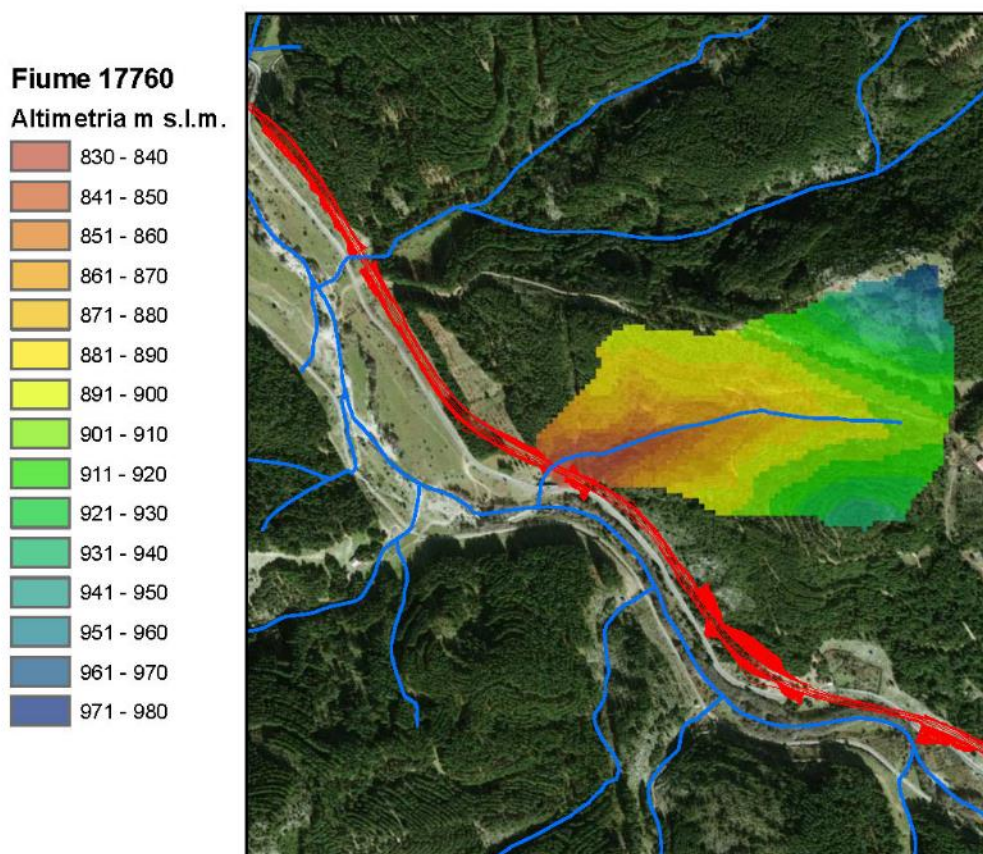


Figura 3-17 – Fiume 17760 – Fasce altimetriche del bacino In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.

Relazione Idrologica

Fiume 17760

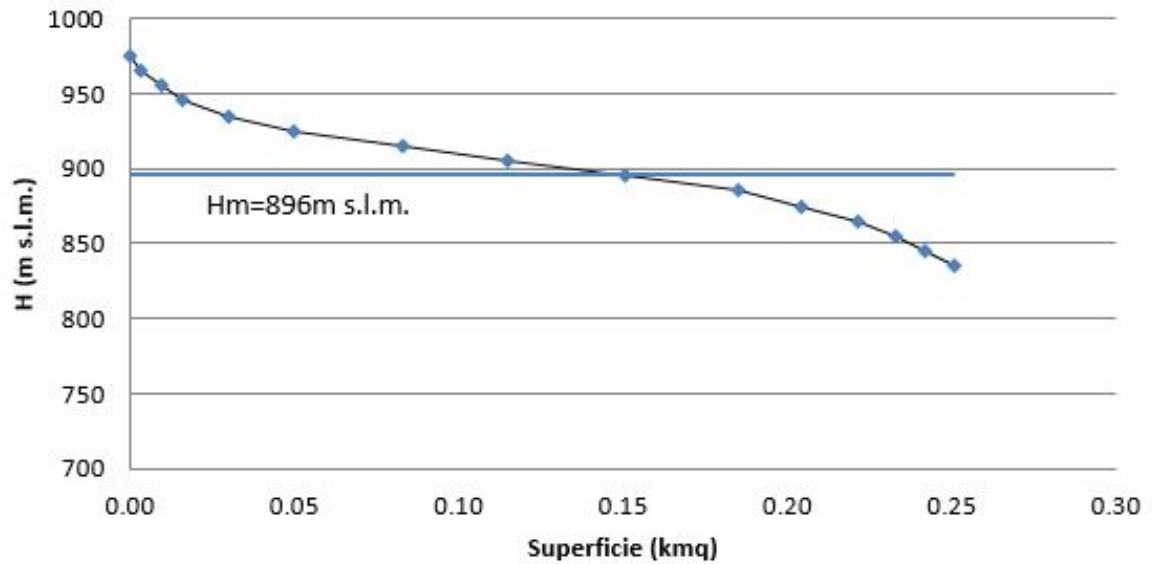


Figura 3-18 – Fiume 17760 – Curva ipsografica

Fiume 17760

Pendenza del bacino

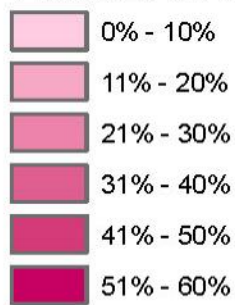


Figura 3-19 – Fiume 17760 – Pendenza del bacino

Relazione Idrologica

**Fiume 17760
 CN II**

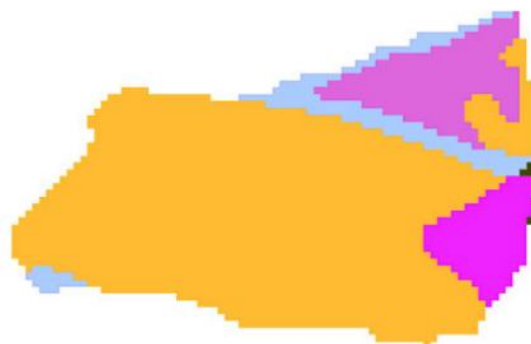
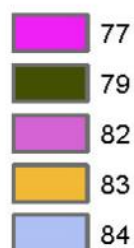


Figura 3-20 – Fiume 17760 – CN II

FIUME17760			
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.25
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.67
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	896
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	830
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	971
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.24
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.18
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	83
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	92
t _c	[h]	Tempo di corrvazione (SCS)	0.13
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.09
Θ	[h]	Durata critica	0.22
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	38.3
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.96
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	36.7
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	23.1
hn	[mm]	Pioggia netta	18.6
Q	[mc/s]	Portata al colmo	5.8
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	23.3

Tabella 10 – Fiume 17760 – Riepilogo dei risultati

3.6.2 Riu Codula

Il Riu Codula è affluente in destra del Riu Sicaderba, e alla sezione in cui interferisce col tracciato sottende un bacino di estensione pari a circa 95 ha con una pendenza media del 25%. La lunghezza dell'asta principale è circa 1.9km. Il CN II medio è pari a 83 (CNIII = 92). La portata attesa al colmo è pari a 21.7 mc/s (Tr=200 anni). Di seguito si riportano i risultati dell'analisi svolta.

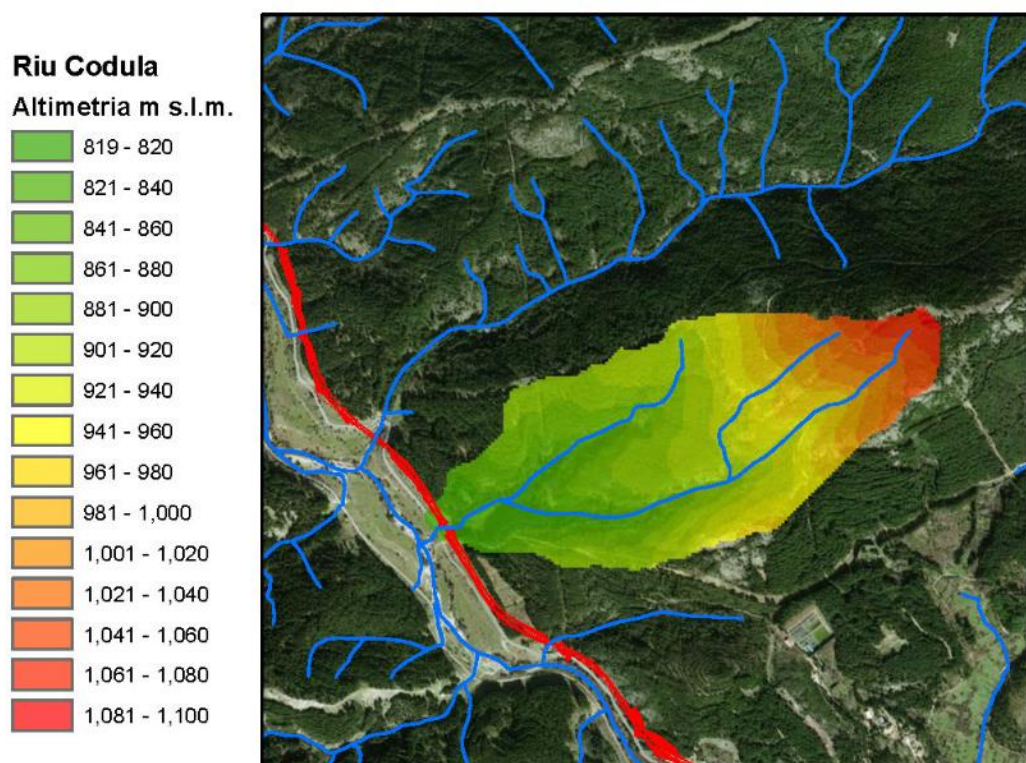


Figura 3-21 – Riu Codula - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.

Relazione Idrologica

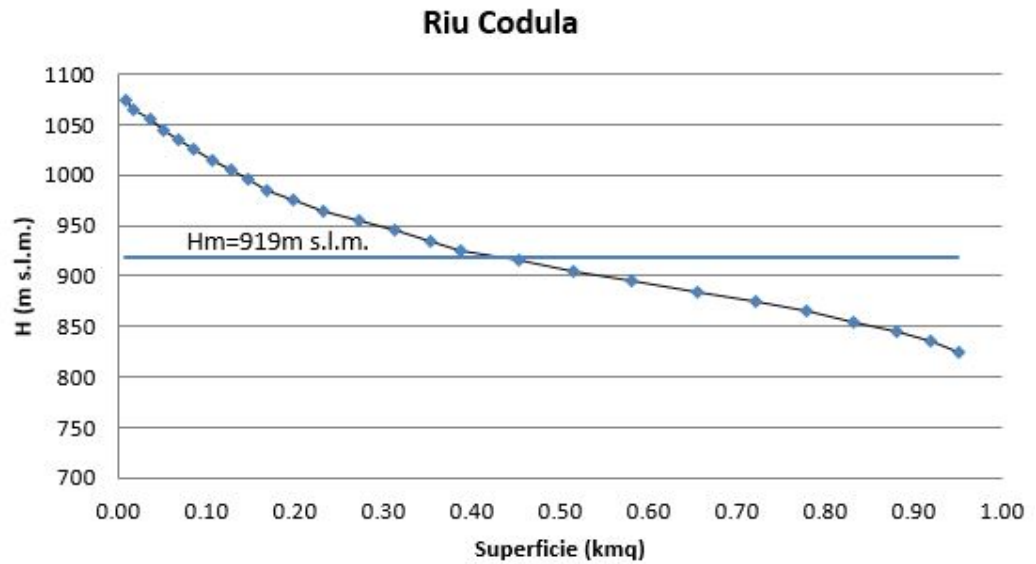


Figura 3-22 – Riu Codula – Curva ipsografica

Riu Codula

Pendenza del bacino

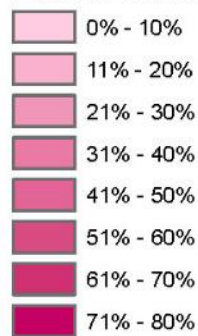


Figura 3-23 – Riu Codula – Pendenza del bacino

Relazione Idrologica

**Riu Codula
CN**

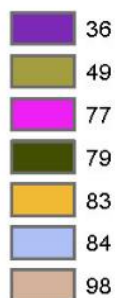


Figura 3-24 – Riu Codula – CN

RIU CODULA			
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.96
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	1.87
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	919
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	819
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	1083
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.25
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.24
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	83
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	92
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.30
t _f	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.08
Θ	[h]	Durata critica	0.38
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	53.4
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.94
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	50.4
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	23.0
hn	[mm]	Pioggia netta	30.5
Q	[mc/s]	Portata al colmo	21.7
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	22.6

3.6.3 Riu Idolo

Il Riu Idolo, anch'esso affluente in destra del Riu Sicaderba, è il principale corso d'acqua interferente con l'opera di progetto. All'intersezione, sottende un bacino pari a circa 3Kmq con una pendenza media di oltre il 30%; la lunghezza dell'asta principale è pari a 3.6km, il CN II medio risulta pari a 80 (CN III = 90). La portata attesa al colmo è pari a 59.4mc/s (Tr=200 anni). Di seguito si riportano i risultati dell'analisi svolta:

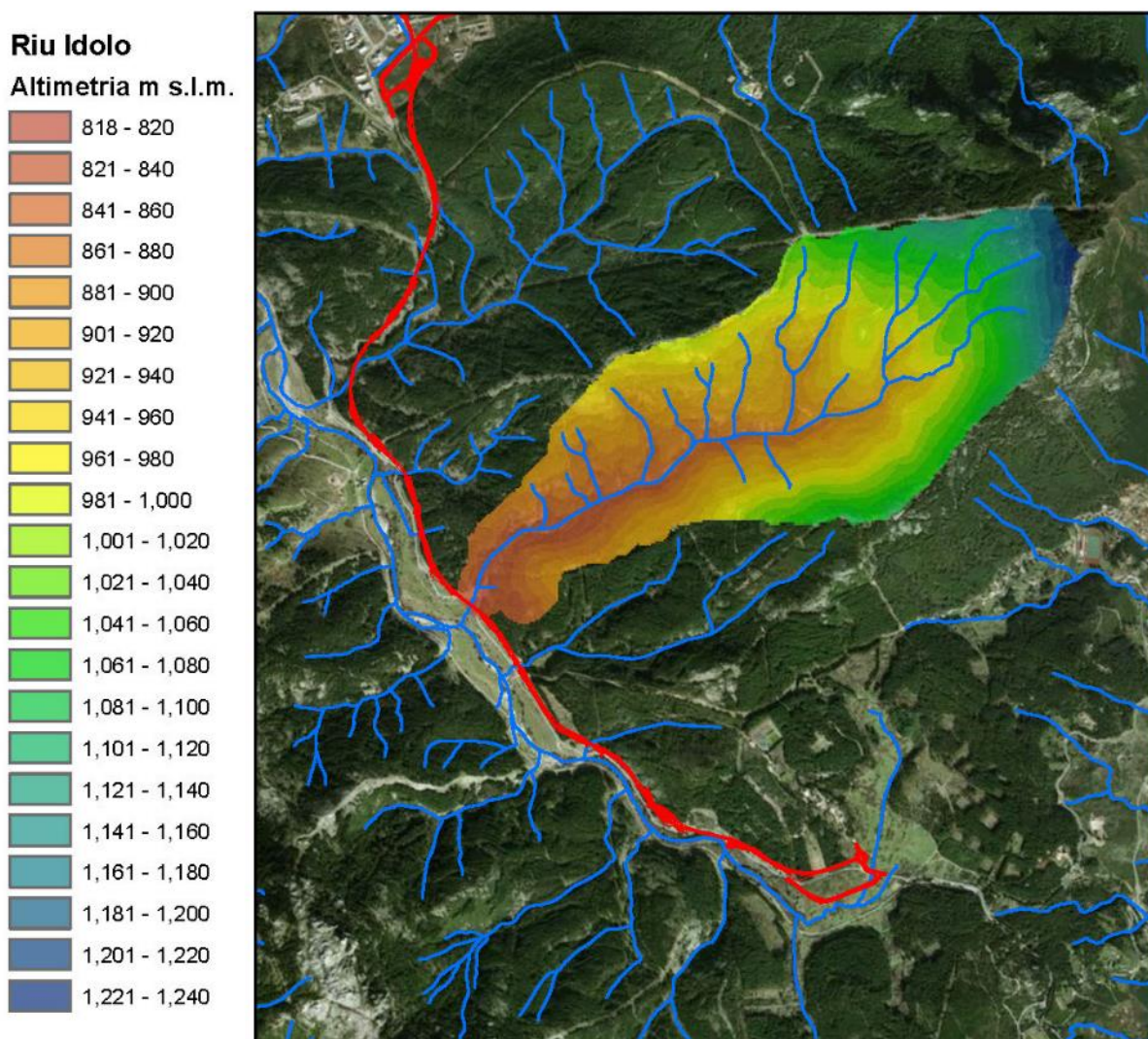


Figura 3-25- Riu Idolo - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.

Relazione Idrologica

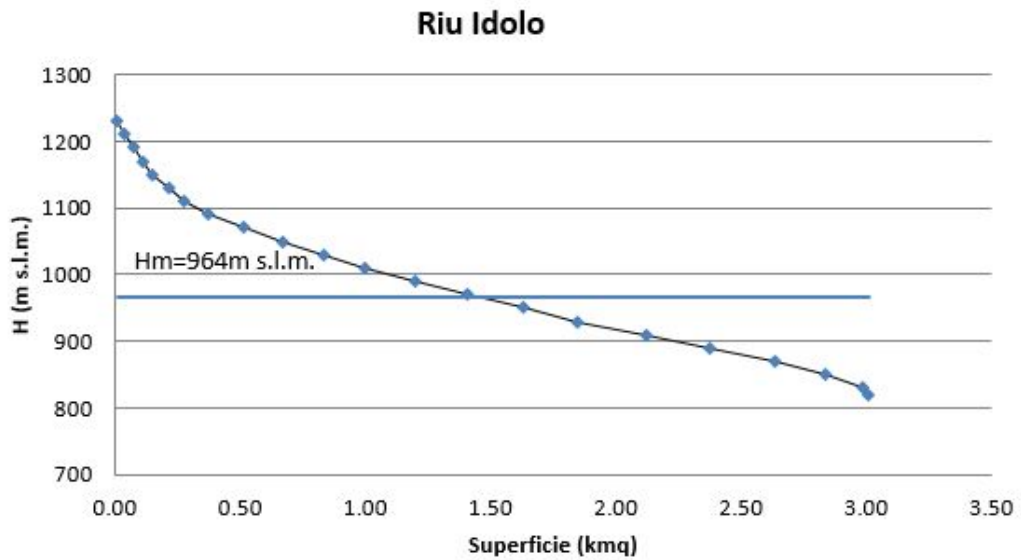


Figura 3-26 – Riu Idolo – Curva Ipsografica



Figura 3-27 –Riu Idolo - Pendenza del bacino

Relazione Idrologica

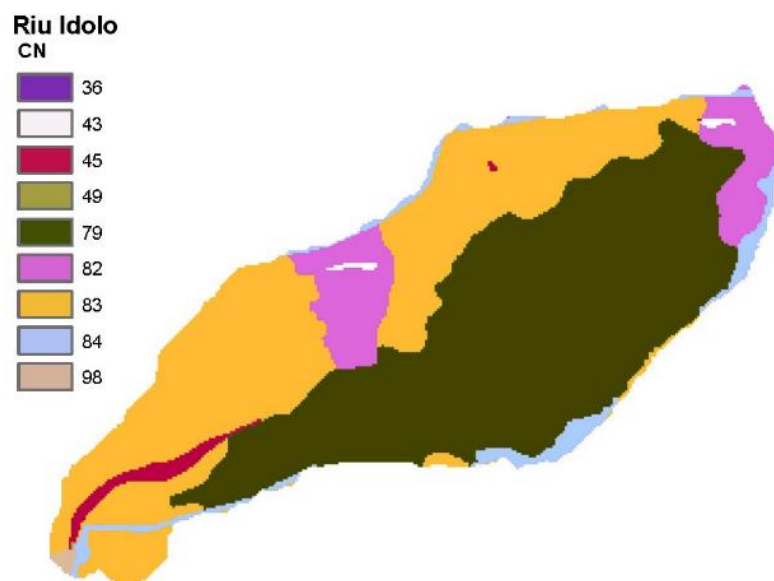


Figura 3-28 – Riu Idolo – CN II

RIU IDOLO			
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	3.01
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	3.60
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	964
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	818
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	1234
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.31
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.17
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	80
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	90
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.48
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.10
Θ	[h]	Durata critica	0.57
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	70.0
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.93
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	65.0
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	27.3
hn	[mm]	Pioggia netta	40.8
Q	[mc/s]	Portata al colmo	59.4
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	19.7

Tabella 11 – Riu Idolo – Riepilogo dei risultati

3.6.4 Riu Bacu Mela.

Il Riu Bacu Mela è affluente in destra del Riu Sicaderba; alla sezione di chiusura all'interezza col tracciato stradale sottende un bacino di estensione pari a circa 36ha con una pendenza media del 25%. La lunghezza dell'asta principale è circa 930m. Il CN II medio è pari a 83 (CNIII = 92). La portata attesa al colmo è pari a 8.4mc/s (Tr=200 anni). Di seguito si riportano i risultati dell'analisi svolta.

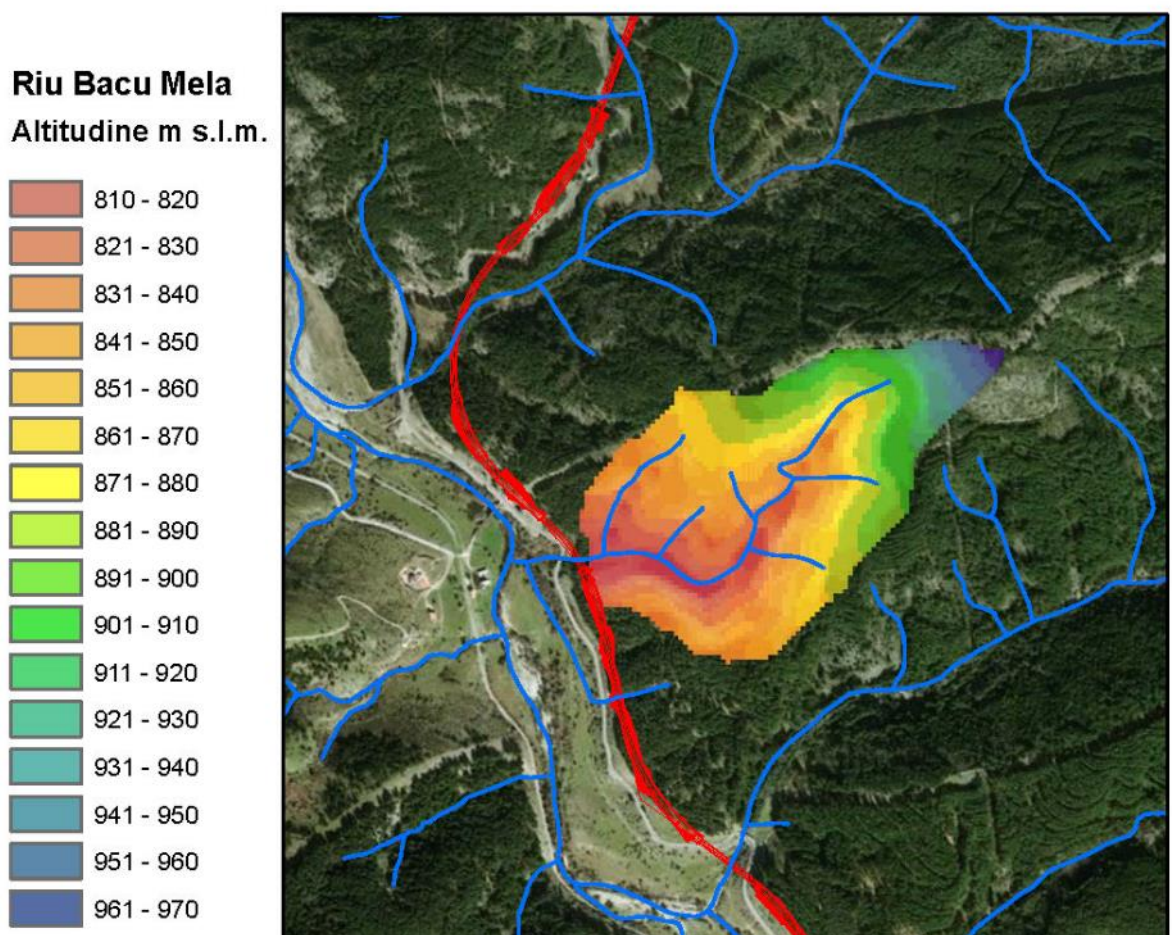


Figura 3-29 – Riu Bacu Mela - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.

Riu Bacu Mela

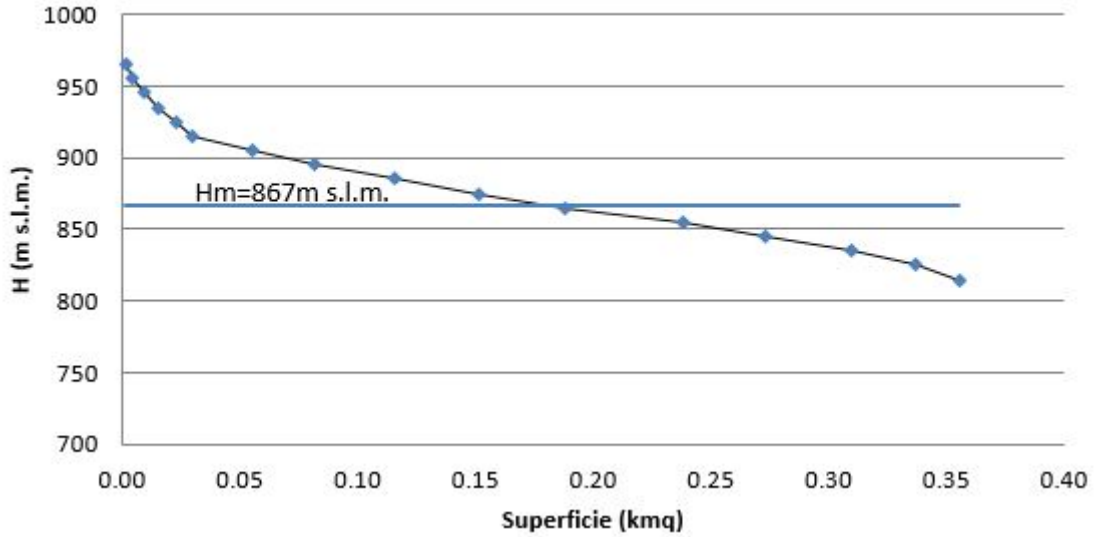


Figura 3-30 – Riu Bacu Mela – Curva ipsografica

Riu Bacu Mela

Pendenza del bacino

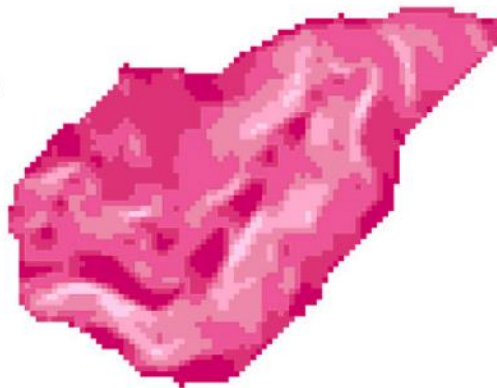
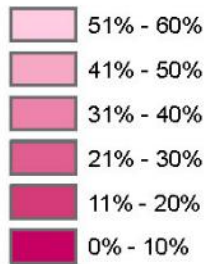


Figura 3-31 – Riu Bacu Mela – Pendenza del bacino

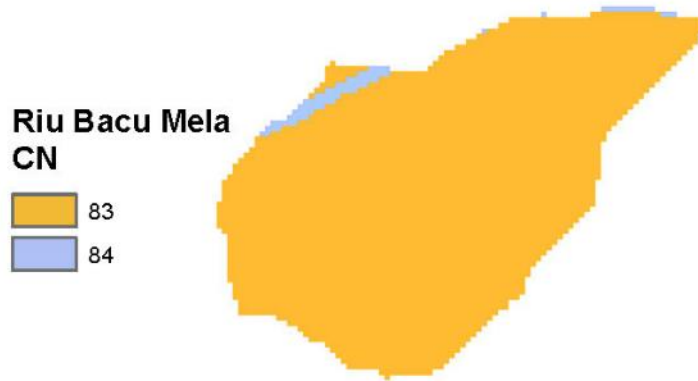


Figura 3-32 – Riu Bacu Mela – CN II

RIU BACU MELA.			
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.36
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.93
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	867
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	810
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	965
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.25
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.19
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	83
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	92
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.17
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.08
Θ	[h]	Durata critica	0.25
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	41.4
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.95
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	39.5
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	22.4
hn	[mm]	Pioggia netta	21.4
Q	[mc/s]	Portata al colmo	8.4
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	23.7

Tabella 12 - Riu Bacu Mela – Riepilogo dei risultati

3.6.5 Riu Bacu Gardilis.

Il Riu Bacu Gardilis è affluente in destra del Riu Sicaderba, il secondo per importanza dopo il Riu Idolo tra i corsi d'acqua interferenti col tracciato di progetto; alla sezione di chiusura coincidente con l'interferenza stradale sottende un bacino di estensione pari a oltre 2.5Km² con una pendenza media del 25%. La lunghezza dell'asta principale è circa 3.1 Km. Il CN II medio è pari a 81 (CNIII = 91). La portata attesa al colmo è di circa 52mc/s (Tr=200 anni). Di seguito si riportano i risultati dell'analisi svolta.

Riu Bacu Gardilis

Altimetria m s.l.m.

810 - 820
821 - 840
841 - 860
861 - 880
881 - 900
901 - 920
921 - 940
941 - 960
961 - 980
981 - 1,000
1,001 - 1,020
1,021 - 1,040
1,041 - 1,060

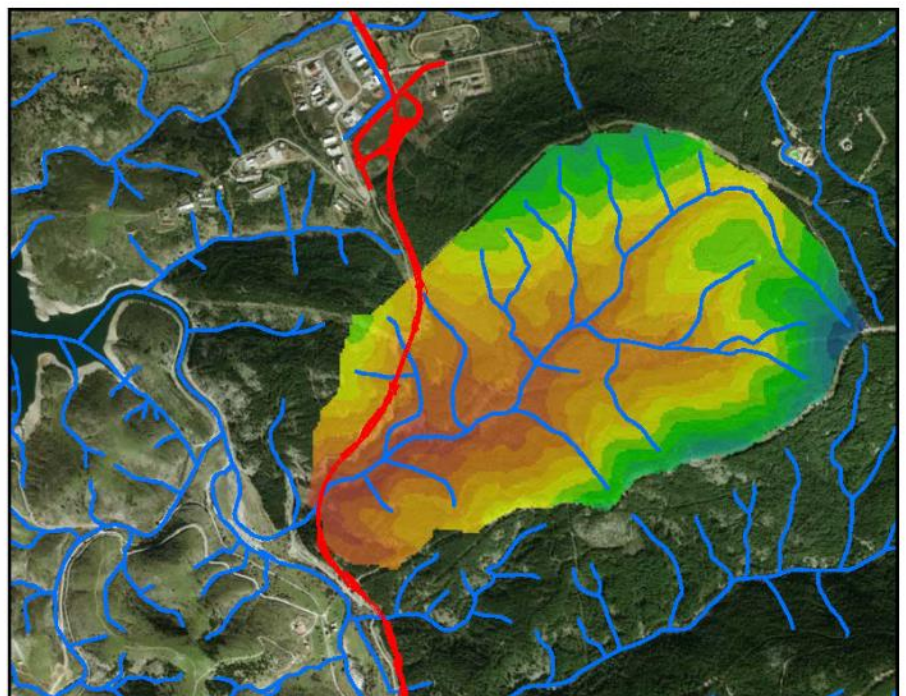


Figura 3-33 – Riu Bacu Gardilis - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.

Riu Bacu Gardilis

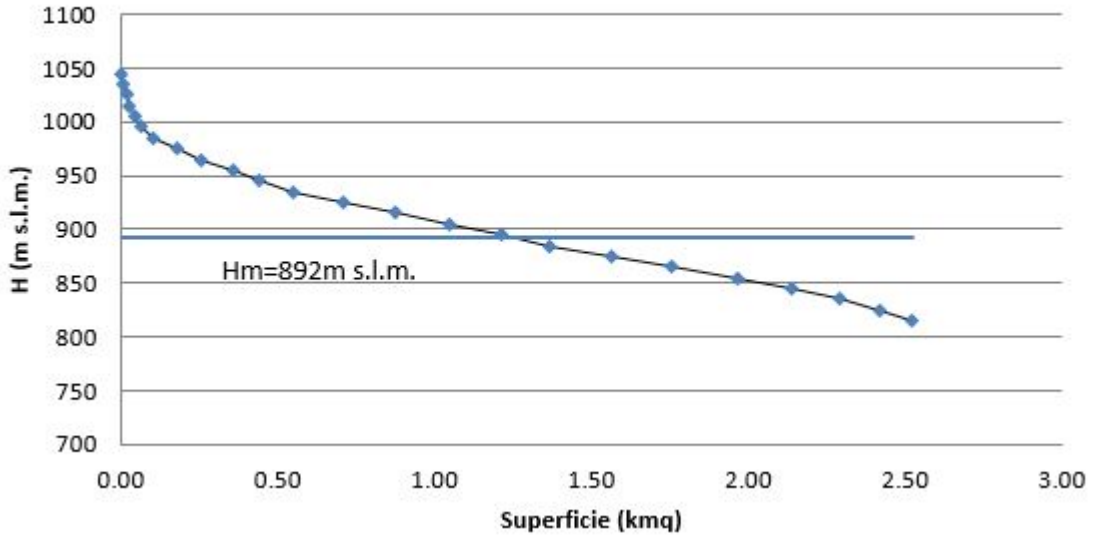


Figura 3-34 – Riu Bacu Gardilis – Curva Ipsografica

Riu Bacu Gardilis

Pendenza del bacino

- 0% - 10%
- 11% - 20%
- 21% - 30%
- 31% - 40%
- 41% - 50%
- 51% - 60%
- 61% - 70%
- 71% - 80%



Figura 3-35 Riu Bacu Gardilis – Pendenza del bacino

Relazione Idrologica

**Riu Bacu Gardilis
 CN**

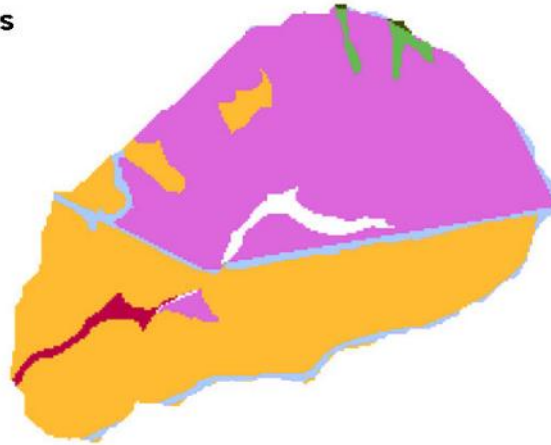
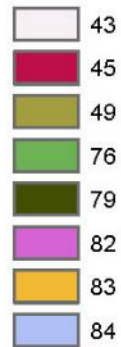


Figura 3-36 – Riu Bacu Gardilis – CN II

RIU BACU GARDILIS			
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	2.52
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	3.10
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	892
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	810
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	1043
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.25
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.13
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	81
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	91
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.46
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.09
Θ	[h]	Durata critica	0.54
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	67.7
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.93
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	63.0
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	25.2
hn	[mm]	Pioggia netta	40.4
Q	[mc/s]	Portata al colmo	52.0
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	20.6

Tabella 13 – Riu Bacu Gardilis – Riepilogo dei risultati

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 67 di 80</p>
---	---

3.6.6 Fiume 19229; Fiume 20454; Fiume 20774.

I corsi d'acqua in oggetto, così numerati nella cartografia ufficiale, interferiscono col nuovo tracciato e dunque anche per essi, anche se sottendono bacini di piccole dimensioni, è stata eseguita l'analisi idrologica seguendo lo stesso approccio metodologico. Nella tabella di seguito vengono riepilogati i risultati ottenuti, tralasciando i grafici di dettaglio.

			Fiume 19229	Fiume 20454	Fiume 20774
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.03	0.04	0.06
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.27	0.22	0.24
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	843	892	881
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	812	841	839
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	860	927	928
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.19	0.25	0.30
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.18	0.30	0.25
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	83	83	83
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	92	92	92
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.07	0.05	0.05
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.10	0.10	0.10
Θ	[h]	Durata critica	0.17	0.15	0.15
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	31.9	30.2	29.7
r	[-]	Coeff. di ragguaglio areale (A<20kmq)	0.98	0.97	0.97
hr	[mm]	Precipitazione meteorica ragguagliata (TR200)	31.2	29.4	28.9
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	22.4	22.4	22.1
hn	[mm]	Pioggia netta	14.6	13.1	12.9
Q	[mc/s]	Portata al colmo	0.6	1.0	1.3
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	24.2	23.9	24.0

Tabella 14 – Fiumi 19229, 20454, 20774 – Riepilogo dei risultati

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 68 di 80
---	--

3.6.7 Corsi d'acqua della cartografia IGM 25.000.

I corsi d'acqua in oggetto sono stati individuati nella cartografia IGM 25.000 e denominati con la sigla Fsnxx (Fosso senza nome) e interferiscono col nuovo tracciato e dunque anche per essi, anche se sottendono bacini di piccole dimensioni, è stata eseguita l'analisi idrologica seguendo lo stesso approccio metodologico. Nelle tabelle di seguito vengono riepilogati i risultati ottenuti, tralasciando i grafici di dettaglio.

			Fsn14	Fsn1	Fsn2
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.07	0.07	0.10
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.61	0.54	1.59
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	888	907	887
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	850	853	850
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	975	965	952
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.26	0.32	0.28
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.21	0.21	0.06
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	73	79	79
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	86	90	90
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.15	0.11	0.27
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.05	0.05	0.08
Θ	[h]	Durata critica	0.20	0.16	0.35
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	35.4	30.5	50.8
r	[-]	Coeff. di ragguaglio areale (A<20kmq)	0.97	0.97	0.97
hr	[mm]	Precipitazione meteorica ragguagliata (TR200)	34.5	29.6	49.5
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	40.4	29.0	29.0
hn	[mm]	Pioggia netta	10.4	10.7	26.2
Q	[mc/s]	Portata al colmo	1.0	1.3	2.2
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	14.7	19.2	21.0

Tabella 15 – Fsn14,Fsn1 e Fsn2 – Riepilogo dei risultati

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 69 di 80
---	--

			Fsn3	Fsn4	Fsn5
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.01	0.01	0.02
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.10	0.13	0.17
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	859	880	883
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	853	852	840
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	864	910	914
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.10	0.31	0.35
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.11	0.36	0.33
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	77	80	83
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	89	90	92
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.05	0.03	0.04
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.03	0.02	0.02
Θ	[h]	Durata critica	0.08	0.05	0.06
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	20.5	15.6	16.1
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.98	0.98	0.97
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	20.2	15.2	15.7
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	31.9	27.3	22.4
hn	[mm]	Pioggia netta	4.2	2.6	3.7
Q	[mc/s]	Portata al colmo	0.1	0.1	0.3
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	13.9	13.3	18.3

Tabella 16 – Fsn3, Fsn4 e Fsn5 – Riepilogo dei risultati

			Fsn6	Fsn7	Fsn8
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.04	0.08	0.02
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.19	0.46	0.13
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	856	838	934
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	810	810	810
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	914	890	854
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.33	0.29	0.25
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.26	0.17	0.34
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	83	83	83
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	92	92	92
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.04	0.09	0.03
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.02	0.05	0.05
Θ	[h]	Durata critica	0.06	0.14	0.08
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	16.9	28.6	20.8
r	[-]	Coeff. di ragguglio areale (A<20kmq)	0.96	0.97	0.98
hr	[mm]	Precipitazione meteorica raggugliata (TR200)	16.3	27.7	20.3
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	22.4	23.0	22.1
hn	[mm]	Pioggia netta	4.1	11.6	6.7
Q	[mc/s]	Portata al colmo	0.8	1.8	0.4
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	18.6	22.9	21.8

Tabella 17 – Fsn6, Fsn7 e Fsn8 – Riepilogo dei risultati

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Idrologica	T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 70 di 80
---	--

			Fsn11	Fsn15
A	[km ²]	Area del Bacino Idrografico	0.03	0.05
L	[km]	Lunghezza dell'asta principale	0.17	0.26
H _m	[m s.m.]	Altitudine media del bacino	840	888
H ₀	[m s.m.]	Altitudine del bacino nella sezione di chiusura	823	840
H _{MAX}	[m s.m.]	Altitudine massima del bacino	860	940
lb	[m/m]	Pendenza media del bacino	0.26	0.36
la	[m/m]	Pendenza media della rete di drenaggio	0.22	0.39
CN II	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe II)	83	80
CN III	[-]	Condizioni medie di umidità (AMC classe III)	92	90
t _c	[h]	Tempo di corrivazione (SCS)	0.04	0.05
t _r	[h]	Tempo di afflusso (iterativo)	0.02	0.05
Θ	[h]	Durata critica	0.06	0.10
h(Θ,Tr)	[mm]	CPP (Tr=200)	16.9	23.6
r	[-]	Coeff. di ragguaglio areale (A<20kmq)	0.97	0.97
hr	[mm]	Precipitazione meteorica ragguagliata (TR200)	16.4	22.8
S	[mm]	Massima capacità di assorbimento per infiltrazione	22.1	28.0
hn	[mm]	Pioggia netta	4.2	6.6
Q	[mc/s]	Portata al colmo	0.5	1.0
q	[mc/s/Kmq]	Coeff. udometrico	19.1	17.6

Tabella 18 – Fsn11 e Fsn15 – Riepilogo dei risultati

3.6.8 Riu Sicaderba

Il Riu Sicaderba non viene mai attraversato dal tracciato stradale, che si sviluppa parallelamente allo stesso interferendo invece coi suoi numerosi affluenti in destra idraulica. L'analisi idrologica è stata condotta prendendo in considerazione diverse sezioni di chiusura del bacino, individuate in funzione delle principali confluenze. Sono stati così definiti 11 sottobacini, come mostrato nella figura sottostante. Di seguito vengono riepilogati i risultati ottenuti.

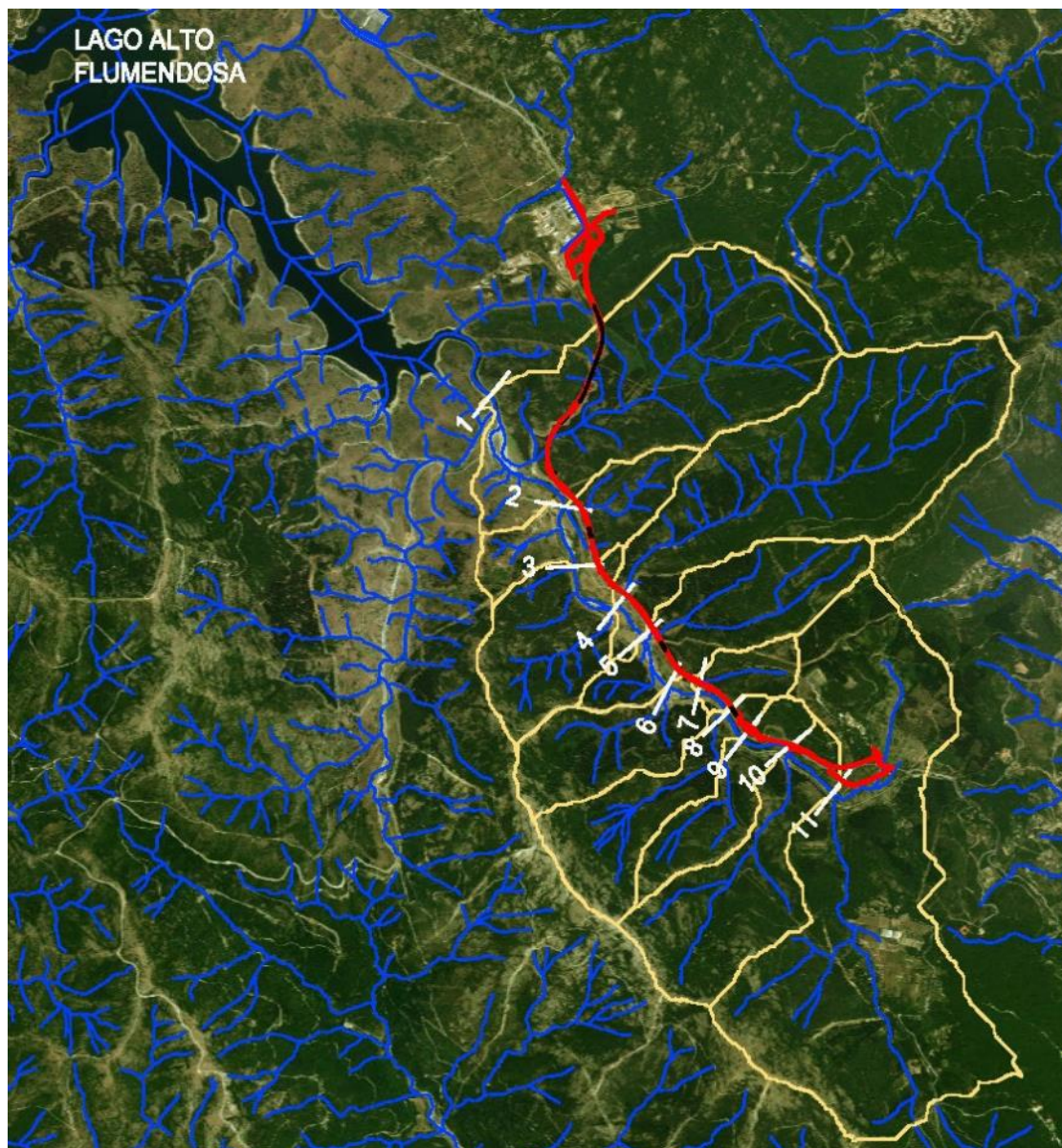


Tabella 19 – Riu Sicaderba- Individuazione delle sezioni di chiusura e dei relativi sottobacini

Riu Sicaderba

Altimetria m s.l.m.

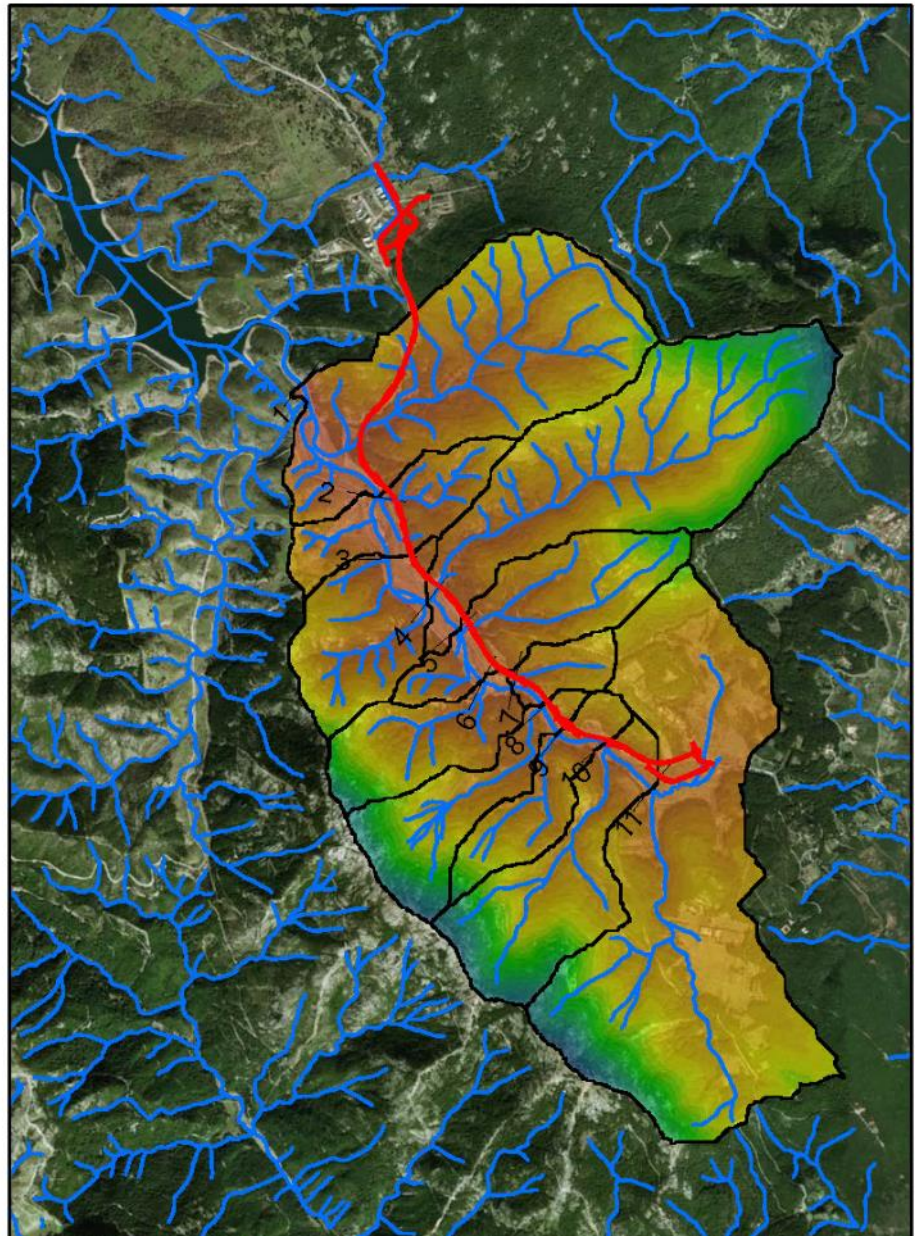
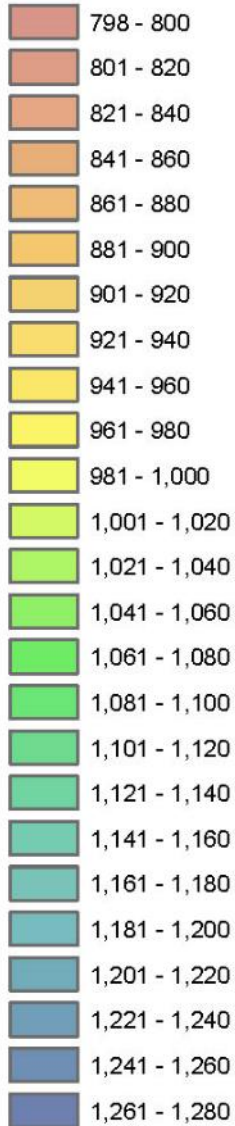


Tabella 20 – Riu Sicaderba- Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto

Relazione Idrologica

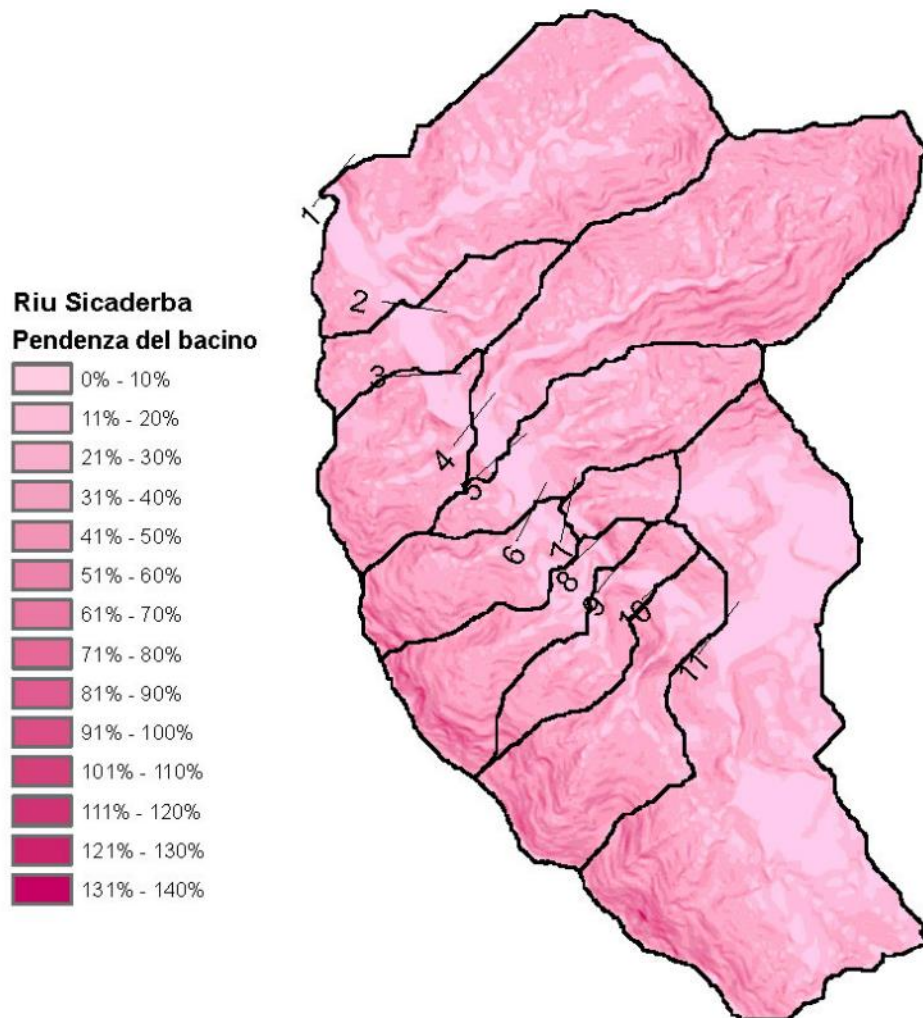


Tabella 21 - Riu Sicaderba – Pendenza del bacino

Relazione Idrologica

**Riu Sicaderba
CN**

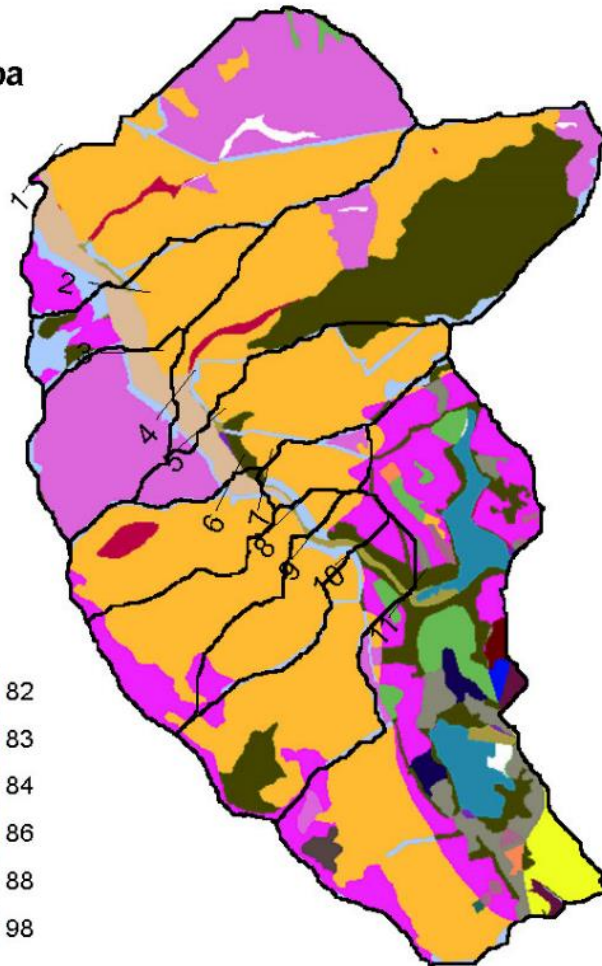
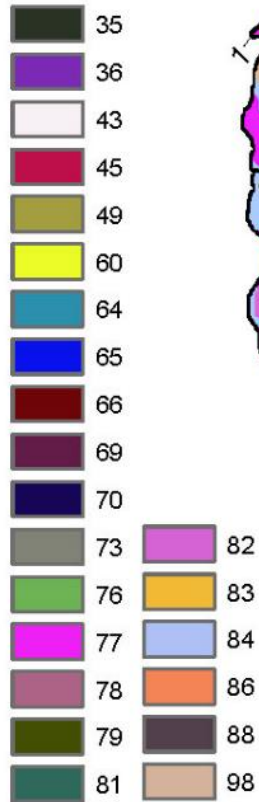


Tabella 22 – Riu Sicaderba – CN II

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 75 di 80</p>
---	---

		sez n°11 Con- fluenza Riu Mannu	sez n°10 Confluenza Riu Pisti-Pi- sti	sez n°9 Confluenza Fiume 17124	sez n°8 Con- fluenza Riu S'E- sca	sez n°7 Confluenza Fiume 17760	sez n°6 Confluenza Riu Su Accu e P.	sez n°5 Con- fluenza Riu Co- dula	sez n°4 Con- fluenza Riu Idolo	sez n°3 Confluenza Riu Genna C.	sez n°2 Confluenza Riu Bacu Mela	sez n°1 Confluenza Riu Bacu Gardi- lis
A	[km ²]	4.83	6.28	6.97	7.93	8.23	9.10	10.36	13.49	14.51	15.30	18.43
L	[km]	3.03	3.53	3.91	4.15	4.42	4.67	5.09	5.23	5.98	6.46	7.66
H _m	[m s.m.]	941	951	947	952	950	948	942	946	941	937	927
H ₀	[m s.m.]	846	840	830	830	828	820	819	810	810	804	798
H _{MAX}	[m s.m.]	1270	1270	1270	1270	1270	1270	1270	1270	1270	1270	1270
I _b	[m/m]	0.21	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.26	0.27	0.27	0.27	0.26
I _a	[m/m]	0.09	0.08			0.08	0.08	0.06	0.53	0.53	0.53	0.05
CN II	[-]	75	77	77	78	78	78	79	79	79	80	80
CN III	[-]	88	88.4	89	89	89	89	90	90	90	90	90
S		36	33	33	32	31	31	30	29	28	28	27
I _a		7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5
TC	[h]	0.56	0.57	0.61	0.61	0.64	0.66	0.71	0.70	0.77	0.82	0.95
t _r	[h]	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
Θ	[h]	0.71	0.70	0.74	0.73	0.76	0.78	0.82	0.81	0.87	0.92	1.05
h(Θ,Tr)	[mm]	79.86	79.70	82.10	81.75	83.84	85.03	87.57	87.13	91.11	94.39	101.47
r	[-]	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89
h _r	[mm]	73.6	72.8	74.9	74.2	76.1	77.0	79.0	77.8	81.3	84.3	90.5
S	[mm]	35.9	33.5	32.6	31.7	31.2	30.8	29.7	28.9	28.3	27.9	27.3
h _n	[mm]	43.1	43.9	46.3	46.3	48.3	49.3	52.0	51.4	55.1	58.1	64.4
Q	[mc/s]	81.8	108.6	121.3	139.0	144.8	159.7	182.9	237.5	255.2	268.5	313.9
q	[mc/s/Kmq]	16.9	17.3	17.4	17.5	17.6	17.6	17.7	17.6	17.6	17.5	17.0

Tabella 23 – Riu Sicaderba - Riepilogo dei risultati per Tr = 200 anni

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 76 di 80</p>
---	---

	sez n°11 Confluenza Riu Mannu	sez n°10 Confluenza Riu Pisti-Pisti	sez n°9 Confluenza Fiume 17124	sez n°8 Confluenza Riu S'Esca	sez n°7 Confluenza Fiume 17760	sez n°6 Confluenza Riu Su Accu e P.	sez n°5 Confluenza Riu Codula	sez n°4 Confluenza Riu Idolo	sez n°3 Confluenza Riu Genna C.	sez n°2 Confluenza Riu Bacu Mela	sez n°1 Confluenza Riu Bacu Gardilis
Q₂₅ [mc/s]	42.2	56.8	63.7	73.4	76.6	84.6	97.5	127.0	136.8	144.2	169.5
Q₅₀ [mc/s]	54.3	72.7	81.4	93.5	97.5	107.6	123.7	160.9	173.1	182.2	213.6
Q₁₀₀ [mc/s]	67.6	90.1	100.7	115.6	120.4	132.8	152.3	198.0	212.8	224.0	262.1
Q₂₀₀ [mc/s]	81.8	108.6	121.3	139.0	144.8	159.7	182.9	237.5	255.2	268.5	313.9
Q₅₀₀ [mc/s]	101.2	134.0	149.5	171.1	178.1	196.4	224.8	291.5	313.4	329.8	385.3

Tabella 24 - Riu Sicaderba - Riepilogo portate per diversi tempi di ritorno

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 77 di 80</p>
---	---

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 – Inquadramento su foto aerea Google Earth – In giallo la viabilità attuale, in rosso la variante di progetto. I Comuni interessati territorialmente dal progetto sono Villagrande Strisaili e Arzana.....	5
Figura 2-2- Reticolo idrografico (in blu) con individuazione dei sottobacini dei principali corsi d’acqua interferenti con la viabilità di progetto (in rosso). Il bacino del Riu Sicaderba è rappresentato in giallo.....	8
Figura 2-3 – Indice di aridità della Regione Sardegna – Estratto da: Comune di Arzana - Piano di Gestione area S.I.C. “Riu Sicaderba”.....	10
<i>Figura 2-4 – Precipitazioni e temperature medie nella valle del Riu Sicaderba - Estratto da: Comune di Arzana - Piano di Gestione area S.I.C. “Riu Sicaderba”.....</i>	<i>10</i>
Figura 2-5 – PAI – Relazione Generale di Piano - Delimitazione dei Sub-bacini Regionali Sardi – Cerchiata in rosso l’area di progetto.....	12
Figura 2-6 – PSFF (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali) – Fascia C Geomorfologica (in giallo); La strada di progetto è in rosso.....	13
Figura 3-1: Isoiete di pioggia giornaliera sul territorio sardo.....	16
Figura 3-2: Regionalizzazione delle precipitazioni-sottozone omogenee e distribuzione spaziale dell’altezza di pioggia giornaliera.....	17
Figura 3-3: Sottozone omogenee (a sx) e isoiete (a dx) delle piogge giornaliere nella porzione di territorio oggetto di intervento (in evidenza il bacino interferente l’opera in progetto)	18
Figura 3-4: Curve di possibilità pluviometrica per la SZO3 – $h_g = 145\text{mm}$ corrispondenti ai diversi tempi di ritorno.....	21
Figura 3-5: Modello GEV con approccio geostatistico (Roberto Deidda – Università di Cagliari – 2016).....	23
Figura 3-6: Confronto isoiete di pioggia cumulata per TR200 metodo TCEV e GEV geostatistico (Roberto Deidda – Università di Cagliari – 2016)	24
Figura 3-7: Isoiete di pioggia cumulata nel giorno 18 Novembre 2013	26
Figura 3-8: Carta della Pioggia indice m_D – Metodo GEV con approccio geostatistico ..	29
Figura 3-9: Carta della fattore di forma k – Metodo GEV con approccio geostatistico	30
Figura 3-10: Carta della fattore di scala σ^* – Metodo GEV con approccio geostatistico	31
Figura 3-11: CCP Modello GEV con approccio geostatistico per i bacini di progetto ..	33
Figura 3-12: Confronto CPP metodo GEV geostatistico e TCEV per TR200 anni.....	35
Figura 3-13: Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo, sulla base dei dati Carta CORINE.(da “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata,	

necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF” 2007, Regione Autonoma della Sardegna).....	40
Figura 3-14: Carta geologica della Sardegna.	41
Figura 3-15: Carta di variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità del terreno desunto dalla carta geologica (da “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF” 2007, Regione Autonoma della Sardegna)	46
Figura 3-16: Carta del parametro CN-(da “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF” 2007, Regione Autonoma della Sardegna)	47
Figura 3-17 – Fiume 17760 – Fasce altimetriche del bacino In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.	52
Figura 3-18 – Fiume 17760 – Curva ipsografica.....	53
Figura 3-19 – Fiume 17760 – Pendenza del bacino.....	53
Figura 3-20 – Fiume 17760 – CN II.....	54
Figura 3-21 – Riu Codula - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.....	55
Figura 3-22 – Riu Codula – Curva ipsografica	56
Figura 3-23 – Riu Codula – Pendenza del bacino.....	56
Figura 3-24 – Riu Codula – CN	57
Figura 3-25- Riu Idolo - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.....	58
Figura 3-26 – Riu Idolo – Curva Ipsografica	59
Figura 3-27 –Riu Idolo - Pendenza del bacino	59
Figura 3-28 – Riu Idolo – CN II.....	60
Figura 3-29 – Riu Bacu Mela - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.	61
Figura 3-30 – Riu Bacu Mela – Curva ipsografica	62
Figura 3-31 – Riu Bacu Mela – Pendenza del bacino.....	62
Figura 3-32 – Riu Bacu Mela – CN II.....	63
Figura 3-33 – Riu Bacu Gardilis - Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.	64
Figura 3-34 – Riu Bacu Gardilis – Curva Ipsografica	65
Figura 3-35 Riu Bacu Gardilis – Pendenza del bacino.....	65

<p style="text-align: center;"><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <i>Relazione Idrologica</i></p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A Data: Settembre 2020 Pag. 79 di 80</p>
---	---

Figura 3-36 – Riu Bacu Gardilis – CN II.....66

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p>T00_ID00_IDR_RE01_A</p> <p>Data: Settembre 2020</p> <p>Pag. 80 di 80</p>
---	---

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Fattori di crescita K(T) delle altezze di pioggia oraria per la sottozona omogenea SZO2 in corrispondenza di assegnati tempi di ritorno caratteristici superiori ai dieci anni.....	19
Tabella 2: VAPI-TCEV calcolo delle CPP	20
Tabella 3- CCP Modello GEV con approccio geostatistico – parametri i bacini di progetto.....	32
Tabella 4: VAPI-TCEV calcolo delle CPP	34
Tabella 5: GEV calcolo delle CPP.....	34
Tabella 6: Confronto percentuale CPP GEV/TCEV	34
Tabella 7- Assegnazione dei valori di Curve Number alle diverse tipologie di uso del suolo (da “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF” 2007, Regione Autonoma della Sardegna.....	39
Tabella 8 -Assegnazione dei fattori correttivi al Curve Number per caratteristiche geologiche. (da “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato [...] PSFF” 2007, Regione Autonoma della Sardegna).....	45
Tabella 9 - Categorie di umidità del suolo in funzione di API ₅ (in inch = 2.54 cm).....	48
Tabella 10 – Fiume 17760 – Riepilogo dei risultati.....	54
Tabella 11 – Riu Idolo – Riepilogo dei risultati	60
Tabella 12 - Riu Bacu Mela – Riepilogo dei risultati	63
Tabella 13 – Riu Bacu Gardilis – Riepilogo dei risultati.....	66
Tabella 14 – Fiumi 19229, 20454, 20774 – Riepilogo dei risultati.....	67
Tabella 15 – Fsn14,Fsn1 e Fsn2 – Riepilogo dei risultati	68
Tabella 16 – Fsn3, Fsn4 e Fsn5 – Riepilogo dei risultati	69
Tabella 17 – Fsn6, Fsn7 e Fsn8 – Riepilogo dei risultati	69
Tabella 18 – Fsn11 e Fsn15 – Riepilogo dei risultati.....	70
Tabella 19 – Riu Sicaderba- Individuazione delle sezioni di chiusura e dei relativi sottobacini.....	71
Tabella 20 – Riu Sicaderba- Fasce altimetriche del bacino. In blu è riportato il Reticolo Idrografico (da Metadato della Regione Sardegna) in rosso il tracciato di progetto.....	72
Tabella 17 - Riu Sicaderba – Pendenza del bacino	73
Tabella 22 – Riu Sicaderba – CN II	74
Tabella 23 – Riu Sicaderba - Riepilogo dei risultati per Tr = 200 anni	75
Tabella 24 - Riu Sicaderba - Riepilogo portate per diversi tempi di ritorno.....	76