



COMUNE DI SANLURI

PROVINCIA
DEL MEDIO CAMPIDANO



IDRAULICA

REV 01

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA, GEOLOGICA - GEOTECNICA (art. 8 comma 2 delle N.T.A del P.A.I.)

COMMITTENTE

Comune di Sanluri

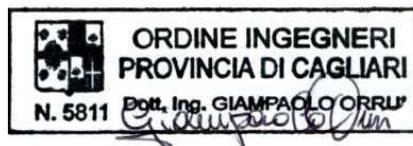
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA STUDIO DI
COMPATIBILITA' IDRAULICA

Data

Agosto 2018

IL SINDACO

Dr. Alberto Urpi



DIRIGENTE AREA
TECNICA

Dott. Ing. Ignazio Pittiu

Responsabili tecnici

Dott. Geol. Gian Luca Mallus

Dott. Ing. Giampaolo Orrù



Gruppo di lavoro

G.H.T. Engineering

Dott. Ing. Paolo Desogus

1. PREMESSA.....	5
2. METODOLOGIA DELLO STUDIO.....	8
2.1 Introduzione.....	8
2.2 Identificazione delle criticità idrauliche.....	9
SEZIONE 1 APPROCCIO METODOLOGICO	11
3. ANALISI IDROLOGICA	12
3.1 Premessa	12
3.2 Descrizione del metodo di stima delle portate al colmo.....	12
3.3 Metodi indiretti: il metodo razionale – distribuzione TECV (Two Component Extreme Value) 12	
3.4 Altezze di pioggia e determinazione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in Sardegna	13
3.5 Altezza di pioggia lorda ragguagliate all'area del bacino.....	14
3.6 Tempo di pioggia lorda	15
3.7 Determinazione dell'altezza di pioggia netta e calcolo della portata di piena	16
3.8 Stima dei tempi di corrivazione	16
3.9 Calcolo del parametro di assorbimento CN e della relativa capacità di assorbimento S. 18	
4. ANALISI IDRAULICA	23
4.1 Introduzione.....	23
4.2 Modello idraulico: Il codice di calcolo HEC – RAS	23
4.3 Equazioni di calcolo utilizzate	24
4.4 Modello matematico e condizioni al contorno	27
4.5 Dati di input delle simulazioni idraulica	27
4.6 Dati di output delle simulazioni idrauliche	29
SEZIONE 2 RISULTATI OTTENUTI ANALISI IDROLOGICA	30
5. BACINI IDROGRAFICI	31
5.1 Individuazione dei bacini idrografici	31
5.2 Definizione delle sezioni di controllo	34
5.3 Caratteristiche dei bacini idrografici individuati nel territorio Comunale di Sanluri	34
5.4 Caratteristiche dei bacini idrografici e sottobacini individuati nell'area urbana del Comunale di Sanluri.....	36
5.5 Calcolo del parametro di assorbimento CN III dei bacini idrografici del territorio Comunale	43
5.6 Calcolo del parametro di assorbimento CN III dei sottobacini idrografici area urbana....	46

6.	TEMPI DI CORRIVAZIONE E ASSORBIMENTO	50
6.1	Calcolo del tempo di corrivazione Tc	50
7.	CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA.....	51
7.1	Premessa	51
8.	CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA AI PUNTI CHIUSURA DEI BACINI.....	52
8.1	Criterio di calcolo.....	52
9.	BACINI IDROGRAFICI OGGETTO DI STUDIO.....	53
9.1	Premessa	53
9.2	Bacini idrografici nella zona nord del territorio di Sanluri.....	54
9.2.1	Il Bacino B190 (Riu Piras).....	54
9.2.2	Calcolo delle portate in ambito urbano	57
9.2.3	Il bacino B210 (S'Arriu de Sa Tramamma, Riu Tramamma, Gora Predi Sanna, Gora Pitziani)	64
9.2.4	Il Bacino B218 (106015_Fiume 30785)	69
9.2.5	Bacini B168 Riu Masoni Nostu, B179 Riu Sassuni, B181 Riu Acqua Sassa	72
9.3	Bacini idrografici nella parte sud del territorio Comunale di Sanluri.....	73
9.3.1	Premessa	73
9.3.2	Aree a pericolosità interessate dall'evento calamitoso "Cleopatra del 18 Novembre 2013"	75
9.3.3	Individuazione dei bacini idrografici area sud del territorio Comunale di Sanluri	77
9.3.4	Tempi di corrivazione bacini idrografici area Sud.....	78
9.3.5	Calcolo delle portate nelle sezioni di chiusura dei bacini idrografici della zona sud	79
10.	SEZIONI DI CONTROLLO.....	80
10.1	Criteri di tracciamento.....	80
10.2	Determinazione delle sub-aree e delle portate parziali alle sezioni di controllo	80
10.3	Assegnazione dei coefficienti di scabrezza.....	80
	SEZIONE 3 RISULTATI OTTENUTI ANALISI IDRAULICA	83
10.4	Risultati delle simulazioni idrauliche e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica.....	84
10.4.1	Il Bacino B210 Gora Predi Sanna.....	85
10.4.2	Il Bacino B190 Riu Piras.....	85
10.4.3	Il bacino B218 (106015_Fiume30785)	86
10.4.4	Bacini B168 Riu Masoni Nostu, B179 Riu Sassuni, B181 Riu Acqua Sassa	86
10.4.5	Bacini B219 e B236 Canale Acque Alte di Sanluri	86
10.4.6	Bacini B222 Canale S'Acqua Durcia e B248 Canale Acque Alte di Villacidro	87
10.5	Le mappe di pericolosità da inviluppo tra il risultato dello studio e le pericolosità vigenti	89
10.6	Le mappe delle fasce di prima salvaguardia	89
10.7	Le mappe danno potenziale e del rischio.....	91

SEZIONE 4 CONCLUSIONI	93
11. CONCLUSIONI	94

1. PREMESSA

La presente relazione illustra lo studio di compatibilità idraulica, commissionato dall'Amministrazione Comunale di Sanluri, estesa a tutto il territorio Comunale ai sensi dell'art. 8 comma 2, e art. 26 delle Norme di Attuazione del PAI, finalizzata all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio (scala 1:10000 per le aree extraurbane ed 1:2000 per l'area urbana).

Lo studio di compatibilità idraulica, richiesto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione PAI, prevede che : *indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti, i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesaggistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.*

Attraverso lo studio di Compatibilità idraulica, richiesto ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (NA) del PAI, si individuano le aree a significativa pericolosità e rischio idraulico per tutto il territorio comunale o per le sole zone soggette a varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti, in accordo con quanto disposto dall'art. 8 comma 5 e dal correlato art. 26 delle NA del PAI. Lo studio ha l'obiettivo di rendere coerente lo strumento urbanistico con quanto indicato e prescritto dalle NA del PAI attraverso la delimitazione delle aree a pericolosità idraulica e geomorfologica non censite dal PAI secondo quanto indicato dall'art. 26 delle NA.

Le indicazioni emerse dallo studio di compatibilità idraulica- geologica e geotecnica, una volta approvate con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna saranno riportate ai sensi dell'art. 4 comma 5 delle NA, dal Comune e dalle altre Amministrazioni interessate, alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente adeguando contestualmente le norme dello strumento urbanistico e costituiranno parte integrante del PUC assunte in adeguamento al PPR e al PAI.

Per la predisposizione documentale del lavoro si è proceduto ad articolare gli elaborati distinguendoli come illustrato nel seguente elenco:

- Elaborati relazionali:
 - Relazione ID00: Relazione tecnica illustrativa di compatibilità idraulica;
 - Allegati: Calcolo delle portate, sezioni, profili e tabelle delle simulazioni idrauliche; verifica del franco idraulico.

- Elaborati grafici:

ID ELABORATO	CONTENUTO	scala	Revisione
○ tavola ID_01A	Carta del reticolo idrografico	1:10.000	Rev 00
○ tavola ID_01B	Carta del reticolo idrografico	1:10.000	Rev 00
○ tavola ID_02A	Carta dei bacini idrografici ambito comunale	1:10.000	Rev 00
○ tavola ID_02B	Carta dei bacini idrografici ambito comunale	1:10.000	Rev 00

o	tavola ID_03A	Carta dei bacini idrografici ambito urbano	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_03B	Carta dei bacini idrografici ambito urbano	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_04A	Carta uso suolo e CN	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_04B	Carta uso suolo e CN	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_05A	Carta uso suolo e CN area urbana	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_05B	Carta uso suolo e CN area urbana	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_06A	Carta della pericolosità ambito comunale	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_06B	Carta della pericolosità ambito comunale	1:10.000	Rev 00
o	tavola ID_07A	Carta della pericolosità ambito urbano	1:2000	Rev 00
o	tavola ID_07B	Carta della pericolosità ambito urbano	1:2000	Rev 00
o	tavola ID_07C	Carta della pericolosità ambito urbano	1:2000	Rev 00
o	tavola ID_07D	Carta della pericolosità ambito urbano	1:2000	Rev 00
o	tavola ID_08A	Carta delle pericolosità vigenti	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_08B	Carta delle pericolosità vigenti	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_09A	Carta delle pericolosità da inviluppo studio con PGRA 2017	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_09B	Carta delle pericolosità da inviluppo studio con PGRA 2017	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_10A	Carta delle fasce di prima salvaguardia	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_10B	Carta delle fasce di prima salvaguardia	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_11A	Carta degli attraversamenti di competenza Comunale	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_11B	Carta degli attraversamenti di competenza Comunale	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_12A	Carta del danno potenziale in ambito Comunale	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_12B	Carta del danno potenziale in ambito Comunale	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_13A	Carta del danno potenziale in ambito Urbano	1:2.000	Rev 01
o	tavola ID_13B	Carta del danno potenziale in ambito Urbano	1:2.000	Rev 01
o	tavola ID_13C	Carta del danno potenziale in ambito Urbano	1:2000	Rev 01
o	tavola ID_13D	Carta della pericolosità ambito urbano	1:2000	Rev 01
o	tavola ID_14A	Carta del rischio idraulico ambito Comunale	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_14B	Carta del rischio idraulico ambito Comunale	1:10.000	Rev 01
o	tavola ID_15A	Carta del rischio idraulico ambito Urbano	1:2000	Rev 01
o	tavola ID_15B	Carta del rischio idraulico ambito Urbano	1:2000	Rev 01
o	tavola ID_15C	Carta del rischio idraulico ambito Urbano	1:2000	Rev 01
o	tavola ID_15D	Carta del rischio idraulico ambito Urbano	1:2000	Rev 01

o Allegati

ID ELABORATO	CONTENUTO	REVISIONE
	Relazione Tecnica illustrativa studio compatibilità idraulica	Rev01
*ALLEGATO 1	B168 - RIU MASONI NOSTU	Rev00
*ALLEGATO 2	B190 - RIU PIRAS B218 - 106015 FIUME 30785	Rev00
*ALLEGATO 3	B179 - RIU SASSUNI B219 - CANALE ACQUE ALTE SANLURI	Rev00
*ALLEGATO 4	B222, B248 - CANALE ACQUE ALTE VILLACIDRO B181- RIU ACQUA SASSA	Rev00
*ALLEGATO 5	B210 - GORA PREDI SANNA B236 - CANALE ACQUE ALTE SANLURI B252 - CANALE COLLETTORE BASSO	Rev00
ALLEGATO 6	SCHEDA CANALE TOMBATO	Rev01

*In ciascun allegato è contenuto : caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti).

Lo studio, commissionato dal Comune di Sanluri, è stato condotto sotto la responsabilità tecnica dell'ing. Giampaolo Orrù per la parte idraulica e dal dott. Gianluca Mallus per la parte geologica geotecnica.

2. METODOLOGIA DELLO STUDIO

2.1 Introduzione

Lo studio è stato condotto, nel rispetto degli artt. 24,25 e 26 delle NTA del PAI, seguendo quanto riportato nelle Linee Guida del PAI Sardegna relative all'attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a pericolo idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (DL. 180 e Legge 267 del 3-08-1998). In una I° Fase si è proceduto all'individuazione dei bacini idrografici, all'individuazione delle criticità idrauliche del reticolo idrografico e successivamente si è passati al calcolo delle portate per quattro tempi di ritorno (50, 100, 200, 500 anni). In una II° Fase si è passati alla modellazione idraulica che è stata eseguita mediante il codice Hec-Ras della US Army Corps of Engineers per il calcolo dei livelli di esondazione per ciascun tronco critico; tale calcolo sarà condotto in regime di moto permanente, corrispondentemente alle portate di piena con tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni ed in un numero di sezioni sufficientemente significative. La modellazione idraulica ha consentito di individuare l'area esondabile in funzione del periodo di ritorno della portata di piena definendo in questo modo quattro classi di pericolosità:

- aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) : area ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni;
- aree di pericolosità idraulica elevata (Hi3): area ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 100 anni;
- aree di pericolosità idraulica media (Hi2): area a moderata probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 200 anni;
- aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1): a bassa probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 500 anni.

Successivamente si passati all'elaborazione delle mappe del Danno Potenziale, utilizzando le informazioni fornite dalla Regione Sardegna, che derivano dall'analisi condotta sul territorio regionale di tutte le categorie di elementi "a rischio" esposti a possibili eventi di natura idrogeologica, identificati e classificati secondo uno schema di legenda. Le classi omogenee di Danno Potenziale previste sono quattro, e tengono conto per la loro definizione del danno alle persone, e di quello al tessuto socio-economico ed ai beni non monetizzabili, come di seguito riportato:

- D1: Danno potenziale moderato o nullo.
- D2: Danno potenziale medio;
- D3: Danno potenziale elevato;
- D4: Danno potenziale molto elevato.

La predisposizione delle due coperture sopra descritte, vale a dire la Carta del Danno Potenziale e la Carta della Pericolosità idraulica ha permesso di ricavare, mediante una procedura di overlay mapping, la Carta del Rischio idraulico; finalizzata ad identificare ambiti e criteri di priorità tra gli interventi di mitigazione dei rischi idrogeologici nonché di raccogliere e segnalare informazioni necessarie sulle aree oggetto di pianificazione di protezione civile.

Il PAI definisce le seguenti tipologie di aree a rischio idraulico ricomprese nelle aree di pericolosità idraulica:

- Ri4: le aree a rischio idraulico molto elevato;
- Ri3: elevato;
- Ri2: medio;

- Ri1: moderato.

2.2 Identificazione delle criticità idrauliche

Ai sensi dell'art. 26 delle NA del PAI per ciascun bacino idrografico sono stati individuati i tronchi fluviali, che in funzione delle loro caratteristiche fisiche e/o la presenza di manufatti che condizionano il deflusso, possono essere potenzialmente soggetti a fenomeni di esondazione e quindi causa di allagamenti delle aree limitrofe. L'individuazione delle potenziali insufficienze idrauliche con un sufficiente dettaglio geometrico, impone che il criterio di individuazione dei tronchi e degli elementi critici debba essere condotto per livelli successivi di approssimazione con procedure basate sui criteri di: analisi storica delle esondazioni, di analisi geomorfologica dell'area, e sulla considerazione di attraversamento di aree di pregio secondo le indicazioni delle linee guida del PAI. Secondo il criterio dell'analisi storica, che si basa su dati di particolari eventi di piena degli anni passati, si è eseguita una ricerca attraverso la consultazione documentale delle cronache di vecchi quotidiani, siti internet, documentazione storica di esondazioni archiviate nella raccolta delle Aree Vulnerate Italiane (AVI) che il CNR-GNDCI mette a disposizione tramite il sito internet www.gndci.cnr.it. I dati storici riconducibili ad eventi di piena sono riassunti nella tabella che segue:

Tabella 1. Elenco degli eventi meteoroclimatici relativi da diverse fonti per il comune di Sanluri.

Data	Fonte	Codice ISTAT	Scheda Censimento N.	Località coinvolte	Cause innescanti	Informazioni cartografiche Inquadramento IGM	Danni causati nel territorio Comunale
18/11/2013	Autorità di Bacino Regionale della Sardegna Quotidiani	-	-	Numerose località della Sardegna	Evento meteoroclimatico "Cleopatra"	-	<ul style="list-style-type: none"> Interventi di soccorso e assistenza alla popolazione; Danni al patrimonio pubblico e privato
27/11/ 2008	Comune di Sanluri Quotidiani	-	-	Numerose località della Sardegna	Evento meteoroclimatico	-	<ul style="list-style-type: none"> Interventi di soccorso e assistenza alla popolazione; Danni al patrimonio pubblico e privato
(12-13)/11/1999	AVI	20092057	10600027	Numerosi Comuni Sud_Sardegna	Evento meteoroclimatico	-	<ul style="list-style-type: none"> Alle persone (2 vittime, 800 sfollati); All'agricoltura; Al patrimonio zootecnico; Ai beni; Alle persone; Uso del suolo
22/4/1980	AVI	20092057	600466	Sanluri	Evento meteoroclimatico	Tavoletta IGM : 225 I SE	<ul style="list-style-type: none"> Edifici di interesse artistico - Chiese (Grave)
17/4/1979	AVI	20092057	600446	Cagliari - Monserrato - Sanluri - Mogoro	Evento meteoroclimatico	Tavoletta IGM : 234 IV SE Tavoletta IGM : 217 II SO	<ul style="list-style-type: none"> Edifici civili - Case sparse (Grave) Infrastrutture a rete - Fognatura (Grave)
23/8/1975	AVI	20092057	600377	Assemini - Carbonia - Iglesias - Nuraminis - Sanluri	Evento meteoroclimatico	Tavoletta IGM : 233 III NO	<ul style="list-style-type: none"> Edifici civili - Case sparse (Grave) Strutture di interesse pubblico - Aeroporti (Grave) Infrastrutture a rete - Elettrodotto (Grave)
9/11/1971	AVI	20092057	600322	Sanluri	Evento meteoroclimatico	Tavoletta IGM : 225 I SE	<ul style="list-style-type: none"> Alle persone: Feriti n. 3 (Esatto) Edifici civili - Centri abitati (Grave) e Case sparse (Grave)

In base a tale documentazione è possibile operare una prima identificazione delle aree a rischio idraulico, sebbene affette da incertezza dovuta e alla fonte documentale e alle esondazioni del reticolo di drenaggio minore; pertanto i

principali corsi d'acqua che in occasione di intense precipitazioni hanno generato situazioni di criticità sono stati i seguenti:

- Gora Predi Sanna;
- Riu Tramamma;
- S'Arriu de sa Tramamma;
- Riu Acqua Sassa;
- Riu Sassuni;
- Riu Masusecci;
- Riu Iroxi;
- Riu Masoni Nostu;
- Canale Acque alte di Sanluri;
- Gora Predi Marigosa;
- Canale collettore basso;
- Fiume 2361;
- Colatore palude Canargiu;
- Sa Gora de is Monnitzis;
- Sa Gora de s'Acqua Durci;
- Canale s'Acqua Durcia;
- Fiume 2355;
- Riu Piras;
- Gora Pitziani;
- Rio Loc. Monti Rasu.

Tale studio redatto in osservanza degli art. 24 e 25 delle NTA indirizzerà la pianificazione urbanistica al fine di identificare il regime vincolistico che dovrà essere recepito in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici e di varianti generali. Nei paragrafi seguenti verranno illustrate le procedure da adottare per la definizione dei succitati elementi di criticità.

SEZIONE 1 APPROCCIO METODOLOGICO

3. ANALISI IDROLOGICA

3.1 Premessa

Nel presente capitolo si illustrano le modalità di svolgimento dell'analisi idrologica effettuata sul territorio comunale del Comune di Sanluri (VS), allo scopo di stimare la portata al colmo ad assegnato periodo di ritorno (50, 100, 200 e 500 anni) secondo quanto previsto nelle Linee Guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e relative misura di salvaguardia della Regione Sardegna.

La relazione illustra i principi teorici secondo cui lo studio è stato eseguito e riporta i risultati delle elaborazioni.

3.2 Descrizione del metodo di stima delle portate al colmo

I metodi di stima della portata di piena ad assegnata frequenza da assumere nella generazione degli scenari di pericolosità dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica.

In letteratura le diverse metodologie di stima utilizzabili in funzione dei dati disponibili sono:

- Metodi diretti (in cui la portata al colmo in qualunque sezione è stata ricavata direttamente dall'analisi di serie storiche di valori di portate osservate);
- Metodi indiretti (in cui la portata al colmo è ricavata indirettamente dal dato di precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi-deflussi).

Nel caso in studio i metodi diretti di stima sono stati scartati sia perché non possediamo sufficienti dati relativi a serie storiche di portate osservate, sia perché le relazioni statistiche di stima diretta sono state validate per bacini con superfici superiori a circa 60 km². L'insufficiente disponibilità di osservazioni storiche di portata e la necessità di stime in svariate sezioni idrologiche lungo i corrispondenti tronchi critici, non può prescindere dall'uso della procedura indiretta per la valutazione della portata di piena. Tale metodologia, stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi, discutibile, che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

Recenti fonti bibliografiche per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche delle precipitazioni della Sardegna. Per tale motivo il modello TCEV è stato adottato per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica.

3.3 Metodi indiretti: il metodo razionale – distribuzione TECV (Two Component Extreme Value)

La portata di piena è espressa dalla ben nota Formula Razionale come prodotto tra l'intensità di precipitazione, i , di assegnata durata d e periodo di ritorno T_r , il coefficiente di assorbimento Φ , la superficie del bacino A_b , il coefficiente di laminazione $\varepsilon(t)$:

$$Q = i[\Theta T_r \Theta A_b] \cdot \Phi \cdot A_b \cdot \varepsilon(\Theta)$$

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

Le portate di piena sono state calcolate per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni; Il coefficiente di laminazione $\varepsilon(\Theta)$ in via cautelativa è stato assunto pari a 1

L'intensità media di pioggia netta ragguagliata $i_{n,r}$ è stata calcolate tramite il metodo del Curve Number CN (SCS Soil Conservation Service – United States Department of Agriculture) relativo alle poggie meteoriche lorde ricavate dalle curve segnalatrici di possibilità climatica valide nelle località esaminate.

3.4 Altezze di pioggia e determinazione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in Sardegna

La procedura per la determinazione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (Deidda e Piga 1998), basate sul modello TCEV, prevede innanzitutto la definizione della sottozona omogenea SZO della Regione Sardegna di appartenenza del bacino in esame, secondo la divisione riportata in figura.

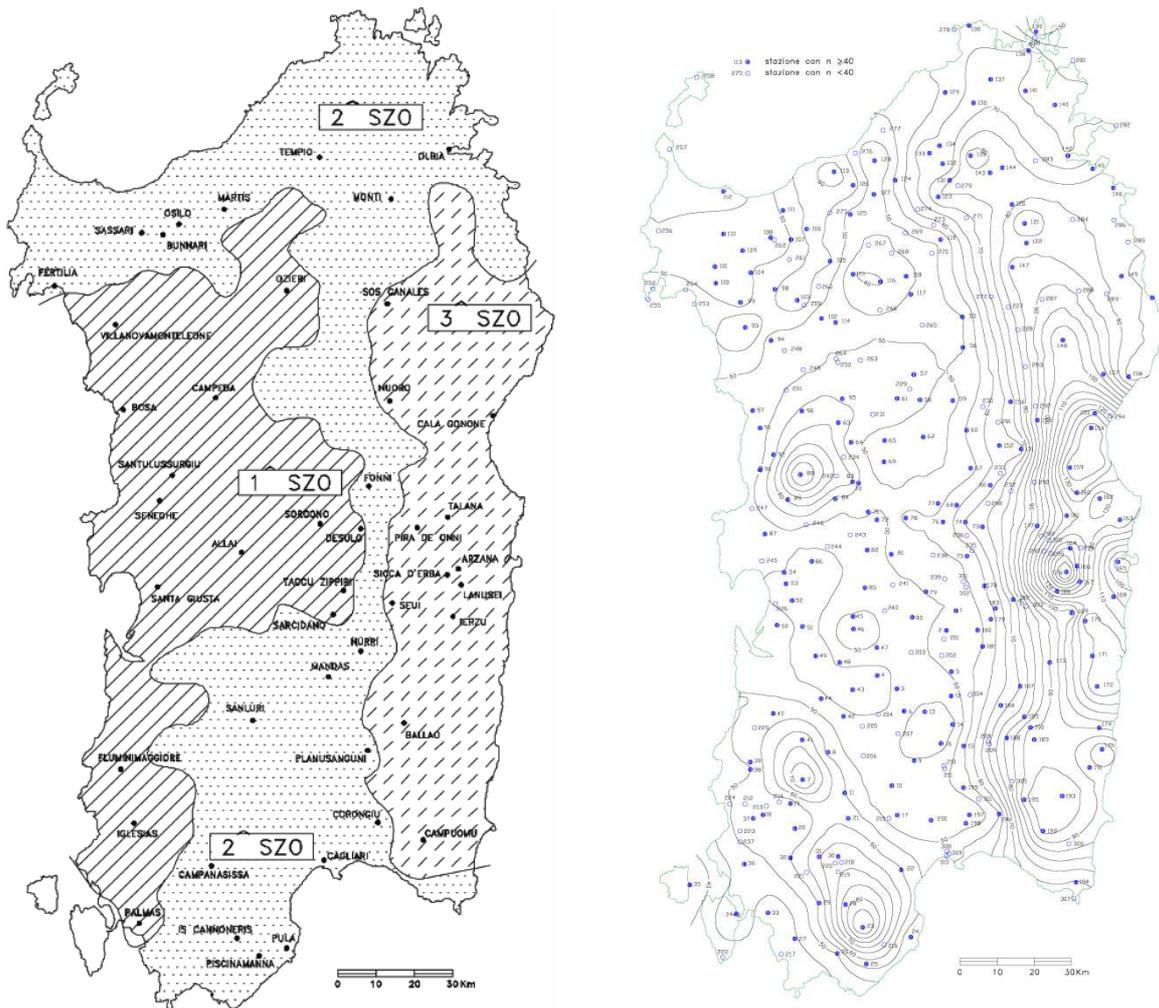


Figura 1. a) Suddivisione in sottozone omogenee secondo modello TECV e b) mappatura della pioggia indice giornaliera in Sardegna

La pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ è esprimibile tramite la seguente formula:

$$\mu(\tau) = a_1 \cdot \tau^{n_1} \quad [\text{mm}]$$

in cui:

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

$$\mu_g = \text{pioggia indice giornaliera deducibile dalle carte suindicate.} \quad [\text{mm}]$$

L'altezza di pioggia lorda $h_l(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni, si ottiene tramite la seguente formula:

$$h_l(\tau) = a_1 \cdot a_2 \cdot \tau^{n_1+n_2} \quad [\text{mm}]$$

in cui i coefficienti a_2 e n_2 si determinano dalle seguenti relazioni funzioni dei tempi di ritorno, di τ e delle sottozone omogenee:

- per tempi di ritorno $T \leq 10$ anni:

SZO 1: $a_2 = 0,66105 + 0,85994 \cdot \log T$

$$n_2 = -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \cdot \log T$$

SZO 2: $a_2 = 0,64767 + 0,89360 \cdot \log T$

$$n_2 = -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \cdot \log T$$

SZO 3: $a_2 = 0,62408 + 0,95234 \cdot \log T$

$$n_2 = -2,5392 \cdot 10^{-2} + 4,7188 \cdot 10^{-2} \cdot \log T$$

- per tempi di ritorno $T > 10$ anni:

SZO 1: $a_2 = 0,46378 + 1,0386 \cdot \log T$

$$n_2 = -0,18449 + 0,23032 \cdot \log T - 3,3330 \cdot 10^{-2} \cdot \log^2 T \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \cdot \log T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

SZO 2: $a_2 = 0,44182 + 1,0817 \cdot \log T$

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \cdot \log T - 3,5453 \cdot 10^{-2} \cdot \log^2 T \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \cdot \log T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

SZO 3: $a_2 = 0,41273 + 1,1370 \cdot \log T$

$$n_2 = -0,19055 + 0,25937 \cdot \log T - 3,8160 \cdot 10^{-2} \cdot \log^2 T \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = 1,5878 \cdot 10^{-2} + 7,6250 \cdot 10^{-3} \cdot \log T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

3.5 Altezza di pioggia lorda ragguagliate all'area del bacino.

La pioggia ottenuta $h_l(\tau)$, calcolata per la durata critica Θ di ogni bacino, viene ragguagliata all'area tramite il parametro r . Il parametro necessario ad effettuare il ragguaglio delle piogge lorde all'area del bacino è il coefficiente di riduzione areale r . Viene determinato sulla base delle espressioni del Department of Environment Water Council (DEWC, 1981):

$$r(\tau, A_b) = 1 - f_1 \cdot \tau^{-f_2} \quad (\text{adimensionale})$$

in cui:

$$f_1 = 0,0394 \cdot A_b^{0,354};$$

$$f_2 = 0,4 - [0,0208 \cdot \log(4,6 - \log A_b)]; \quad \text{se } A_b < 20 \text{ km}^2$$

$$f_2 = 0,4 - [0,003822 \cdot (4,6 - \log A_b)^2]; \quad \text{se } 20 \text{ km}^2 < A_b < 100 \text{ km}^2$$

A_b = area del bacino considerato [km²];

τ = durata della pioggia lorda [h]

Il valore dell'altezza di pioggia lorda $h_{i,r}(\tau)$ ragguagliata all'area del bacino di durata τ , secondo la seguente formula:

$$h_{i,r}(\tau) = r(\tau, A_b) \cdot h_l(\tau) \quad [\text{mm}]$$

in cui:

$$h_l(\tau) = a_1 \cdot a_2 \cdot \tau^{n_1+n_2} = \text{altezza di pioggia lorda di durata } \tau, \text{ con } a_1, a_2, n_1 \text{ e } n_2 \text{ calcolati come descritto} \quad [\text{mm}]$$

precedentemente

L'intensità media di pioggia lorda $i_{l,r}(\tau)$ di durata τ è stata calcolata come segue:

$$i_{l,r}(\tau) = \frac{h_{i,r}(\tau)}{\tau} \quad [\text{mm/h}]$$

3.6 Tempo di pioggia lorda

Si è procedute dunque alla determinazione del tempo di pioggia lorda (ovvero durata Θ dell'evento meteorico critico) assumendolo pari alla somma del tempo t_c di corrivazione e del tempo t_f necessario alla colmata dei volumi di perdita iniziale:

$$\Theta = t_f + t_c \quad [\text{h}]$$

in cui:

$$t_f = \text{tempo necessario per colmare i volumi di perdita iniziale } I_a, \text{ calcolato come} \quad [\text{h}]$$

segue:

$$t_f = \frac{I_a}{i_{l,r}(\Theta, r)}$$

$$t_c = \text{tempo di corrivazione} \quad [\text{h}]$$

$i_{l,r}(\Theta, r)$ intensità di pioggia corrispondente alla durata critica

I_a = altezza di perdita iniziale ragguagliata, calcolato secondo il metodo del Curve [mm]

Number:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

In cui S rappresenta la massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm); il calcolo di S è stato calcolato mediante l'equazione che segue:

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

Il procedimento di calcolo del tempo di pioggia lorda Θ è stato eseguito mediante iterazioni successive tra le equazioni illustrate in precedenza.

3.7 Determinazione dell'altezza di pioggia netta e calcolo della portata di piena

Dopo aver determinato i parametri su elencati si è proceduto alla determinazione dell'altezza di pioggia netta e ragguagliata $h_{n,r}$ secondo il metodo del Curve Number (Soil Conservation Service):

$$h_{n,r} = \frac{[h_{l,r}(\Theta) - I_a]^2}{h_{l,r}(\Theta) - I_a + S} \quad [\text{mm}]$$

in cui $h_{l,r}(\Theta)$, I_a , e S sono i parametri determinati in precedenza.

La determinazione della portata è avvenuta mediante un procedimento iterativo, data la dipendenza del tempo di formazione del ruscellamento superficiale dall'intensità di pioggia netta $i(\Theta, r)$.

3.8 Stima dei tempi di corrivazione

Si è proceduto alla determinazione dei tempi di corrivazione significativi, ossia per quelli ad estensione maggiore; a titolo di confronto sono stati calcolati secondo le formule del Soil Conservation Service, Giandotti, Pasini, Ventura e Viparelli, assumendo il valore minimo ottenuto tra Pasini-Ventura T_c min.

Si allega un riepilogo delle formule applicate:

Formula Soil Conservation Service:

$$t_c = 0,00227 \cdot \frac{1000 \cdot L^{0,8} \cdot \left[\frac{1000}{CN} - 9 \right]^{0,7}}{i_m^{0,5}} \quad [\text{h}]$$

Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A_b} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_{media} - H_{sez}}} \quad [\text{h}]$$

Formula di Pasini:

$$t_c = \frac{0,108 \cdot (A_b \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [\text{h}]$$

Formula di Ventura:

$$t_c = 0,127 \cdot \left(\frac{A_b}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [\text{h}]$$

Formula di Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{(1 + 1,5) \cdot 3,6} \quad [\text{h}]$$

Formula di Kirpich:

$$t_c = 0,000325 \times L^{0,77} \times i_m^{-0,385} \quad [\text{h}]$$

I valori risultanti dai suddetti metodi sono stati confrontati, assumendo per il sottobacino il valore ritenuto più idoneo. In particolare la formulazione di Kirpich, è stata utilizzata per i bacini minori, particolarmente attinente ai bacini di limitata estensione dell'area urbana. Nel caso specifico di studio si è utilizzata la formulazione di Kirpich per tutti i bacini aventi superficie inferiore ad 1,00 km².

in cui:

L = lunghezza dell'asta principale [km]

i_m = pendenza media del bacino in percentuale [%]

CN = Curve Number

H_{media} = altitudine media del bacino sul livello del mare [m]

H_{sez} = altitudine della sezione di chiusura del bacino sul livello del mare [m]

A_b = area del bacino considerato [km²]

3.9 Calcolo del parametro di assorbimento CN e della relativa capacità di assorbimento S

Il valore dell'assorbimento del bacino S[mm] è stato calcolato secondo la relazione:

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

Tale relazione fa riferimento al valore del Curve Number (CN) del relativo bacino idrografico, calcolato come valore medio sulla base della Carta dell'Uso del Suolo del territorio comunale interessato. I valori Curve Number sono stati ricavati secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Riferimento Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale.

I valori del parametro di assorbimento CN sono indicati sulla base delle informazioni sull'uso del suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. La procedura consiste nell'attribuzione ad ogni tipologia di copertura del territorio di un valore di CN come riportato nella tabella che segue:

Tabella 2 - classificazione del CN in base all'uso del suolo

USO DEL SUOLO		CN
Codice	Uso	
1111	Tessuto residenziale compatto e denso	95
1112	Tessuto residenziale rado	95
1121	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	95
1122	Fabbricati rurali	95
1211	Insedimento industriale/artigianale e commerciale e spazi annessi	95
1212	Insedimento di grandi impianti di servizi	95
1221	Reti stradali e spazi accessori	95
1222	Reti ferroviarie e spazi annessi	95
1223	Grandi impianti di concentrazione 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 colturali e particellari complessi	60
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	70
244	Aree agroforestali	70
3111	Boschi di latifoglie	50
31121	Pioppeti, saliceti, eucalitteti	50
31122	Sugherete	65
31123	Castagni da frutto	50
31124	Altro	50
3121	Boschi di conifere	70

3122	Conifere a rapido accrescimento	70
313	Boschi misti di conifere e latifoglie	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
241	Aree a ricolonizzazione naturale	70
3242	Aree a ricolonizzazione artificiale	70
3311	Spiagge di ampiezza superiore a 25 metri	40
3312	Aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 metri	40
3313	Aree dunali coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 metri	40
3315	Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 metri	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 produzione ittica naturale	99
5232	Acquacolture in mare libero	99

Dopo aver individuato il CN dalla tabella precedente (Figura 2), si è proceduto ad effettuare la sua correzione sulla base della tabella che segue, nella quale sono indicati i valori di Δ CN in funzione della area geologica in cui ricade il bacino (Figura 3).

Tabella 3 - classificazione del CN in base alla geologia

DESCRIZIONE	Δ CN
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 breccie; olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana. (Carbonifero inf.)	10
Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalcalina, talora brecciati in colate, cupole di ristagno; lave andesitiche e dacitiche in cupole e filoni; andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalcalina ad alcalina	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 Acritarchi; nella parte alta metapeliti viola, nere e verdastre, quarziti e metaconglomerati	10
Arenarie eoliche wurmiane (2c); Conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia (2b); Conglomerati, sabbie, argille più 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 sublitorali	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, breccie vulcaniche, calcari con selci lacustri e lenti di antracite	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).Calcarivacuolari e brecciati sopratidali e intertidali; calcari microcristallini di ambiente evaporitico,marne e calcari organogeni sublitorali (8c). (Messiniano)Calcar	10
Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufti, tufi pomice (10f). (Burdigagliano)Arenarie, conglomerati, tufti più o meno arenacee, calcari sublitorali (10e)Calcar selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali	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, circolitorali e transizionali. (Trias medio)	10
Filoni a composizione prevalentemente basaltica e comenditica. (Oligocene sup.- Miocene inf. medio)	10
Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaistica.(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 ligniferi (Dogger-Malm)	5
Formazione di Gonnese (Metallifero Auct.): metacalcari e metadolomie; metadolomie e metacalcari stromatolitici. (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	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 Carbos	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, metarossi, 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
Metapeliti scure carboniose, nella parte inferiore livelli di quarziti nere a graptoliti; nelle partesuperiore metacalcari nodulari. (Siluriano inf.-Devoniano inf.)	5
Metapeliti scure carboniose; nella parte inferiore quarziti nere a graptoliti. (Siluriano inf.)	15
Metarenarie , quarziti, filladi, metaconglomerati ad elementi di liditi, olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana e ordoviciana, e metavulcaniti basiche alcaline, talora a pillow.(Carbonifero inf.)	10
Metarioriti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; alla base sono presentiquarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti,metagrovacche. (Ordoviciano medio)	15
Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufi; metaconglomerati olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana daalluvionale 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)	10
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. (Paleo-zoico)	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; metavulcanitirioritiche metatufiti e metaepiclastiti; metaconglomerati poligenici grossolani, con clasti di metarioriti. (Ordoviciano medio)	15
Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica ad affinità calcalcalina e subordinatamente shoshonitica. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbritici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, breccieandesitiche, 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 marna e calcari marnosi paralici (17b). (Berriasiano-Albiano inf.)Sardegna orientale: depositi carbo	5
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, marna e calcareniti glauconitiche sublitorali e localmente calcari lacustri (16b). (Cenomaniano-Campaniano)Sardegna orientale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari marnosi	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: dolomie e calcari dolomitici, calcarioolitici, calcari ad oncoidi, calcari selciferi, calcari micritici, calcari marnosi e marna; alla sommitadolomie e calcari dolomitici scuri lacustri (18b)	5
Sardegna orientale: calcari, calcari maenosi e marna argillose sublitorali (14b). Arenarie e conglomerati poligenici piu o meno quarzosi fluvio-deltizi (14a). (Ypresiano-Lutezianoinf.)	10
Sieniti sodiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Sulcis e Trexenta: calcari litorali e transizionali, calcari marnosi, marna e argille continentali e paralico-transizionali con depositi di carbone; alla base sono presenti, arenarie e conglomerati di piana alluvionale. (Paleocene sup.-Eocene inf.)	0
Tonaliti (33b). Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (33a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10

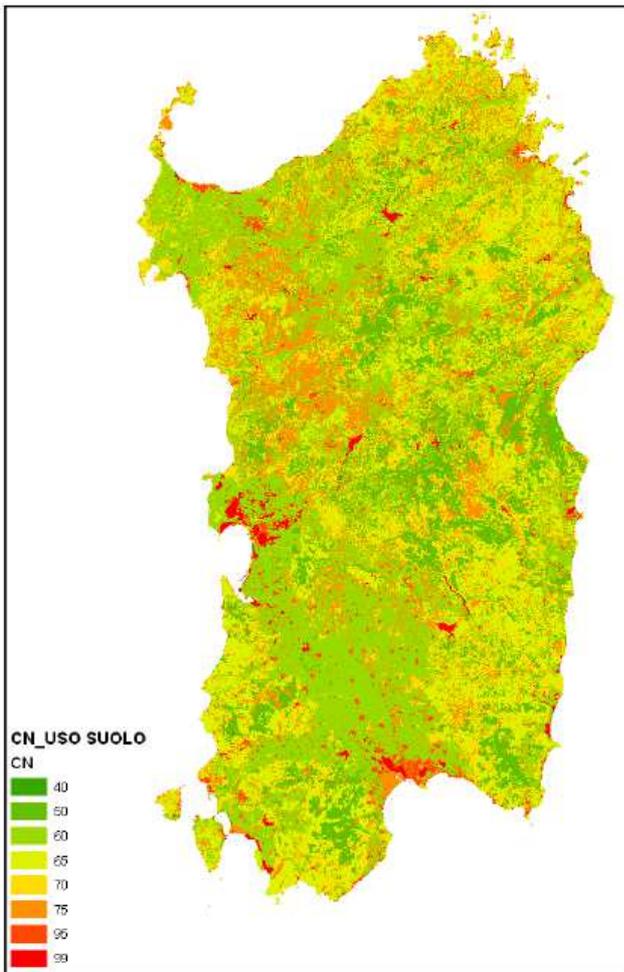


Figura 2. - Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo.

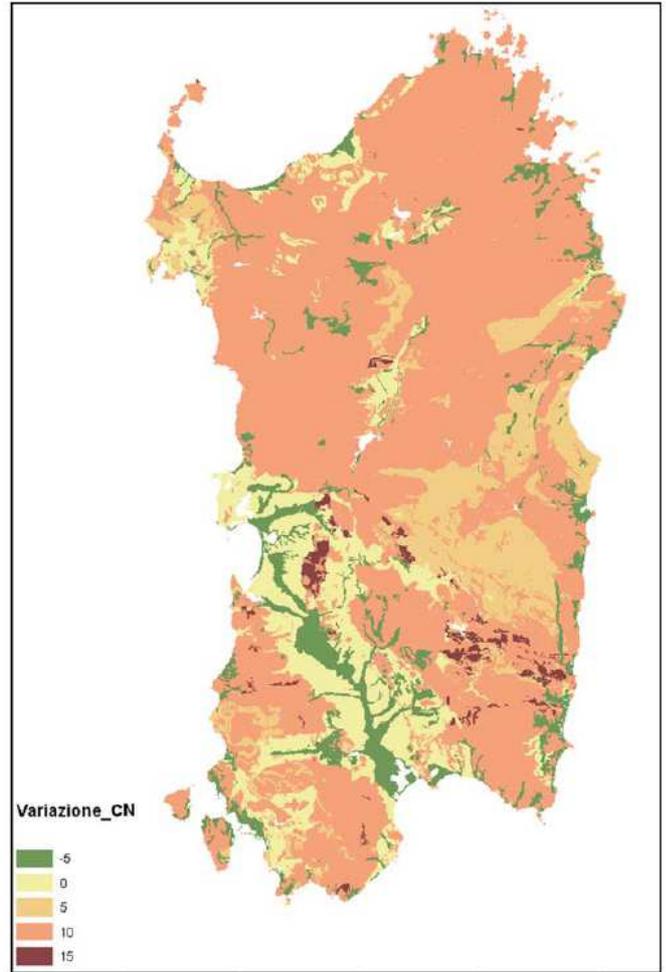


Figura 3.- Carta di variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità del terreno desunto dalla carta geologica.

Effettuata la somma del CN e del ΔCN ottenendo il CN(II), sono stati individuati gli ulteriori incrementi di CN corrispondenti al tipo di copertura nelle condizioni medie di umidità del terreno antecedenti l'evento (condizioni standard): tali condizioni sono definite attraverso il valore della precipitazione totale nei cinque giorni antecedenti l'evento stesso (Antecedent Moisture Condition – AMC) e sono indicati nelle tabelle che seguono:

Tabella 4 - determinazione della classe AMC

CATEGORIA AMC	Precipitazione Totale nei 5 gg precedenti (mm)	
	STAGIONE DI RIPOSO	STAGIONE DI CRESCITA
AMC-I	< 12,7	< 35,6
AMC-II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,5
AMC-III	> 27,9	> 53,3

Infine si è ricavato il CN(III), utilizzato per ricavare il valore dell'assorbimento del bacino S (in [mm]) secondo la formula indicata all'inizio del paragrafo, dalla seguente relazione:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0,43 + 0,0057 \cdot CN(II)}$$

Per ogni sottobacino viene quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta dei CN con quello della perimetrazione dell'area in esame e definito il valore di CN da utilizzare.

4. ANALISI IDRAULICA

4.1 Introduzione

La presente relazione illustra le modalità di svolgimento dell'analisi idraulica effettuata sui tronchi critici precedentemente individuati, le attività svolte e la metodologia adottata al fine di individuare le aree a pericolosità idraulica, interessate da fenomeni di esondazione, secondo le Linee Guida PAI.

La relazione illustra i principi teorici secondo cui lo studio è stato eseguito e mostra i risultati delle elaborazioni.

4.2 Modello idraulico: Il codice di calcolo HEC – RAS

Il codice di calcolo HEC-RAS è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'*United States Army Corps of Engineering* (USACE) per il calcolo dei profili di rigurgito per un'intera rete idrica costituita sia da corsi d'acqua che da canali artificiali. Il codice viene distribuito liberamente ed è scaricabile dal sito internet dell'USACE.

L'importanza e la diffusione raggiunte da questo codice di calcolo sono confermate anche dal recente sviluppo di numerosi applicativi prodotti per l'interfaccia automatica sia con strumenti CAD che con ambiente GIS.

Rispetto alla versione iniziale (1995) il programma ha subito numerose successive revisioni, ed è attualmente il codice di simulazione numerica monodimensionale più diffuso e utilizzato per la risoluzione di una svariata serie di problemi e situazioni idrauliche.

Alcune tra le operazioni che possono essere eseguite con l'ausilio del programma sono le seguenti:

- calcolo simultaneo di profili di corrente lenta e veloce;
- simulazione del flusso attraverso ponti e tombinature;
- dimensionamento di interventi di ottimizzazione della sezione di deflusso e della pendenza di fondo di canali;
- dimensionamento di presidi arginali;
- calcolo dello scalzamento alla base di pile e spalle di ponti;
- analisi di aree di esondazione;
- analisi di ponti e tombinature ad apertura multipla;
- analisi di scolmatori, diversivi e casse di espansione;
- analisi in presenza di copertura di ghiaccio;
- interazione con sistemi informativi geografici (GIS).

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale quali:

- analisi di moto permanente;
- analisi del moto vario;
- analisi del trasporto solido in letto mobile;
- analisi di qualità delle acqua.

Il programma calcola i profili di moto permanente o vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista, ed è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali ad albero o a singolo ramo. Come verrà meglio specificato nel paragrafo seguente, le relazioni fondamentali della formulazione matematiche alla base del modello di calcolo sono le note equazioni di bilancio energetico dell'idrodinamica. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (Manning), calcolate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene

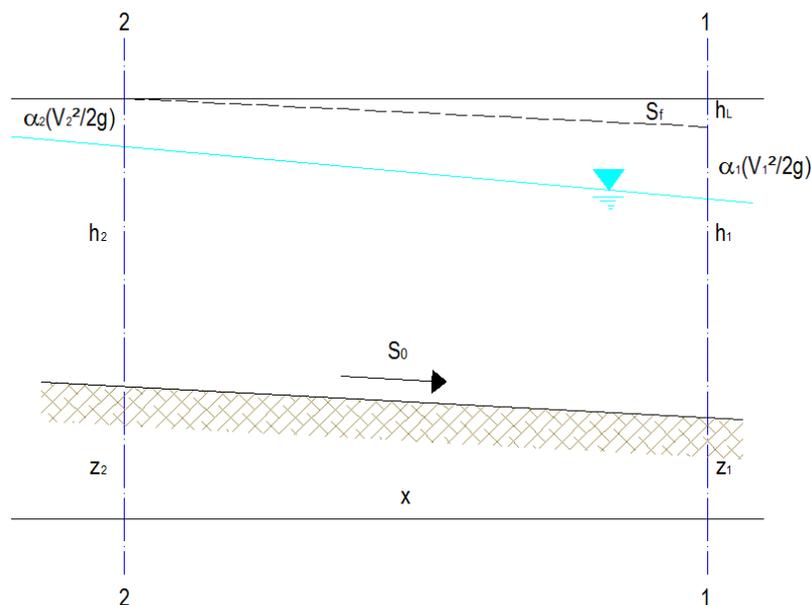
e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta, oppure in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete. Il modello richiede, come dati input, la geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, portate in ingresso nella prima sezione di monte e, eventualmente, in tutte le sezioni dove siano disponibili dati di portata, oltre alle condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente. I risultati delle elaborazioni possono essere visualizzati graficamente per quanto riguarda il profilo longitudinale, le sezioni trasversali, le scale di deflusso, gli ideogrammi di portata, i livelli e le numerose ulteriori variabili idrauliche. E' inoltre possibile visualizzare la vista prospettica della geometria del corso d'acqua e i livelli idrometrici raggiunti dalle correnti simulate. Tutti i dati del calcolo possono essere esportati in tabelle aventi formati standard leggibili dai comuni software di reading e editor di testi.

4.3 Equazioni di calcolo utilizzate

Il metodo di risoluzione impiegato per la maggior parte dei programmi di simulazione idraulica in regime di moto permanente gradualmente variato, tra cui quello impiegato per il presente studio, è il cosiddetto *standard step*, il quale consiste in una procedura iterativa applicabile sia ai canali prismatici che non prismatici, incluse le eventuali aree golenali adiacenti, sia in condizioni di corrente lenta che veloce.

Questo metodo risolve le equazioni di continuità, dell'energia e l'equazione di Manning al fine di calcolare il livello idrometrico per determinati punti del profilo longitudinale del corso d'acqua.

L'equazione di base è quella dell'energia (equazioni di Bernoulli o del bilancio energetico), espressa nella seguente forma:



$$W \cdot S_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} = W \cdot S_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + h_{L_{1-2}} \quad (1.2.2.1)$$

in cui:

$W \cdot S_2$ e $W \cdot S_1$ sono le quote piezometriche ($h + z$) alle sezioni 1 e 2 indicate in figura;

$h_{L_{1-2}}$ rappresenta le perdite di carico che si verificano tra le due sezioni considerate.

Tale equazione, esplicitata secondo la sezione considerata, viene utilizzata dal programma di simulazione che è stato impiegato nel presente studio per il calcolo dei profili di rigurgito in caso di moto permanente gradualmente vario.

Il termine $h_{L_{1-2}}$ può essere a sua volta suddiviso nella somma tra perdite d'attrito h_f (fiction loss) e perdite per contrazione o espansione h_0 , i quali possono essere calcolati secondo le seguenti formule:

$$h_f = S_f \cdot x \quad (1.2.2.2)$$

$$h_0 = C_{c,e} \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} \right| \quad (1.2.2.3)$$

in cui:

S_f è la pendenza d'attrito (fiction slope) e x la distanza media tra le sezioni considerate;

$C_{c,e}$ è il coefficiente di contrazione C_c o espansione C_e .

Coefficienti di contrazione e di espansione. Contrazioni ed espansioni di flusso dovute al passaggio fra due distinte sezioni sono una delle principali cause che producono perdite di carico nel tratto compreso fra le stesse. Tali perdite sono quantificabili come prodotto della differenza assoluta fra le altezze cinetiche delle due sezioni in esame ed un coefficiente di espansione/contrazione. In particolare nel caso di passaggi di sezione gradualmente e correnti lente viene assunto come coefficiente di contrazione ed espansione un valore rispettivamente pari a 0,1 e 0,3.

In caso di corrente veloce i valori assunti sono sensibilmente inferiori, non superano di norma rispettivamente 0,05 e 0,1.

In caso di canali prismatici i valori dei coefficienti assumono valore pari a zero.

Nelle simulazioni in oggetto si è posto pari a 0,1 il coefficiente di contrazione e 0,3 quello di espansione; tipici di una transizione graduale fra le sezioni e validi anche quando le sezioni rimangono costanti.

In caso di computo del profilo di rigurgito all'interno di un canale con aree golenali o di tipo non prismatico, le equazioni scritte sono modificate in modo da tener conto delle caratteristiche indicate.

In particolare viene introdotto un parametro detto capacità di carico K (conveyance) al fine di determinare i valori del coefficiente α . A tale fine, il programma di simulazione utilizza la seguente equazione:

$$\alpha = \frac{A_{TOT}^2 \cdot \left(\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right)}{K_{TOT}^3} \quad (1.2.2.4)$$

in cui:

A_{TOT} è l'area totale della sezione di deflusso;

[mq]

K_{TOT} è la capacità di portata totale della sezione trasversale;

[mc/sec]

A_{lob} è l'area della sezione di deflusso dell'area golenale sinistra;	[mq]
A_{ch} è l'area della sezione del canale di deflusso principale;	[mq]
A_{rob} è l'area della sezione di deflusso dell'area golenale destra;	[mq]
K_{lob} è la capacità di portata dell'area di spagliamento in sponda sinistra;	[mc/sec]
K_{ch} è la capacità di portata del canale di deflusso principale;	[mc/sec]
K_{rob} è la capacità di portata dell'area di spagliamento in sponda destra.	[mc/sec]

La pendenza d'attrito S_f per la sezione considerata, può essere espressa rispetto alla capacità di portata utilizzando l'equazione di Manning:

$$S_f = \left(\frac{Q_{TOT}}{K_{lob} + K_{ch} + K_{rob}} \right)^2 \quad (1.2.2.5)$$

La distribuzione della portata nelle diverse porzioni della sezione trasversale viene effettuata in base alla capacità di carico. Per il moto monodimensionale, le perdite di carico unitarie S_f devono essere identiche sia per il canali principale che per le aree esterne allo stesso.

Utilizzando l'equazione di Manning per la portata si ottiene:

$$Q_{rob} = \frac{K_{rob}}{K_{TOT}} \cdot Q_{TOT} \quad (1.2.2.6)$$

La relazione può essere utilizzata, in analogia matematica, per il canale di deflusso principale e l'area esterna allo stesso un sponda sinistra.

In condizioni di corrente lenta, il parametro α_2 viene calcolato alla sezione di monte tramite l'equazione (1.2.2.4). La media tra le perdite di carico unitarie S_f alle sezioni 1 e 2 viene utilizzata per determinare le perdite di carico totali lungo la distanza tra le due sezioni, secondo la relazione (1.2.2.2).

Se la distanza x è diversa per le distinte porzioni delle sezioni trasversali, ovvero le sezioni 1 e 2 sul piano orizzontale non siano parallele, si utilizza un valore medio L_Q determinato nel seguente modo:

$$L_Q = \frac{L_{lob} \cdot Q_{lob} + L_{ch} \cdot Q_{ch} + L_{rob} \cdot Q_{rob}}{Q_{TOT}} \quad (1.2.2.7)$$

in cui L_{lob} , L_{ch} e L_{rob} sono le distanze medie tra le sezioni 1 e 2 rispettivamente per il canale di deflusso principale e le aree golenali destra e sinistra.

Determinato il valore dei coefficienti di contrazione ed espansione è possibile ricavare il valore di h_0 dalla relazione (1.2.2.4).

Una volta ricavato il valore della quota idrometrica, viene eseguito il confronto con il valore ipotizzato inizialmente. Se la differenza è inferiore ad un valore ritenuto accettabile, la soluzione viene confermata, altrimenti si prosegue

iterativamente fino a che la differenza nel risultato tra i due step di calcolo successivi diviene piccola in maniera sufficiente da convalidarne il valore.

4.4 Modello matematico e condizioni al contorno

Il sistema di equazioni differenziali costituito dalle equazioni descritte ai paragrafi precedenti, è risolto numericamente con il metodo delle differenze finite (FDM).

Tale metodo si basa sull'approssimazione diretta delle equazioni differenziali ottenuta sostituendo alle derivate le differenze definite sul dominio del problema.

La soluzione del sistema derivante si consegue imponendo le condizioni iniziali e quelle al contorno.

Nel caso di studio di moto permanente le equazioni sulle quali è applicato il metodo di calcolo numerico sono l'equazione di moto (1.2.3.1) e l'equazione di continuità (1.2.3.2):

$$\frac{dE}{dx} = -J \quad (1.2.3.1)$$

$$\frac{dQ}{dx} = 0 \quad (1.2.3.2)$$

L'equazione del moto esprime un bilancio di tipo energetico in cui la variazione di energia specifica E della corrente è pari alle perdite continue derivanti dagli attriti interni dovuti agli strati a differenti velocità all'interno della massa fluida (J).

L'equazione di continuità esprime il bilancio tra le masse uscenti ed entranti da un tronco elementare di alveo di lunghezza infinitesima dx . Nelle correnti a pelo libero la densità del fluido è costante, pertanto il bilancio può essere espresso tramite masse o volumi.

In condizioni di moto permanente ed in assenza di portate laterali, l'equazione (1.2.3.2) può essere espressa come $Q = \text{cost}$.

Il programma HEC-RAS prevede l'utilizzo anche della equazione del momento così definita:

$$\sigma \cdot \xi + \frac{Q \cdot V}{g} = \text{cost}$$

dove σ è la sezione idraulica e ξ è l'affondamento della sezione idraulica.

L'equazione (1.2.3.1) è discretizzata e risolta con il metodo indicato all'inizio del paragrafo, seguendo l'ordine delle relazioni indicate nel paragrafo 1.2.2.

4.5 Dati di input delle simulazioni idraulica

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri di input al programma, i quali verranno quantificati, per ogni sezione studiata, nell'apposita sezione dedicata agli allegati:

Tabella 5 – Parametri di input nella simulazione idraulica

Parametro di input	Descrizione
-	Dati geometrici: profilo longitudinale, sezioni trasversali, distanza tra le sezioni, pendenza dei tratti considerati.
Q	Sub portate di progetto alle sezioni per ogni tempo di ritorno considerato (T=50, 100, 200, 500)
LOB	Coefficienti di scabrezza riva sinistra
ROB	Coefficienti di scabrezza riva destra
Channel	Coefficienti di scabrezza parte centrale
Cont/Exp	Coefficienti di contrazione ed espansione
Flow Regime	Regime di flusso (Subcritical/Supercritical/Mixed)

Le sezioni di calcolo, su cui si è proceduto a determinare i livelli idrometrici in condizioni di portate per tempi di ritorno a 50, 100, 200 e 500 anni, sono state elaborate sulla base del rilievo topografico effettuato in situ e del modello digitale del terreno con passo di campionamento pari a 1 metro.

In relazione alle condizioni di scabrezza delle superfici di scorrimento delle acque, si è fatto riferimento alle tabelle esistenti in letteratura tecnica, le quali riportano i valori dei coefficienti di Manning in funzione della tipologia degli alvei.

Nel caso in esame, date le condizioni riscontrate nel territorio del Comune di Sanluri, si è scelto di adottare un coefficiente di Manning pari a 0.040 (per l'intera sezione LOB, ROB, Channel) vista la presenza di una importante vegetazione nei tronchi critici studiati, irregolarità dell'alveo. (tabella - coefficienti di Manning per corsi d'acqua minori – Open Channel Hydraulics _Chow V. T., 1959).

I dati di input relativamente alle portate, calcolate secondo i criteri precedentemente descritti, sono riportati nella Tabella 11.

4.6 Dati di output delle simulazioni idrauliche

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri di output dal programma che sono rilevanti al fine del presente studio, i quali verranno anch'essi quantificati, per ogni sezione studiata, nell'apposita sezione dedicata agli allegati:

Tabella 6 – Parametri di output nella simulazione idraulica

Parametro di output	Descrizione
GROUND	Quota minima dell'alveo come quota di fondo
WS	Quota del pelo libero per ogni tempo di ritorno considerato (T=50, 100, 200, 500)
V	Velocità media in alveo
Bank Station	Punti quotati
	I coefficienti di Manning delle sezioni
	Il numero di Froude

L'involuppo delle quote dei livelli riportate planimetricamente, WS per i quattro tempi di ritorno ottenute dalla simulazione, ci ha consentito di individuare le superfici bagnate delimitando delle precise aree di pericolosità idraulica.

Il codice Hec Ras, mediante il comando Export Gis Data, produce file dati specifico per la rappresentazione planimetrica contenente tutte le informazioni necessarie per la mappatura delle aree per i quattro tempi di ritorno studiati.

I dati in output, sezioni, profili e tabelle, dal software HEC-RAS sono stati esportati e riportati nel fascicolo degli ALLEGATI in cui si mostrano i livelli idrometrici raggiunti per i tempi di ritorno considerati di 50, 100, 200 e 500 anni, per ciascun troco critico studiato.

SEZIONE 2 RISULTATI OTTENUTI ANALISI IDROLOGICA

5. BACINI IDROGRAFICI

5.1 Individuazione dei bacini idrografici

Lo studio di individuazione dei bacini è stato condotto con l'ausilio di sistemi GIS (Geographics Information System) e relativi applicativi i quali permettono di utilizzare speciali funzioni spaziali e di calcolo dedicate alla risoluzione di problemi idrologici.

La caratterizzazione fisiografica delle aste fluviali e dei bacini individuati viene eseguita con il supporto del sistema Temporal Analyst, operante in ambiente GIS, strumento per la valutazione dei dati geografici, fisiografici e morfometrici e per la gestione su GIS delle informazioni, orientato principalmente all'idrologia.

Le principali basi dati utilizzate sono le seguenti:

- DEM (passo 1 m);
- CTR 1 : 10.000;

Le procedure di individuazione dei bacini idrografici, sono state eseguite sulla base del modello digitale del terreno con passo di campionamento pari a 1 metro. Nello specifico, per ciascun bacino individuato, sono state valutate le seguenti grandezze:

- superficie del bacino (S [kmq]): la superficie è calcolata automaticamente attraverso sulla base del DEM, in relazione alla poligonale chiusa che individua ciascun singolo bacino idrografico;
- altitudine massima (H_{max} - [m s.l.m.]), altitudine media (H_{media} - [m s.l.m.]), altitudine minima/altitudine sezione di chiusura - (H_{min} - [m s.l.m.]) calcolata automaticamente dalla base del DEM, come risultato di un'analisi di tipo statistico (valore medio, minimo e massimo) delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico);
- pendenza media del bacino (i_b - [%]) calcolata automaticamente dalla base del DEM, come risultato dell'analisi delle pendenze medie delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico;
- lunghezza dell'asta (L_{max} - [km]) calcolata automaticamente sulla base della lunghezza dei segmenti rappresentanti i corsi d'acqua digitalizzati;
- pendenza media dell'asta (i_m - [m/m]) calcolata automaticamente su foglio di calcolo Excel utilizzando il dato di lunghezza dell'asta precedentemente calcolato e le coordinate plano-altimetriche dei punti di inizio e fine dei segmenti digitalizzati rappresentanti le aste.

In una prima fase sono stati individuati tutti i bacini idrografici ricadenti nel territorio del Comune di Sanluri (Figura 4) e successivamente lo studio di dettaglio ha riguardato bacini idrografici del territorio in corrispondenza del centro urbano (Figura 5) e delle aree limitrofe. Nello specifico è stata individuata un'area di studio urbana che interessa una porzione dei bacini idrografici identificati con codice 218, 210 e 190 drenanti sul centro abitato e nelle zone limitrofe del centro urbano in cui è stato effettuato uno studio di dettaglio alla scala del piano urbanistico comunale (1:2000).

Il naturale reticolo idrografico è stato modificato a seguito degli interventi di urbanizzazione realizzati prevalentemente negli anni passati come mostrato dalla intubazione del tratto del Gora Predi Sanna attraversante il centro urbano.

I bacini individuati con gli applicativi gis sono indicati in figura 4.

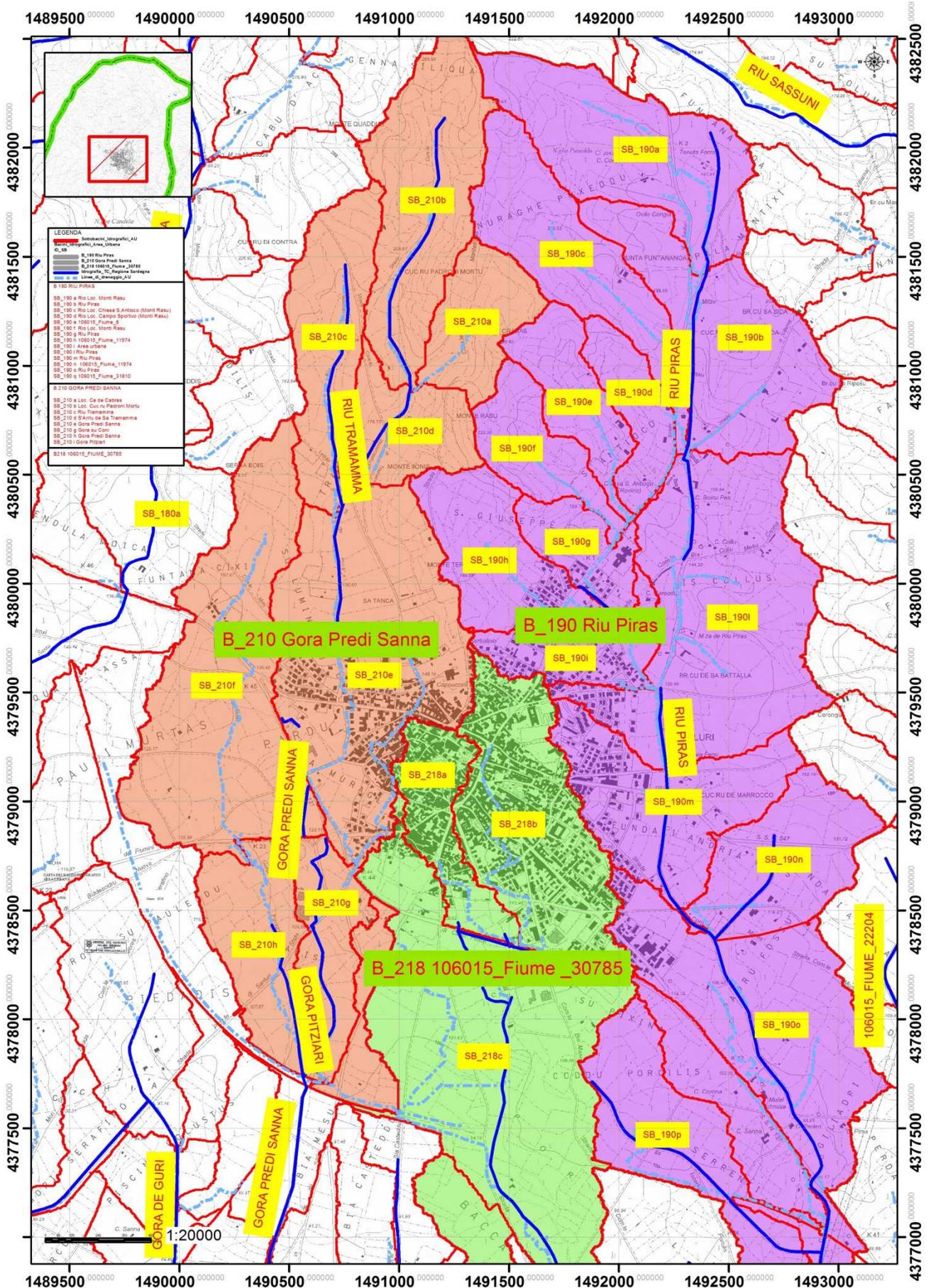


Figura 5. Bacini idrografici e relativi sottobacini in ambito urbano.

5.2 Definizione delle sezioni di controllo

Le sezioni di calcolo, su cui si è proceduto a determinare i livelli idrometrici in condizioni di portate per tempi di ritorno a 50, 100, 200 e 500 anni, sono state elaborate sulla base del modello digitale del terreno con passo di campionamento pari a 1 metro, del territorio comunale. Sulle aste fluviali situate nelle immediate vicinanze a recettori sensibili, e compatibilmente con la cartografia topografica consultata, è stato possibile tracciare le sezioni alla scala del Piano Urbanistico Comunale 1:2.000.

5.3 Caratteristiche dei bacini idrografici individuati nel territorio Comunale di Sanluri

Nel territorio del Comune di Sanluri sono stati individuati n. 27 bacini idrografici; di questi solamente 11 sono stati oggetto nel presente studio; le caratteristiche morfometriche dei bacini sono riportate in tabella 7. I bacini denominati B190 (Riu Piras), B210 (Gora Predi Sanna) e B218 (106015_Fiume) interessano il centro urbano.

Tabella 7 - tabella dati morfometrici di riepilogo bacini idrografici

DATI MORFOLOGICI E IDROLOGICI BACINI IDROGRAFICI											
Bacino GridID		Area Bacino Ab	H_min altitudine minima del bacino m slm	H_max Altitudine max del bacino m slm	H_media altitudine media del bacino m slm	I _b Pendenza media bacino	I _m Pendenza media asta principale	L		Hsez Altezza sezione di chiusura	CN(III)
								Lunghezza asta fluviale principale			
		[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]	[km]	[m]	
168	Riu Masoni Nostu	14,41	68,10	371,97	165,63	9,31	9,61	11900,26	11,90	69,05	84
179	Riu Sassuni	3,58	98,53	293,99	175,84	12,48	9,73	5875,26	5,88	98,53	84
181	Riu Acqua Sassa	7,64	68,80	295,03	157,30	8,39	6,08	10289,42	10,29	69,08	84
190	Riu Piras	7,27	70,43	263,60	148,41	10,53	1,87	6520,96	6,52	70,54	86
210	Gora Predi Sanna	8,87	59,36	274,13	119,82	4,63	5,88	9344,50	9,34	59,37	85
218	106015_Fiume	5,31	65,00	175,80	98,78	2,66	1,91	6043,43	6,04	66,66	88
219	Canale Acque Alte Sanluri	3,55	55,19	116,32	73,59	1,70	0,64	7325,75	7,33	56,80	84
222	Canale S'Acqua Durcia	3,09	52,84	97,16	64,89	1,43	1,12	8674,27	8,67	53,06	82
236	Canale Acque Alte Sanluri	2,10	48,04	78,05	58,40	1,66	1,65	6434,38	6,43	50,09	83
248	Canale Acque Alte Villacidro	6,80	49,01	115,36	65,94	1,52	2,46	9517,06	9,52	50,07	82
252	Canale collettore basso	5,26	49,37	67,02	54,49	1,16	1,31	4816,03	4,82	49,98	83

Nel presente studio sono stati osservati i risultati delle indagini conoscitive svolte sui corsi d'acqua principali e secondari appartenenti al Sub Bacino 7 - Flumendosa Campidano Cixerri del PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF) in cui ricade il territorio del Comune di Sanluri. Si è osservato che nessuno dei corsi d'acqua del Comune di Sanluri è stato precedentemente oggetto di studio nel PSFF mentre per ciò che riguarda il PAI sono presenti delle perimetrazioni

introdotta dalla **DELIBERAZIONE DEL COMITATO ISTITUZIONALE N.1 DEL 31.01.2014** sono stata approvata la cartografia riportante le aree allagate, trasmesse dai Comuni interessati, a seguito dell'evento calamitoso "Cleopatra" e contestualmente applicare nelle predette aree allagate, quale misura cautelare per quanto sopra considerato, le misure di salvaguardia di cui agli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e 27 delle N.A. del PAI a decorrere dalla data di pubblicazione della presente sul BURAS.

Successivamente con **DELIBERAZIONE N. 2 DEL 15 MARZO 2016** è stato approvato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna con i rispettivi elaborati. Si precisa che le perimetrazioni in formato shp scaricabili, nel sito della Regione Sardegna, riportano le aree aggiornate a Dicembre 2016, pertanto superano le mappe in formato pdf scaricabili dallo stesso sito.

Nelle tavole ID_08A e ID_08B, in scala 1:10.000, del presente studio sono indicate le aree di pericolosità idraulica tuttora vigenti.

5.4 Caratteristiche dei bacini idrografici e sottobacini individuati nell'area urbana del Comune di Sanluri

L'individuazione dei bacini dell'area urbana ed in particolare dei sottobacini è risultata di notevole difficoltà per le indeterminazioni dovute al particolare contesto entro il quale lo studio si articola; nello specifico si è operato come segue:

- Per ogni uno dei tre bacini dell'area urbana, con l'ausilio di sistemi GIS, si sono tracciati i corrispondenti sottobacini Figure 6, 7 e 8;
- Di ogni uno dei sottobacini appartenente al rispettivo bacino (sistema omogeneo), si valuta se assumere la similitudine idrologica tra il sottobacino e il bacino che lo contiene; in caso affermativo si sono valutate in modo speditivo le portate defluenti con il metodo del contributo unitario; ottenute dividendo la portata calcolata alla sezione di chiusura del bacino principale per la relativa area e moltiplicando il contributo unitario $[m^3/s \cdot km^2]$ per l'area del sottobacino considerato. Nel caso in cui si è ritenuto di non assumere la similitudine idrologica tra il sottobacino e il bacino che lo contiene si sono calcolate le portate con il metodo indiretto illustrato nei paragrafi precedenti.

In riferimento alla tavola ID_02 e tavola ID_03 (carta dei bacini idrografici in ambito urbano) in cui sono osservabili i sottobacini drenanti un'assegnata superficie per i quali la valutazione di massima piena, per un assegnato tempo di ritorno, in corrispondenza della sezione di chiusura individuata è stata effettuata con metodi diversi a seconda delle caratteristiche del sottobacino appartenente al sistema omogeneo e incluso nel bacino di riferimento. Nelle tabelle 6,7,8, sono riportati i sottobacini appartenenti ai bacini drenanti su centro abitato e nella colonna delle note è indicata la metodologia utilizzata per il calcolo della portata di massima piena.

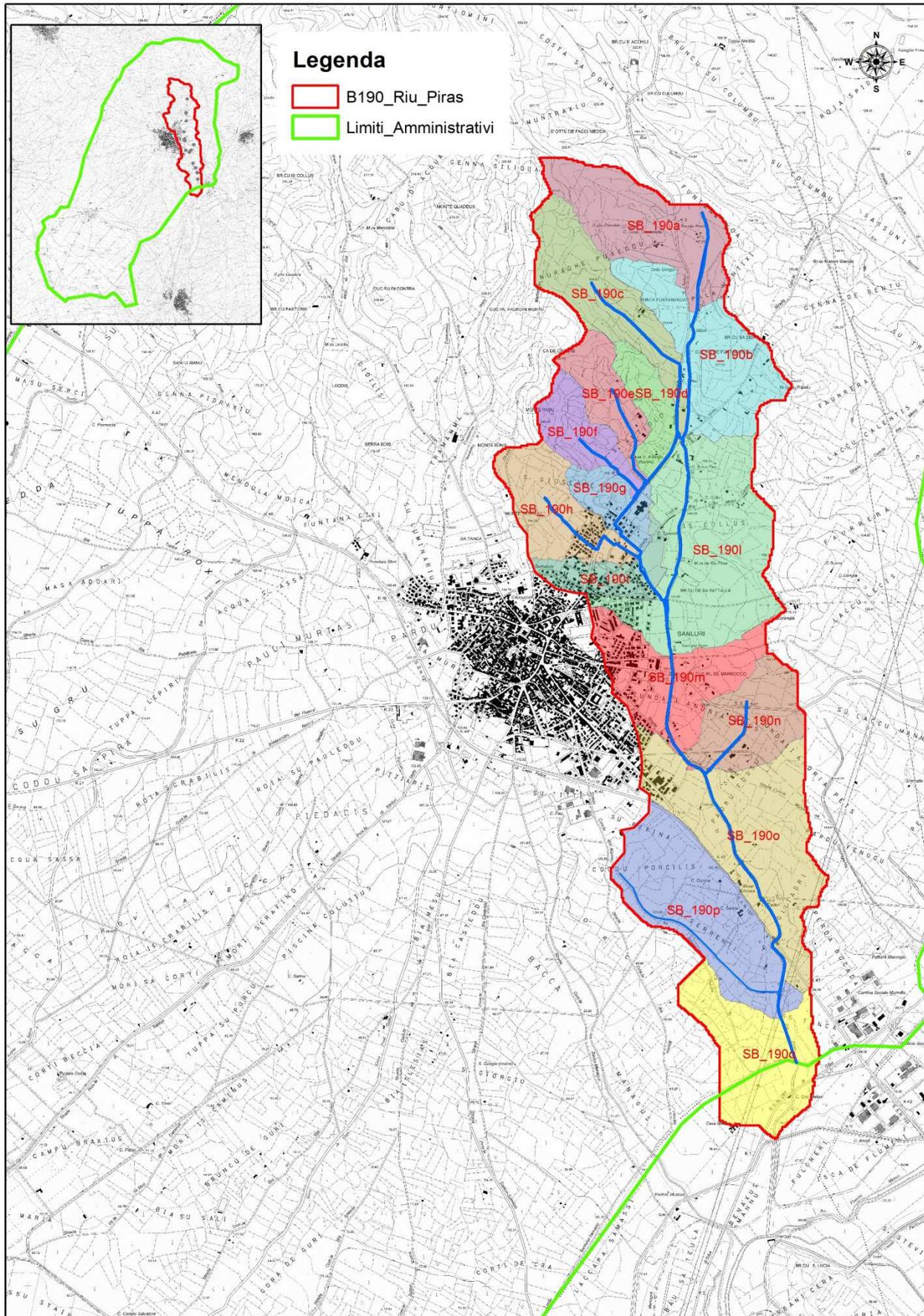


Figura 6. Bacini idrografico B190 (Riu Piras) e relativi sottobacini in ambito urbano.

Tabella 8 - tabella dati di riepilogo sottobacini del bacino idrografico B190 (Riu Piras) e relative note indicative relative alle metodologie di calcolo delle portate.

Bacino GridID	Elemento idrico	Sottobacino	Area	H_min	H_max	H_media	I _b	I _m	L	Hsez	CN	Note calcolo portate
			Bacino Ab	altitudine minima del bacino m slm	Altitudine max del bacino m slm	altitudine media del bacino m slm	Pendenza media bacino	Pendenza media asta principale	Lunghezza asta fluviale principale	Altezza sezione di chiusura		
			[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[km]	[m]		
BACINO B190 RIU PIRAS	Riu Piras	SB190_a	0,58	175,17	263,58	209,04	11,72	2,70	0,65	175,17	84	Contributo unitario
	Riu Piras	SB190_b	0,59	154,96	220,81	186,49	12,66	2,05	0,99	154,49	84	Contributo unitario
	Affluente	SB190_c	0,49	154,16	263,60	209,11	16,09	3,10	1,57	154,16	84	Contributo unitario
	Affluente	SB190_d	0,19	151,77	221,85	175,99	13,66	9,73	0,69	151,35	85	Contributo unitario
	Affluente	SB190_e	0,23	151,80	236,28	192,55	16,94	11,82	0,86	151,35	82	Contributo unitario
	Affluente	SB190_f	0,23	149	224,97	190,35	15,30	5,06	0,71	149,00	84	Formula razionale
	Affluente	SB190_g	0,18	137,89	204,35	155,61	12,09	2,14	0,519	137,89	91	Formula razionale
	Affluente	SB190_h	0,39	136,98	214,836	168,90	11,92	2,94	0,884	136,98	90	Formula razionale
	Affluente	SB190_i	0,21	129,90	178,628	146,52	9,27	2,44	0,458	129,90	96	Formula razionale
	Riu Piras	SB190_l	1,02	121,23	199,662	149,74	9,71	2,35	1,234	121,18	85	Formula razionale
	Riu Piras	SB190_m	0,53	107,05	172,599	131,19	9,47	1,70	0,88	107,05	89	Formula razionale
	Riu Piras	SB190_n	0,38	107,70	163,27	125,81	8,56	3,13	0,579	107,33	83	Formula razionale
	Riu Piras	SB190_o	0,92	85,4	130,717	109,10	7,72	1,47	1,617	85,388	86	Formula razionale
	Affluente	SB190_p	0,75	81,43	120,00	103,43	6,80	1,19	1,54	85	85	Contributo unitario
	Riu Piras	SB190_q	0,57	70,41	99,66	84,79	6,47	1,40	0,88	71	84	Contributo unitario

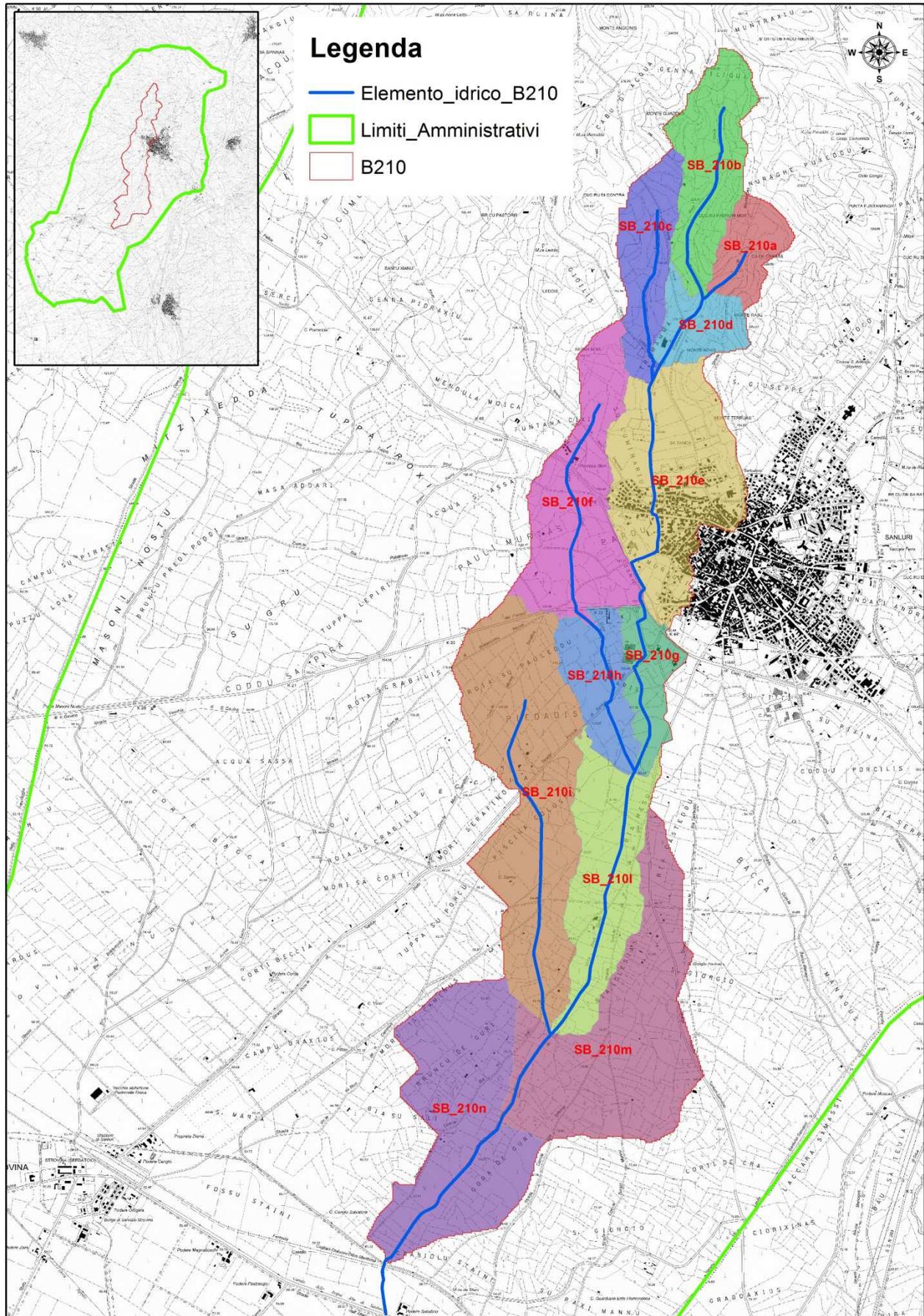


Figura 7. Bacini idrografico B210 (Gora Predi Sanna) e relativi sottobacini in ambito urbano.

Tabella 9 - tabella dati di riepilogo sottobacini del bacino idrografico B210 (Gora Predi Sanna) e relative note indicative relative alle metodologie di calcolo delle portate.

Bacino	Elemento idrico	Sottobacino	Area Bacino	H_min	H_max	H_media	I _b	I _m	L	Hsez	CN	Note calcolo portate
			Ab	altitudine minima del bacino m slm	Altitudine max del bacino m slm	altitudine media del bacino m slm	Pendenza media bacino	Pendenza media asta principale	Lunghezza asta fluviale principale	Altezza sezione di chiusura		
			[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[km]	[m]		
B210 GORA PREDI SANNA	Affluente	SB210_a	0,25	179,44	241,10	213,34	17,59	3,70	0,51	179,38	85	Contributo unitario
	S ARRIU DE SA TRAMAMMA	SB210_b	0,58	179,42	276,05	228,98	16,16	3,97	1,46	179,38	85	Contributo unitario
	RIU TRAMAMMA	SB210_c	0,42	155,34	256,34	194,30	10,98	3,83	1,40	155,37	83	Contributo unitario
	S ARRIU DE SA TRAMAMMA	SB210_d	0,25	155,34	224,72	185,58	14,82	2,70	0,88	155,37	84	Contributo unitario
	GORA PREDI SANNA	SB210_e	1,05	114,62	200,684	149,04	10,44	1,95	1,231	114,62	93	Formula razionale
	GORA CONI	SB210_f	0,87	113,35	178,99-	137,61	7,10	2,76	1,56	114	85	Contributo unitario
	GORA PREDI SANNA	SB210_g	0,27	97,87	122,31	110,71	7,70	2,07	1,66	97,87	89	Formula razionale
	GORA PITZIARI	SB210_h	0,38	97,01	121,306	110,25	5,87	1,47	1,113	97,01	84	Formula razionale
	GORA DE GURI	SB210_i	1,49	74,09	124,93	98,93	6,63	1,45	2,312	73,96	85	Contributo unitario
	GORA PREDI SANNA	SB210_l	0,74	73,68	110,38	91,55	6,01	1,28	1,87	74	85	Contributo unitario
	GORA DE GURI	SB210_m	1,35	65,87	99,12	81,42	4,91	1,31	0,69	65,87	85	Contributo unitario
	GORA DE GURI	SB210_n	1,21	53,81	8385	67,91	4,54	0,99	1,57	53,81	85	Contributo unitario

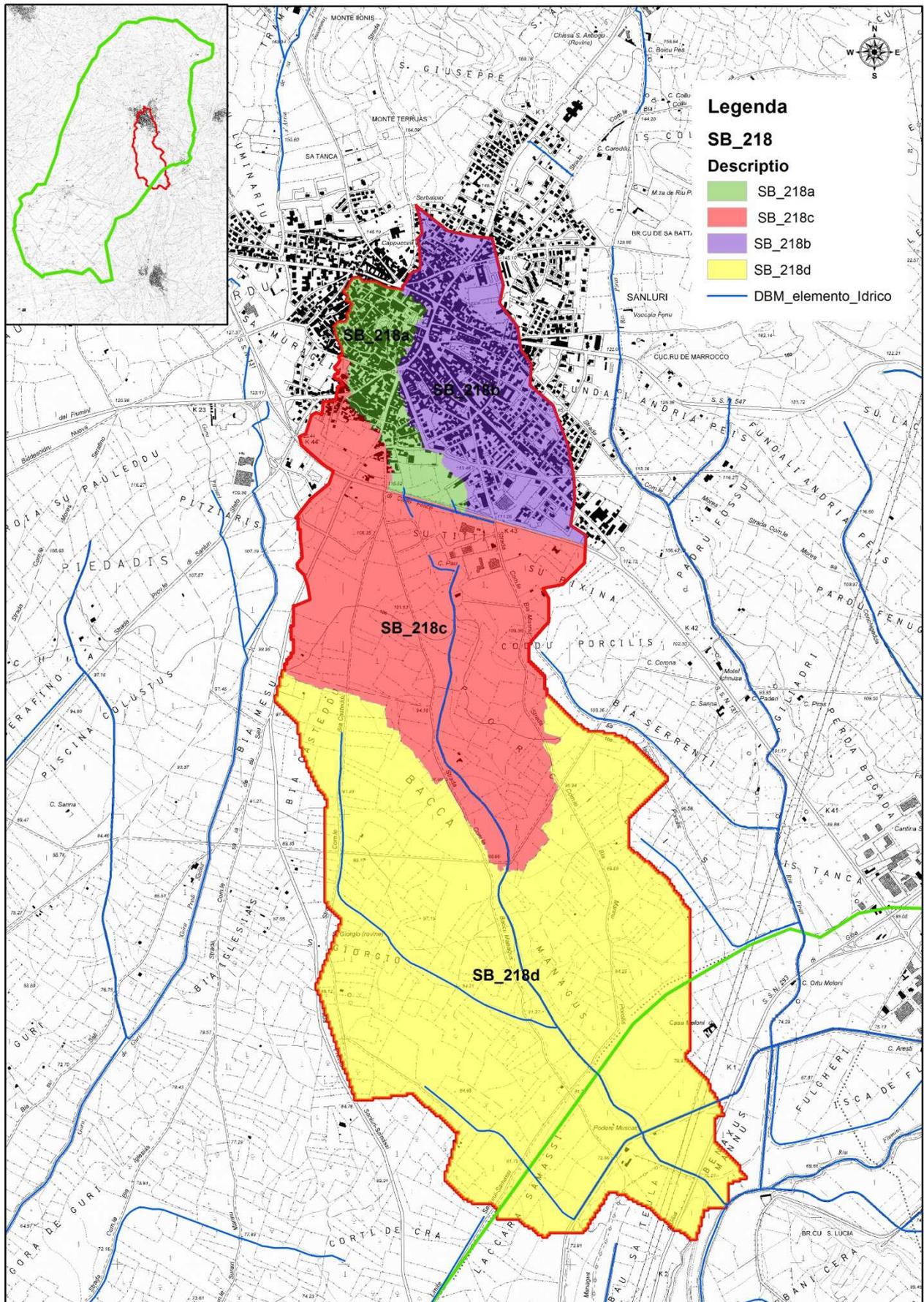


Figura 8. Bacini idrografico B218 (106015_Fiume) e relativi sottobacini in ambito urbano.

Tabella 10 - tabella dati di riepilogo sottobacini del bacino idrografico B218 (106015_Fiume) e relative note indicative relative alle metodologie di calcolo delle portate.

Bacino	Elemento idrico	Sottobacino	Area Bacino	H _{min}	H _{max}	H _{media}	I _b	I _m	L	Hsez	CN	Note calcolo portate
			Ab	altitudine minima del bacino m slm	Altitudine max del bacino m slm	altitudine media del bacino m slm	Pendenza media bacino	Pendenza media asta principale	Lunghezza asta fluviale principale	Altezza sezione di chiusura		
			[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[km]	[m]		
B218 106015_FIUME	106015_Fiume 6	SB218_a	0,25	109,28	143,742	123,79	7,56	0,89	0,782	109,281	98	Formula razionale
	106015_Fiume 6	SB218_b	0,66	109,00	177,59	127,63	9,01	1,56	1,560	108,458	99	Formula razionale
	106015_FIUME_30785	SB218_c	1,44	88,57	127,373	104,90	7,06	1,28	1,446	88,78	91	Formula razionale
	106015_FIUME_30785	SB218_d	2,96	65,30	109,929	86,93	5,90	1,11	1,893	65,122	83	Formula razionale

5.5 Calcolo del parametro di assorbimento CN III dei bacini idrografici del territorio Comunale

Per la valutazione del CN Curve Number, si è fatto riferimento alla metodologia riportata nel paragrafo 3.9 della presente relazione ed impiegata nelle elaborazioni condotte nell'ambito dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF) del PSFF-PAI della Autorità di Bacino della Sardegna. Nelle pagine a seguire viene riportato uno stralcio delle mappe del CN in base all'uso del suolo, del Δ CN in base della geologia, realizzate utilizzando una maglia di risoluzione avente passo pari a 5 metri e a finire una tabella che riepiloga i valori calcolati per ogni bacino considerato.

I valori del parametro di assorbimento CN, vengono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo Figura 9, la litologia e la permeabilità a disposizione (Δ CN) Figura 10.

Attraverso l'impiego di applicativi GIS è stato possibile determinare per ciascun sottobacino il valore corrispondente del CN II equivalente a condizioni di umidità del suolo, antecedenti l'evento meteorico, medie.

Determinati i valori del CN II si è valutato il corrispondente valore per condizioni di suolo umido (CNIII) secondo l'espressione riportata nel paragrafo 3.9. I valori del CNIII ottenuti per i bacini idrografici drenanti nel territorio Comunale di Sanluri sono riportati nella tabella 9 che segue:

Tabella 11 - valori di CN e relative correzioni per i bacini considerati

Codice Bacino	CN	Δ CN	CN(II)	CN(III)
168	61.3856	9.09075	70	84
179	62.402	7.56615	70	84
181	61.2613	8.8741	70	84
190	63.9517	7.88554	72	86
210	62.9555	7.94724	71	85
218	67.9814	8.02374	76	88
219	61.9734	7.83583	70	84
222	59.9292	5.64618	66	82
236	60.7013	6.40072	67	83
248	60.4512	6.03784	66	82
252	60.378	6.33557	67	83

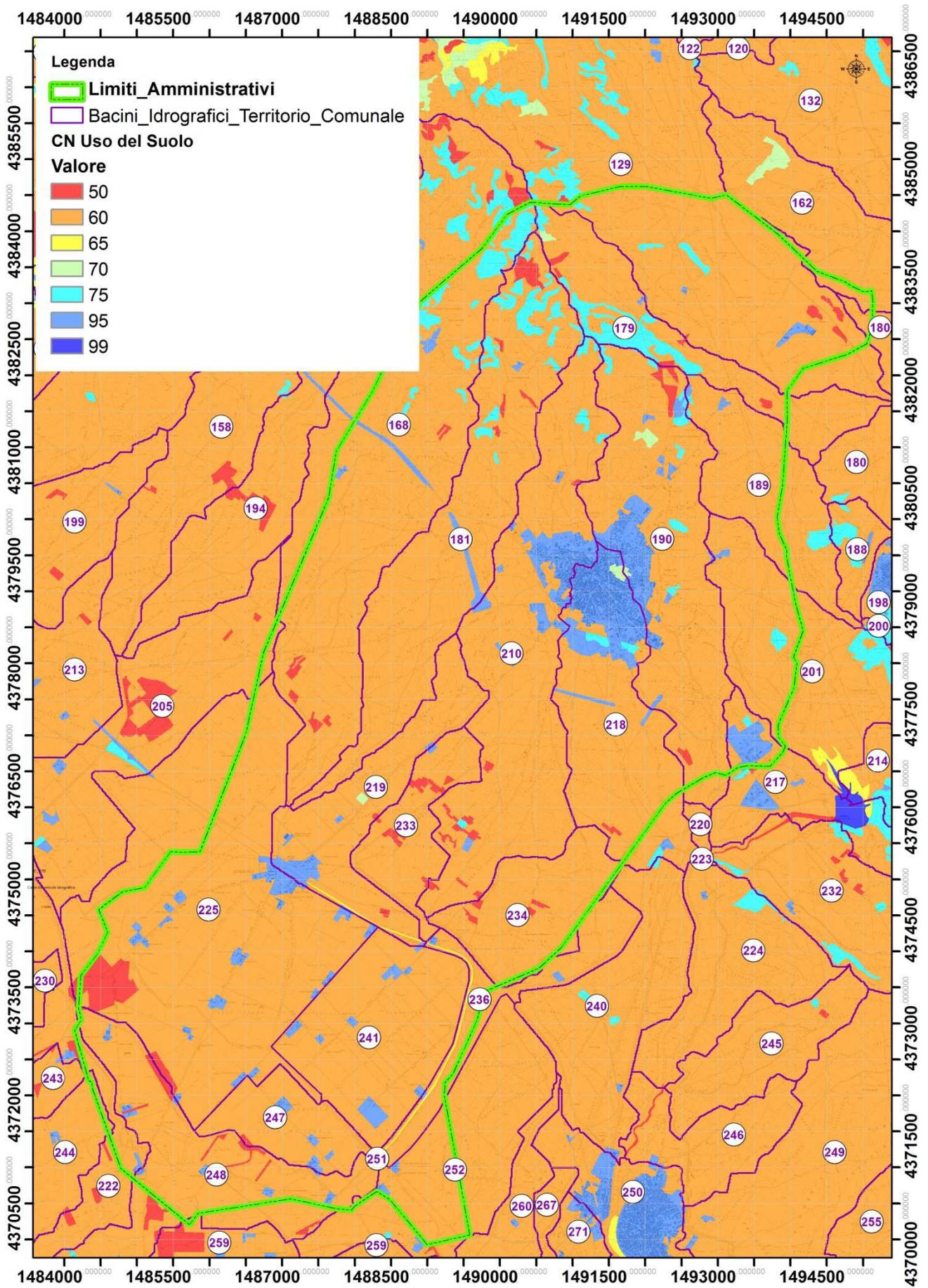


Figura 9 - Valori del CN per uso del suolo

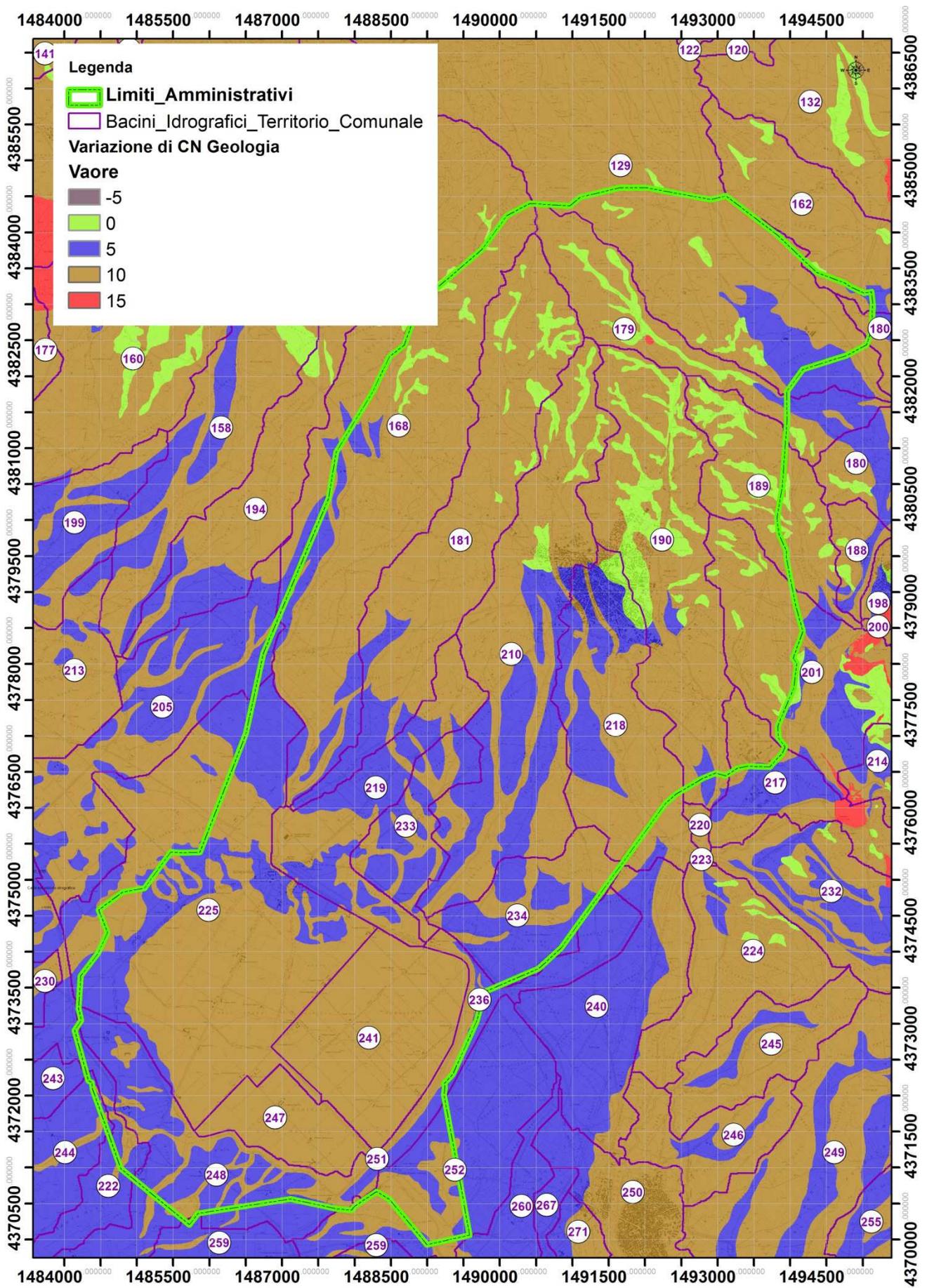


Figura 10. Valori di correzione del CN per la geologia

5.6 Calcolo del parametro di assorbimento CN III dei sottobacini idrografici area urbana

Per la valutazione del CN Curve Number, nell'area urbana si è fatto riferimento, come nel paragrafo 4.5, alla metodologia riportata nel paragrafo 3.9 della presente relazione ed impiegata nelle elaborazioni condotte nell'ambito dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF) del PSFF-PAI della Autorità di Bacino della Sardegna.

Nel centro abitato di Sanluri ricadono i bacini del Riu Piras (B190), dell'elemento idrico denominato Gora Predi Sanna (B210) e dell'elemento idrico 106015_Fiume 30785 (B218); sono stati individuati i relativi sottobacini ed eseguito uno studio di dettaglio. In figura 11 sono riportati i valori del CN per l'uso del suolo, in figura 12 i valori di correzione Δ CN per la geologia; entrambi per l'area urbana.

I valori del CNIII ottenuti per i sottobacini idrografici drenanti nel centro abitato di Sanluri sono riportati nella tabella 10 che segue:

Tabella 12 - valori di CN e relative correzioni per i sottobacini del centro urbano considerati

Codice Bacino	Codice Sottobacino	CN	Δ CN	CN(II)	CN(III)
B190 RIU PIRAS	SB190_a	61.77820	7.16334	68.94154	83.77196
	SB190_b	62.28400	7.75159	70.03559	84.46135
	SB190_c	61.93460	8.05430	69.98890	84.43214
	SB190_d	64.07090	7.09153	71.16243	85.16064
	SB190_e	60.01500	6.23982	66.25482	82.03382
	SB190_f	60.69640	8.14179	68.83819	83.70630
	SB190_g	77.87730	2.65211	80.52941	90.58247
	SB190_h	69.84230	8.95115	78.79345	89.62737
	SB190_i	85.68400	5.85432	91.53832	96.17709
	SB190_l	62.80380	7.53667	70.34047	84.65161
	SB190_m	73.32620	5.09488	78.42108	89.41969
	SB190_n	60.00000	8.15287	68.15287	83.26848
	SB190_o	62.62230	9.45123	72.07353	85.71823
	SB190_p	61.71260	10.00000	71.71260	85.49817
SB190_q	59.581966	8.740644	68.32261	83.37731	
B210 GORA PREDI SANNA	SB210_a	61.11540	7.79907	68.91447	83.75477
	SB210_b	61.74010	7.54284	69.28294	83.98820
	SB210_c	60.00000	8.22633	68.22633	83.31561
	SB210_d	61.31400	8.07160	69.38560	84.05303
	SB210_e	74.65350	7.42252	82.07602	92.95137
	SB210_f	61.86150	9.20828	71.06978	85.10355
	SB210_g	69.79340	7.73646	77.52986	88.91853
	SB210_h	61.48480	8.51587	70.00067	84.43950
	SB210_i	61.11540	7.79907	68.91447	83.75477
	SB210_l	60.023689	6.567503	66.591192	82.25504
	SB210_m	60	8.079404	68.079404	83.2213
	SB210_n	59.864693	7.613306	67.477999	82.83325
B218 106015 FIUME	SB218_a	90.28910	6.04372	96.33282	98.38945
	SB218_b	92.96050	4.15060	97.11110	98.73698
	SB218_c	60.00000	10.00000	70.00000	84.43908
	SB218_d	60.457588	8.887458	69.345046	84.02743

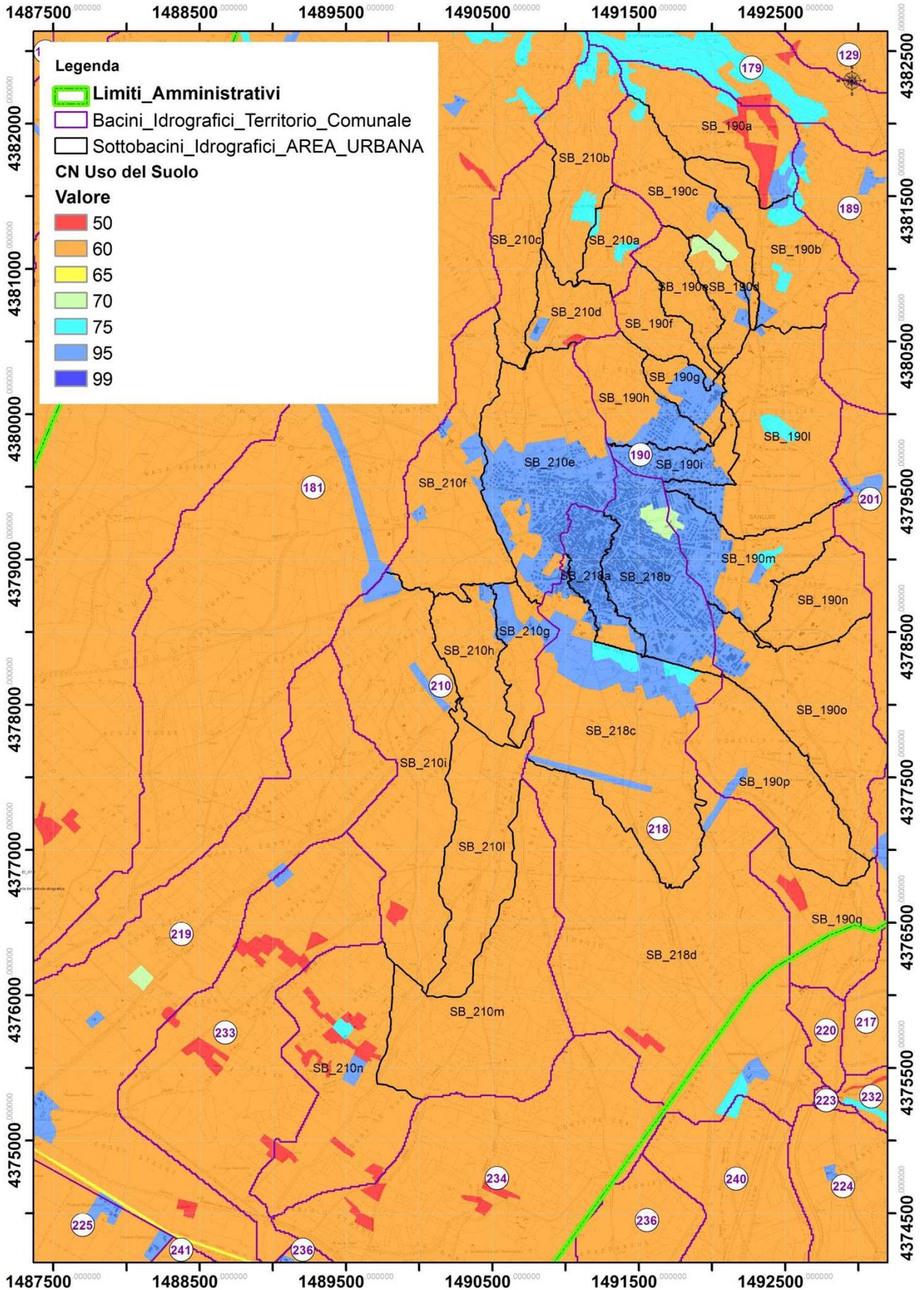


Figura 11 - Valori del CN per uso del suolo nell'area urbana

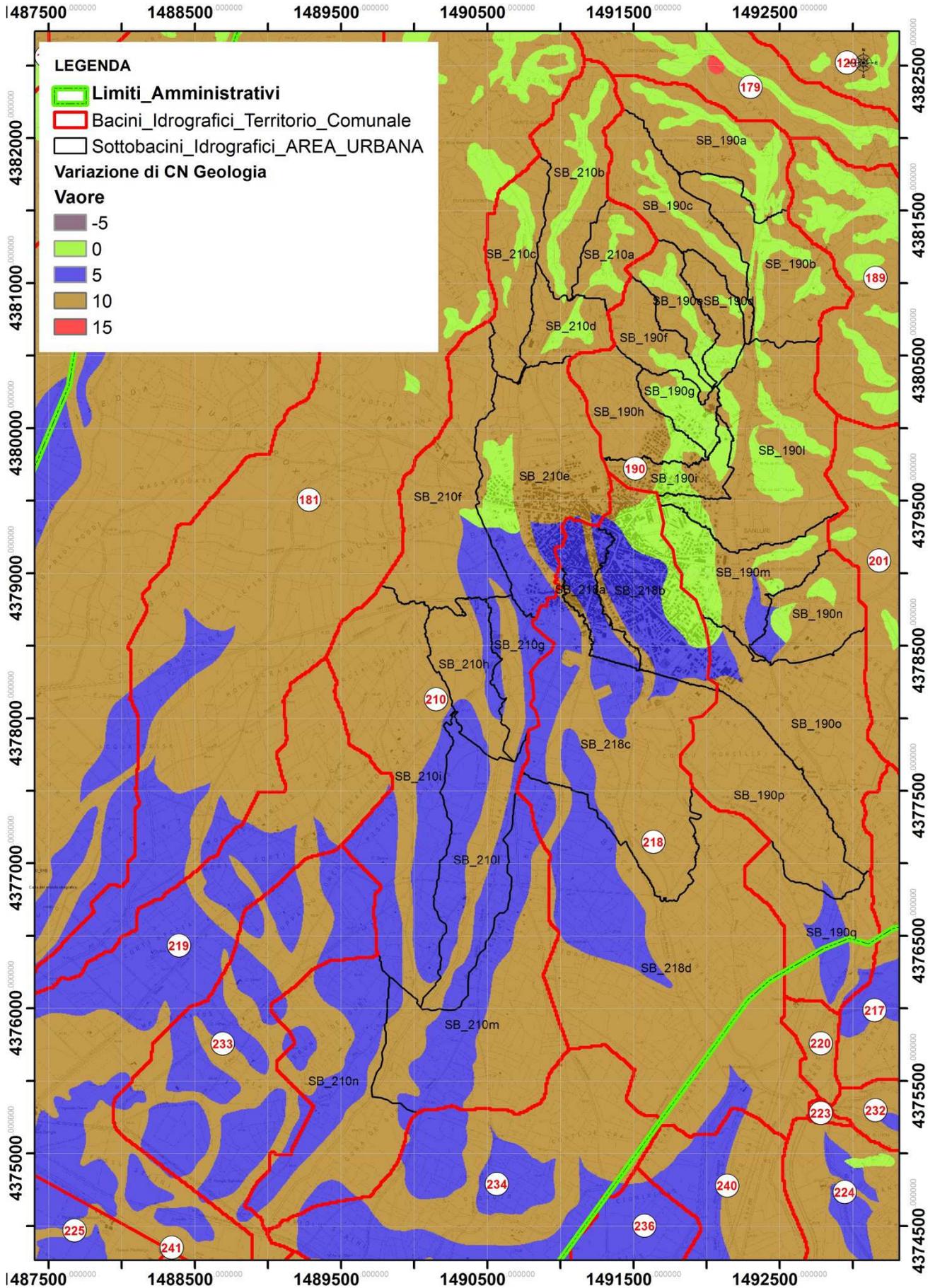


Figura 12. Valori di correzione del CN per la geologia nell'area urbana

RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

6. TEMPI DI CORRIVAZIONE E ASSORBIMENTO

6.1 Calcolo del tempo di corrivazione Tc

In bibliografia sono presenti numerosi metodi di calcolo per i tempi di corrivazione, parametro fondamentale per la successiva elaborazione dei valori delle portate fluviali.

La stima del tempo di corrivazione è stata effettuata attraverso diverse formulazioni in base alla dimensione del bacino; per affinare il calcolo ed ottenere un valore più idoneo, i tempi di corrivazione dei bacini con estensione minore o uguale ad 1km² sono stati ottenuti dalla media dei valori calcolati tramite il metodo di Kirpich e Viparelli. Per quelli di estensione superiore, ai precedenti, si è scelto di utilizzare il valore minimo ottenuto tra Giandotti, Ventura, Pasini e SCS; il Tc min. è stato quello utilizzato nei calcoli delle portate.

I valori dei Tc calcolati ed utilizzati sono riportati negli allegati fuori testo, alla presente relazione, riferiti a ciascun bacino studiato :

- ALLEGATO 1 (B168 _RIU MASONI NOSTU): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 2 (B190 – RIU PIRAS; B218 – FIUME 106015): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 3 (B179 – RIU SASSUNI; B219 – CANALE ACQUE ALTE SANLURI): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 4 (B222-Canale S'Acqua Durcia; B248 – CANALE ACQUE ALTE VILLACIDRO; B181 – RIU ACQUA SASSA; B179 – RIU SASSUNI; B219 – CANALE ACQUE ALTE SANLURI): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 5 (B252 – CANALE COLLETTORE BASSO; B236 – CANALE ACQUE ALTE SANLURI; B210 – GORA PREDI SANNA): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.

7. CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

7.1 Premessa

Come precedentemente indicato, la distribuzione delle precipitazioni è stata studiata tramite il modello statistico TECV al 1° e 2° livello di regionalizzazione. La sottozona omogenea a cui compete il territorio esaminato, è la seconda, come si evince dalla tabella regionale delle sotto zone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna, a cui corrispondono i parametri del modello TCEV (Deidda ed. al., 1993). Il parametro della pioggia giornaliera è stato ricavato dalla carta della Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n. 9 dell'Università di Cagliari, 1997). Figura 13 a cui corrispondono i valori numerici n_1 e a_1 indicati in figura 14.

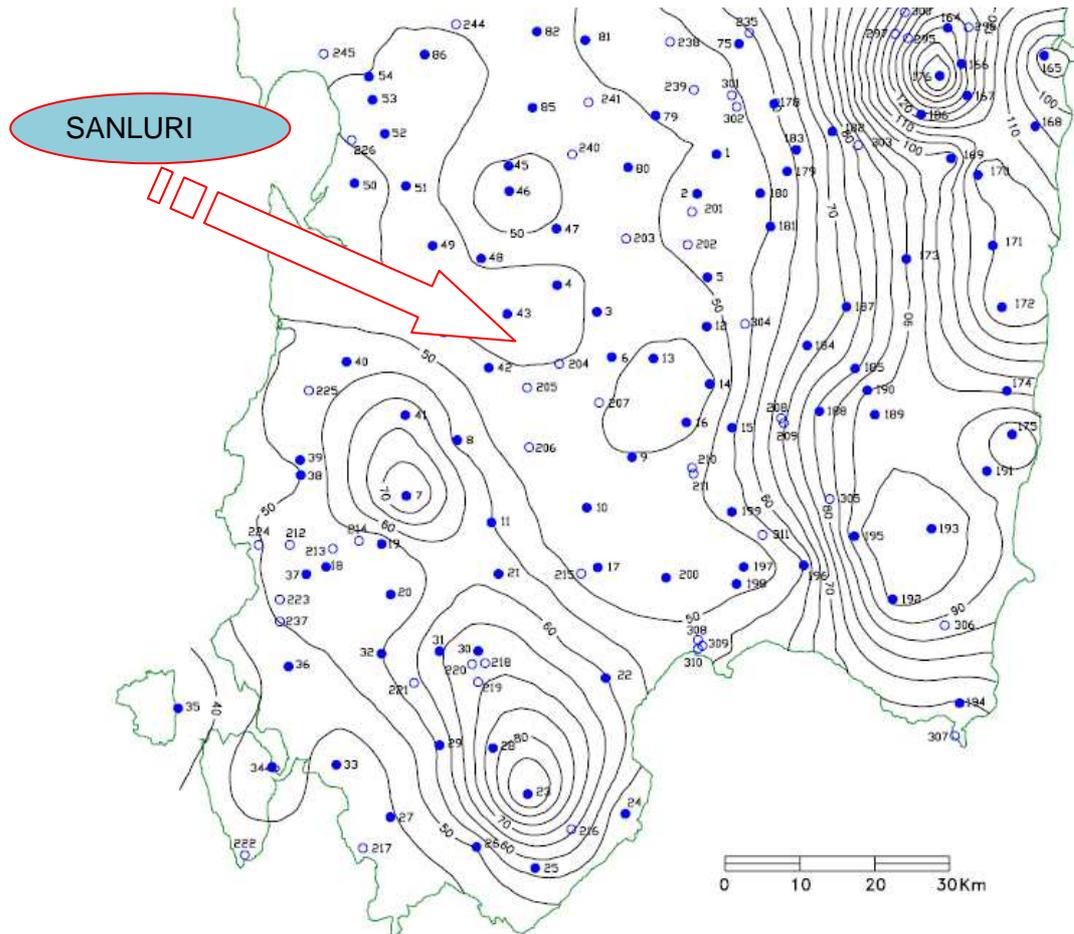


Figura 13. Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n. 9 dell'Università di Cagliari, 1997).

Località:	SANLURI – Provincia VS
Sottozona omogenea (SZO):	2
μ_g [mm]	45
n_1 =	0,2939
a_1 =	19,9570

Figura 14. Sottozona omogenea, pioggia indice giornaliera e parametri n_1 e a_1

8. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA AI PUNTI CHIUSURA DEI BACINI

8.1 Criterio di calcolo

Si è proceduto al calcolo delle portate di piena per i tempi di ritorno di 50, 100, 200, e 500 anni, per ogni bacino idrografico considerato.

Il metodo seguito è quello ampiamente descritto ai capitoli precedenti, a cui si rimanda per ogni eventuale chiarimento.

Le portate di piena calcolate al colmo sono riassunte nella tabelle seguenti.

Nelle colonne indicate, in corrispondenza di ogni bacino, sono stati riportati i seguenti valori:

- Tempo di ritorno, in anni T_r [anni];
- Tempo di pioggia lorda in ore τ [h];
- Coefficiente di ragguaglio, adimensionale $r(\tau, A_b)$;
- Altezza di pioggia lorda ragguagliata in millimetri $h_{l,r}$ [mm];
- Intensità media di pioggia lorda in millimetri orari $i_{l,r}$ [mm/h];
- Tempo di colmata dei volumi di perdita iniziale in ore t_f [h];
- Tempo di pioggia lorda espresso come somma del tempo di corrivazione e del tempo di colmata dei volumi di perdita iniziale, in ore $\tau = (t_c + t_f)$ [h];
- Altezza di pioggia netta e ragguagliata in millimetri $h_{n,r}$ [mm];
- Intensità di pioggia netta e ragguagliata, in millimetri orari $i_{n,r}$ [mm/h];
- Portata di piena in metri cubi al secondo Q_c [mc/s].

I valori delle portate calcolate per i quattro tempi di ritorno (50, 100, 200 e 500 anni) sono riportati negli allegati fuori testo, alla presente relazione, riferiti a ciascun bacino studiato :

- ALLEGATO 1 (B168 _RIU MASONI NOSTU): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 2 (B190 – RIU PIRAS; B218 – FIUME 106015): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 3 (B179 – RIU SASSUNI; B219 – CANALE ACQUE ALTE SANLURI): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 4 (B222-Canale S'Acqua Durcia, B248 – CANALE ACQUE ALTE VILLACIDRO; B181 – RIU ACQUA SASSA; B179 – RIU SASSUNI; B219 – CANALE ACQUE ALTE SANLURI): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.
- ALLEGATO 5 (B252 – CANALE COLLETTORE BASSO; B236 – CANALE ACQUE ALTE SANLURI; B210 – GORA PREDI SANNA): caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti di competenza dell'amministrazione comunale.

9. BACINI IDROGRAFICI OGGETTO DI STUDIO

9.1 Premessa

I bacini individuati e analizzati nell'ambito del presente studio sono riportati nelle TAV.ID02A e ID02B. Nella parte nord del territorio del Comune di Sanluri sono stati oggetto di studio i bacini denominati B168, B179, B181, B190, B210, B218, mentre nella parte Sud sono stati studiati i bacini denominati B219, B222, B236, B248, B252.

Parte dei bacini idrografici B190, B210, B218 ricadono nel centro urbano; su questi si è eseguito uno studio di dettaglio riportando i risultati su elaborati grafici in scala 1:2000.

9.2 Bacini idrografici nella zona nord del territorio di Sanluri

9.2.1 Il Bacino B190 (Riu Piras)

Il reticolo di drenaggio del bacino idrografico B190 (Riu Piras) interessa il territorio comunale nelle zone periferiche del centro abitato ad est (Figura 16); il cui bacino idrografico del Riu Piras si estende per una superficie di circa 7 km² identificato con cod bacino B190 (TAV.ID02 e Figura 4) e rappresenta il corso d'acqua principale che lambisce il centro urbano . Dai sopralluoghi effettuati si è potuto osservare come le situazioni di criticità idraulica più significative si possono presentare dove l'andamento naturale dell'alveo è stato maggiormente modificato dall'uomo (presenza di attraversamenti e di restringimenti di sezione etc.).

La presenza del centro abitato, l'elevato numero di attraversamenti e la fitta vegetazione riducono l'area di competenza dell'alveo entro cui possono defluire le acque dell'elemento idrico individuato Figura 15A , 15B, 15C e 15D.



Figura 15. Alveo del corso d'acqua denominato Riu Piras (Bacino B190) in prossimità del centro abitato.

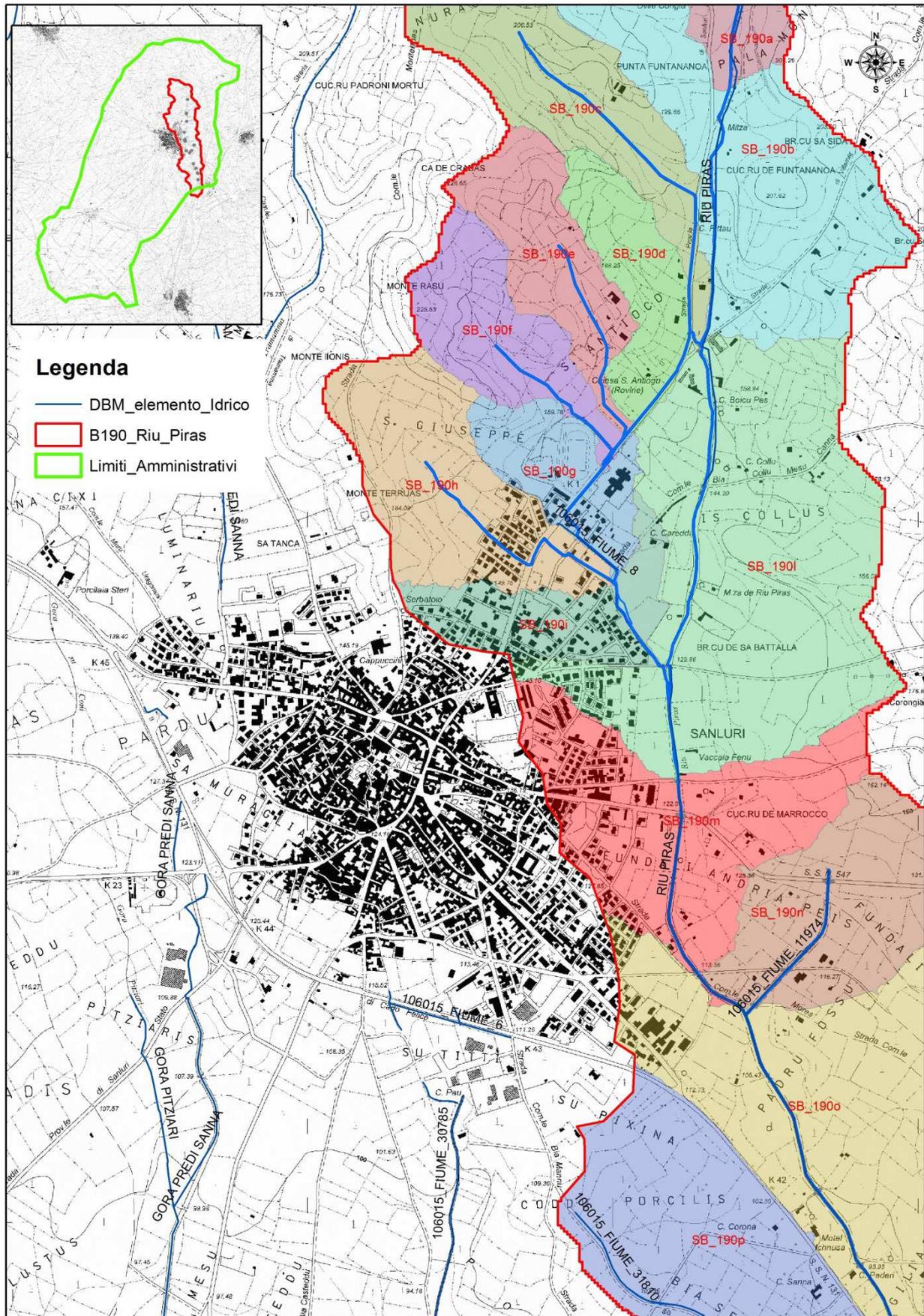


Figura 16. Bacino B190 del Riu Piras ad est del centro abitato su carta tecnica regionale 1:10.000.

Il reticolo di drenaggio minore, affluenti del Riu Piras, individuato dai sottobacini SB_190c, SB_190d, SB_190e, SB_190f, SB_190g, SB_190h, SB_190i, SB_190l, SB_190m, SB_190, essendo gravante sul centro edificato e in prossimità di esso sono stati delimitati puntualmente, anche se non individuati dall'idrografia regionale, in quanto possiedono una significativa pericolosità idraulica, manifestatasi in eventi meteorici critici del passato, e come tali sono stati studiati.

Si osserva che il reticolo di drenaggio minore appartenente al sottobacino SB190_g, affluente al Riu Piras, è stato individuato in corrispondenza dell'elemento idrico dell'idrografia regionale identificato con la sigla 106015_Fiume_8 (Figura 16). I dati relativi alle caratteristiche morfometriche del bacino; calcolo del tempo di corrivazione; stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; sezioni e profili idraulici, e tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; verifica del franco idraulico degli attraversamenti sono riportati nell' ALLEGATO 2, fuori testo alla presente relazione. Le portate di imput alle simulazioni con il software HECRAS sono state determinate secondo le modalità riportate nel paragrafo 5.4; a titolo esemplificativo, per il bacino del Riu Piras, si riporta anche il caso in cui le portate di piena caratteristiche sono calcolate con il metodo razionale sulle sezioni dell'asta principale ubicate in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei sottobacini individuati Tabella 13.

Complessivamente il bacino, denominato B190, del Riu Piras è stato suddiviso in 15 sottobacini le cui caratteristiche morfometriche e geomorfologiche sono di seguito riportate (tabella 13):

Tabella 13 - Dati di riepilogo sottobacini del bacino idrografico B190 (Riu Piras) e relative note indicative relative alle metodologie di calcolo delle portate.

Bacino	Elemento idrico	Sottobacino	Area Bacino	H_min	H_max	H_media	I _b	I _m	L	Hsez	CN
			Ab	altitudine minima del bacino m slm	Altitudine max del bacino m slm	altitudine media del bacino m slm	Pendenza media bacino	Pendenza media asta principale	Lunghezza asta fluviale principale	Altezza sezione di chiusura	
			[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[km]	[m]	
BACINO B190 RIU PIRAS	Riu Piras	SB190_a	0,58	175,17	263,58	209,04	11,72	2,70	0,65	175,17	84
	Riu Piras	SB190_b	0,59	154,96	220,81	186,49	12,66	2,05	0,99	154,49	84
	Afluente	SB190_c	0,49	154,16	263,60	209,11	16,09	3,10	1,57	154,16	84
	Afluente	SB190_d	0,19	151,77	221,85	175,99	13,66	9,73	0,69	151,35	85
	Afluente	SB190_e	0,23	151,80	236,28	192,55	16,94	11,82	0,86	151,35	82
	Afluente	SB190_f	0,23	149	224,97	190,35	15,30	5,06	0,71	149,00	84
	Afluente	SB190_g	0,18	137,89	204,35	155,61	12,09	2,14	0,519	137,89	91
	Afluente	SB190_h	0,39	136,98	214,836	168,90	11,92	2,94	0,884	136,98	90
	Afluente	SB190_i	0,21	129,90	178,628	146,52	9,27	2,44	0,458	129,90	96
	Riu Piras	SB190_l	1,02	121,23	199,662	149,74	9,71	2,35	1,234	121,18	85
	Riu Piras	SB190_m	0,53	107,05	172,599	131,19	9,47	1,70	0,88	107,05	89
	Riu Piras	SB190_n	0,38	107,70	163,27	125,81	8,56	3,13	0,579	107,33	83
	Riu Piras	SB190_o	0,92	85,4	130,717	109,10	7,72	1,47	1,617	85,388	86
	Afluente	SB190_p	0,75	81,44	124,97	106,91	6,80	1,19	1,54	85	85
	Riu Piras	SB190_q	0,57	70,43	99,66	84,79	6,47	1,40	0,88	71	84

9.2.2 Calcolo delle portate in ambito urbano

Per il calcolo della portata di piena corrispondente ai tempi di ritorno richiesti da normativa vigente (50/100/200/500 anni) si è deciso di valutare per ogni bacino rappresentativo le portate corrispondenti ai quattro tempi di ritorno applicando le modalità descritte nel paragrafo 5.4; per i sottobacini SB190_a, SB190_b, SB190_c, SB190_d, SB190_e, SB190_p e SB190_q (Figura 17) si sono valutate le portate corrispondenti ai 4 tempi di ritorno mediante il contributo unitario per unità di area q [$m^3/s \cdot km^2$] assumendo la similitudine idrologica tra il sottobacino e il bacino rappresentativo del sistema; mentre i restanti sottobacini che interessano il centro abitato (SB190_f, SB190_g, SB190_h, SB190_i, SB190_l, SB190_m, SB190_n e SB190_o) sono stati trattati come unità idrografiche indipendenti e le portate di piena per i quattro tempi di ritorno sono state calcolate con il metodo indiretto basato sulla formula razionale.

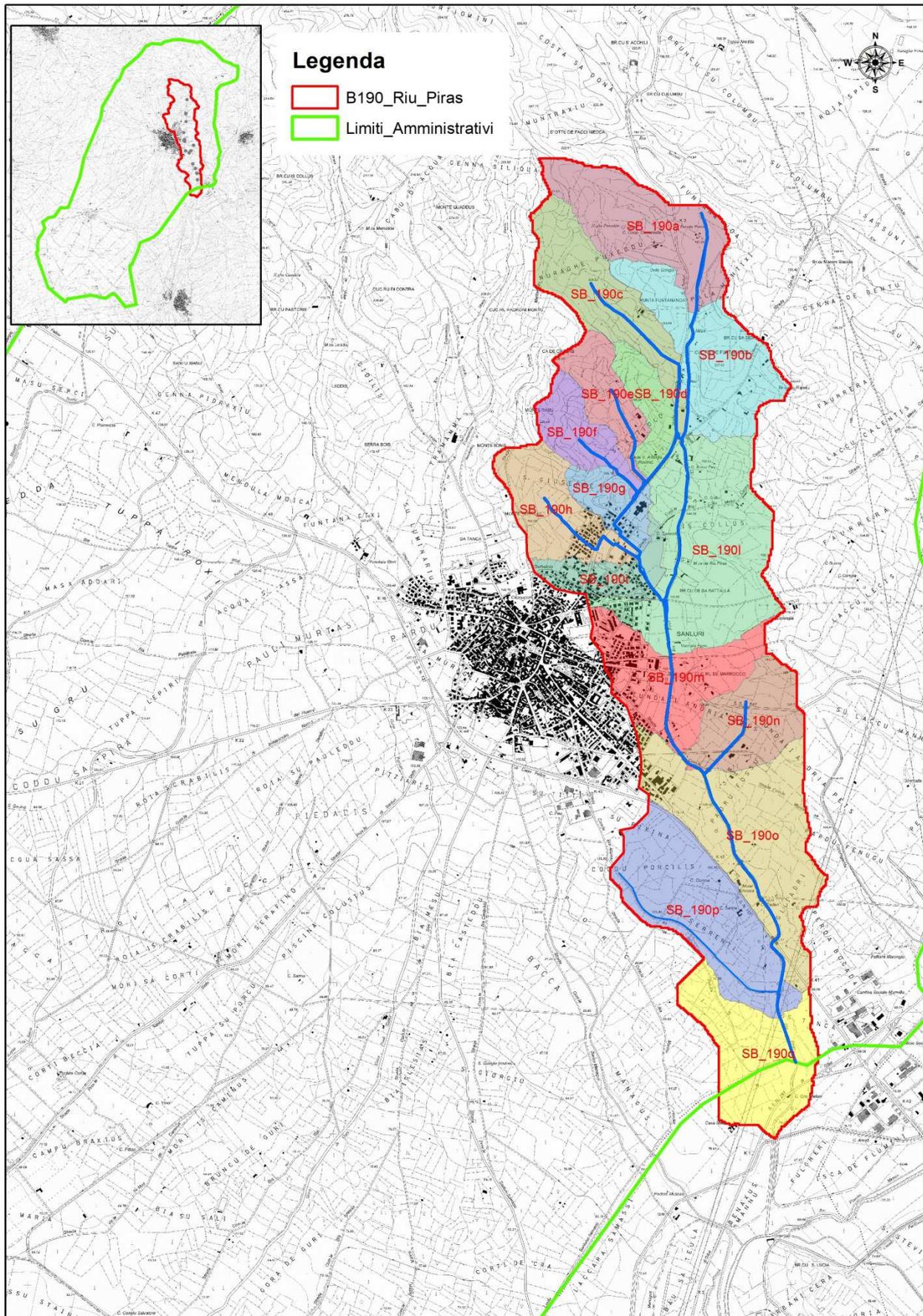


Figura 17. Bacini idrografico B190 (Riu Piras) e relativi sottobacini in ambito urbano.

Prima di procedere al calcolo delle portate con la formula razionale si è proceduto al calcolo dei tempi di corrivazione in cui in bibliografia sono presenti numerosi metodi di calcolo; parametro fondamentale per la successiva elaborazione dei valori delle portate fluviali.

Per affinare il calcolo la stima del tempo di corrivazione è stata effettuata attraverso diverse formulazioni in base alla dimensione del bacino. I tempi di corrivazione dei bacini con estensione minore o uguale ad 1km² sono stati ottenuti dalla media dei valori calcolati tramite il metodo di Kirpich e Viparelli; per quelli di estensione superiore, ai precedenti, si è scelto di utilizzare il valore minimo ottenuto tra Giandotti, Ventura, Pasini e SCS.

I tempi di corrivazione per i sottobacini, del Riu Piras, in esame oggetto del calcolo della portata con la formula razionale sono riportati nella tabella 14 che segue:

Tabella 14 – Tempi di corrivazione per i sottobacini in esame del Riu Piras B190.

BACINO B190 RIU PIRAS	ELEMENTO IDRICO	SOTTOBACINI	T _c [h]
	Affluente	SB190_f	0,12
	Affluente	SB190_g	0,10
	Affluente	SB190_h	0,19
	Affluente	SB190_i	0,08
	Riu Piras	SB190_l	0,32
	Riu Piras	SB190_m	0,14
	Affluente	SB190_n	0,14
	Riu Piras	SB190_o	0,29
	Riu Piras	B190	1,25

Per i sottobacini SB190_f, SB190_g, SB190_h, SB190_i, SB190_l, SB190_m, SB190_n, SB190_o si è ritenuto di calcolare la portata attraverso il metodo indiretto con la formula razionale e non con il contributo unitario in cui si assume la similitudine idrologica tra sottobacino e bacino idrografico che lo contiene.

Nelle pagine che seguono sono riportate le schede relative al calcolo della portata, per i quattro tempi di ritorno, del bacino B190 del Riu Piras e dei relativi sottobacini.

In riferimento alla tavola ID_02 e tavola ID_03 (carta dei bacini idrografici in ambito urbano) in cui sono osservabili i sottobacini drenanti un'assegnata superficie per i quali la valutazione di massima piena, per un assegnato tempo di ritorno, in corrispondenza della sezione di chiusura individuata è stata effettuata con metodi diversi a seconda delle caratteristiche del sottobacino appartenente al sistema omogeneo ed incluso nel bacino di riferimento. Nella tabelle 15 sono riportati i risultati del calcolo delle portate, per i quattro tempi di ritorno, relativamente ai sottobacini drenanti sul centro abitato e nella colonna delle note è indicata la metodologia utilizzata per il calcolo della portata di massima piena. Nella Tabella 16 sono indicate le portate cumulate defluenti, per assegnato tempo di ritorno, relative alle sezioni di chiusura dei sottobacini del Riu Piras e di input alla simulazione su HEC RAS riportate nell'ALLEGATO 2.

BACINO B190 RIU PIRAS	ELEMENTO IDRICO	BACINO	Area km ²	Portata				Note calcolo portata		
				50 ANNI	100 ANNI	200 ANNI	500 ANNI			
				m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s			
				B190	7,27	27,22	34,74		42,67	53,65
				CONTRIBUTO UNITARIO	1,00	3,74	4,78		5,87	7,38
SOTTOBACINI										
Riu Piras	SB190_a		0,58	2,19	2,79	3,43	4,31	Contributo unitario		
Riu Piras	SB190_b		0,59	2,21	2,82	3,47	4,36	Contributo unitario		
Affluente	SB190_c		0,49	1,82	2,33	2,86	3,59	Contributo unitario		
Affluente	SB190_d		0,19	0,73	0,93	1,14	1,43	Contributo unitario		
Affluente	SB190_e		0,23	0,88	1,12	1,38	1,73	Contributo unitario		
Affluente	SB190_f		0,23	0,89	1,09	1,31	1,62	Formula razionale		
Affluente	SB190_g		0,18	1,80	2,06	2,31	2,68	Formula razionale		
Affluente	SB190_h		0,39	3,33	3,89	4,46	5,27	Formula razionale		
Affluente	SB190_i		0,21	4,70	5,08	5,46	6,03	Formula razionale		
Riu Piras	SB190_l		1,02	4,69	5,82	7,00	8,68	Formula razionale		
Riu Piras	SB190_m		0,53	3,93	4,65	5,38	6,42	Formula razionale		
Affluente	SB190_n		0,38	1,18	1,47	1,77	2,20	Formula razionale		
Riu Piras	SB190_o		0,92	4,77	5,92	7,12	8,80	Formula razionale		
Affluente	SB190_p		0,75	2,82	3,60	4,42	5,56	Contributo unitario		
Riu Piras	SB190_q		0,57	2,14	2,73	3,35	4,21	Contributo unitario		

Tabella 15. Portate per assegnato tempo di ritorno relative ai sottobacini del Riu Piras

Sezione di chiusura SOTTOBACINI	Contributo portata alla sezione di chiusura	Sezione di Chiusura simulazione	Portata simulazione			
			50 ANNI	100 ANNI	200 ANNI	500 ANNI
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
SB190_a	SB190_a	5348,9	2,19	2,79	3,43	4,31
SB190_b	SB190_b_a	4465,222	4,40	5,62	6,90	8,68
SB190_c	SB190_c	SB190c/8,349587	1,82	2,33	2,86	3,59
SB190_d	SB190_d	SB190d/26,49569	0,73	0,93	1,14	1,43
SB190_e	SB190_e	SB190e/12,97382	0,88	1,12	1,38	1,73
SB190_f	SB190_f	SB190f/9,573012	0,89	1,09	1,31	1,62
SB190_g	SB190_d_e_f_g	SB19g/21,52831	4,29	5,20	6,13	7,46
SB190_h	SB190_h	SB190i/14,62761	3,33	3,89	4,46	5,27
SB190_i	SB190_d_e_f_g_h_i	SB190i/14,62761	12,32	14,17	16,05	18,76
SB190_l	SB190_a_b_c_l	3234,596	10,91	13,76	16,76	20,95
SB190_m	SB190_a_b_c_d_e_f_g_h_l_m	2124,846	27,16	32,59	38,19	46,13
SB190_n	SB190_n	SB190n/31,18431	1,18	1,47	1,77	2,20
SB190_o	SB190_a_b_c_d_e_f_g_h_l_m_o	490,8299	33,11	39,98	47,08	57,13
SB190_q	SB190_a_b_c_d_e_f_g_h_l_m_o_p_q	1,197525	38,07	46,31	54,85	66,90

Tabella 16. Portate per assegnato tempo di ritorno relative alle sezioni di chiusura dei sottobacini del Riu Piras e di input alla simulazione su HEC RAS.

Per confronto, con i risultati riportati in tabella 15 e 16, sono state calcolate le portate applicando il solo metodo indiretto con l'utilizzo della formula razionale ai sottobacini del Riu Piras indicati con il bordo verde della figura 18.

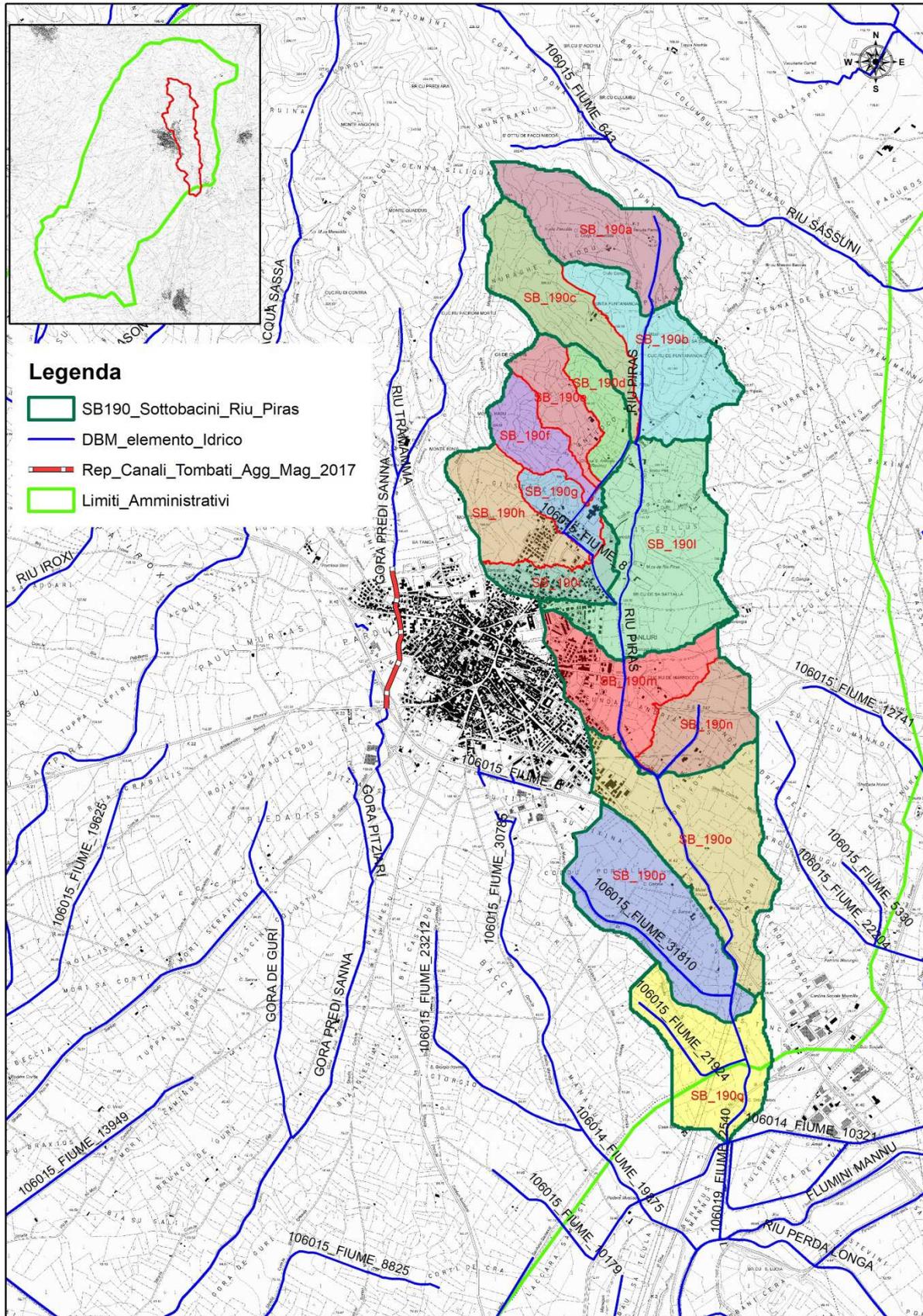


Figura 18. Bacini idrografico B190 (Riu Piras) e relativi sottobacini individuati per il calcolo delle portate con la formula razionale.

In riferimento alla Figura 18 sono osservabili i sottobacini drenanti un'assegnata superficie per i quali la valutazione della portata di massima piena, per un assegnato tempo di ritorno, in corrispondenza della sezione di chiusura individuata è stata calcolata con la formula razionale. Nella tabella 17 sono riportate le caratteristiche morfometriche e geomorfologiche del bacino B190 del Riu Piras e dei rispettivi sottobacini; dalla tabella si può osservare che il bacino, denominato B190, del Riu Piras è stato suddiviso in 8 sottobacini le cui caratteristiche morfometriche e geomorfologiche sono di seguito riportate :

Bacino	Elemento idrico	Sottobacino	Area Bacino	H_min	H_max	H_media	I _b	I _m	L	Hsez	CN
			Ab	altitudine minima del bacino m slm	Altitudine max del bacino m slm	altitudine media del bacino m slm	Pendenza media bacino	Pendenza media asta principale	Lunghezza asta fluviale principale	Altezza sezione di chiusura	
			[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[km]	[m]	
BACINO B190 RIU PIRAS	Riu Piras	SB_190a	0,58	175,17	263,60	209,00	11,86	2,35	0,65	176,96	84
	Riu Piras	SB_190a_b_c	1,66	154,16	263,60	201,41	14,06	2,47	1,51	154,99	84
	Affluente	SB_190d_e_f_g_h_i	1,44	129,90	236,28	172,29	13,29	2,13	1,36	130,04	88
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l	4,13	121,18	263,60	178,43	12,71	2,36	3,01	121,18	86
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n	5,03	107,05	263,60	169,54	12,06	2,20	3,88	107,05	86
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n_o	5,95	85,39	263,60	160,22	11,39	1,97	5,39	86,14	86
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n_o_p	6,70	81,44	263,60	153,83	10,87	1,96	5,65	81,51	86
	Riu Piras	B_190	7,27	70,43	263,60	148,41	10,53	1,87	6,52	70,54	86

Tabella 17 . Caratteristiche morfometriche e geomorfologiche del bacino B190 del Riu Piras e dei rispettivi sottobacini.

In Tabella 18 vengono riportati i valori dei tempi di corrivazione calcolati per i sottobacini in esame del Riu Piras

BACINO B190 RIU PIRAS	ELEMENTO IDRICO	SOTTOBACINI	Tempo di Corrivazione T _c [h]
	Riu Piras	SB_190a	0,12
	Riu Piras	SB_190a_b_c	0,28
	Affluente	SB_190d_e_f_g_h_i	0,25
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l	0,56
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n	0,72
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n_o	1,00
	Riu Piras	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n_o_p	1,05
	Riu Piras	B190	1,25

Tabella 18 – Tempi di corrivazione per i sottobacini in esame del Riu Piras B190.

Per il calcolo della portata di piena corrispondente ai tempi di ritorno secondo i criteri espressi dalle Linee Guida del PAI

(50/100/200/500 anni) si sono valutate per ogni sottobacino rappresentativo le portate corrispondenti ai quattro tempi di ritorno applicando il metodo indiretto basato sulla formula razionale i cui risultati sono riportati in Tabella 19.

BACINO B190 RIU PIRAS	ELEMENTO IDRICO	SOTTOBACINI	Area km ²	Portata				Note calcolo portata
				50 ANNI m ³ /s	100 ANNI m ³ /s	200 ANNI m ³ /s	500 ANNI m ³ /s	
	Riu Piras	SB_190a	0.58	2.14	2.62	3.15	3.90	Formula razionale
	Riu Piras	SB_190a_b_c	1.66	6.89	8.71	10.63	13.34	Formula razionale
	Affluente	SB_190d_e_f_g_h_i	1.44	9.24	11.22	13.25	16.08	Formula razionale
	Affluente	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l	4.13	19.42	24.68	30.17	37.77	Formula razionale
	Affluente	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n	5.03	23.17	29.59	36.30	45.56	Formula razionale
	Affluente	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n_o	5.95	26.18	33.67	41.52	52.30	Formula razionale
	Affluente	SB_190a_b_c_d_e_f_g_h_i_l_m_n_o_p	6.70	26.57	34.20	42.26	53.44	Formula razionale
	Riu Piras	B190	7.27	27.22	34.74	42.67	53.65	Formula razionale

Tabella 19. Portate per assegnato tempo di ritorno relative alle sezioni di chiusura dei sottobacini del Riu Piras

Dal confronto dei risultati, riportati in tabella 16 e 19, si osserva che la prima metodologia seguita ha fornito dei risultati, per quanto riguarda i valori delle portate di piena calcolate per i tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni, che appaiono più cautelativi anche in termini delle estensioni delle aree di pericolosità idraulica pertanto e tale metodologia è stata applicata anche agli altri due bacini che interessano il centro abitato.

Mentre per gli altri bacini idrografici, del territorio comunale di Sanluri, per il calcolo della portata di piena corrispondente ai 4 tempi di ritorno si è deciso di operare in questo modo:

- 1) Per ogni elemento idrico principale si è identificato il rispettivo bacino idrografico;
- 2) Per ogni bacino rappresentativo si sono valutate le portate corrispondenti ai quattro tempi di ritorno applicando il metodo indiretto basato sulla formula razionale e quindi sono stati determinati i contributi unitari q (portate per unità d'area) dividendo la portata calcolata alla sezione di chiusura per l'area del bacino drenato;
- 3) Per tutti gli altri sottobacini appartenenti a ciascun sistema omogeneo e inclusi nel bacino rappresentativo precedentemente definito sono state valutate in modo speditivo le portate defluenti con il metodo del contributo unitario, assumendo la similitudine idrologica tra il sottobacino e il bacino di appartenenza.

9.2.3 Il bacino B210 (S'Arriu de Sa Tramamma, Riu Tramamma, Gora Predi Sanna, Gora Pitziani)

Il bacino B210 interessa il centro abitato nella parte ovest (Figura 19).

L'alveo del S'Arriu de Sa Tramamma e del Riu Tramamma immediatamente a monte del centro abitato si presentano, talvolta, con un alveo non ben definito, con un' insufficiente stato di pulizia, manutenzione e parzialmente ostruito dalla vegetazione. A nord in prossimità del centro abitato il corso d'acqua denominato Gora Predi Sanna è costretto in un tubolare di cls, del diametro nominale DN di 1000mm Figura19 , che percorre le vie Papa Giovanni XXIII, Carlo Felice, e Marica, per arrivare alla vecchia SS 131, figure 20 e 21A, 21B, 21C, 21D. A valle la sezione di sbocco, rettangolare, risulta parzialmente ostruita da una fitta vegetazione come osservabile dalle figure 22A, 22B, 22C e 22D. A valle del centro abitato in corrispondenza dello sbocco del tratto intubato (figura 22) è presente un limitato volume di espansione in cui la presa, per il successivo attraversamento della vecchia SS 131, avviene con due tubolari in cls del diametro nominale DN di 600 mm (figura 22D) anche questi parzialmente ostruiti da vegetazione e detriti di diversa natura. Nella simulazione idraulica, sulla base delle portate precedentemente calcolate, si è trascurata la portata eventualmente smaltibile dal tratto intubato in quanto, nel breve periodo, sarebbe completamente ostruito e reso inefficiente a smaltire portate di piena derivanti da eventi pluviometrici anche con tempi di ritorno inferiori a 50 anni.

Nell' ALLEGATO 5, fuori testo, alla presente relazione sono riportate le caratteristiche morfometriche del bacino; il calcolo del tempo di corrivazione; la stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; le sezioni e profili idraulici, le tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; ed infine la verifica del franco idraulico degli attraversamenti nei corsi d'acqua studiato.

Nell'ALLEGATO 6 è riportata la scheda del canale tombato approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.3 del 17/05/2017 e con codice identificativo ADIS : CA_ H974_ 001.

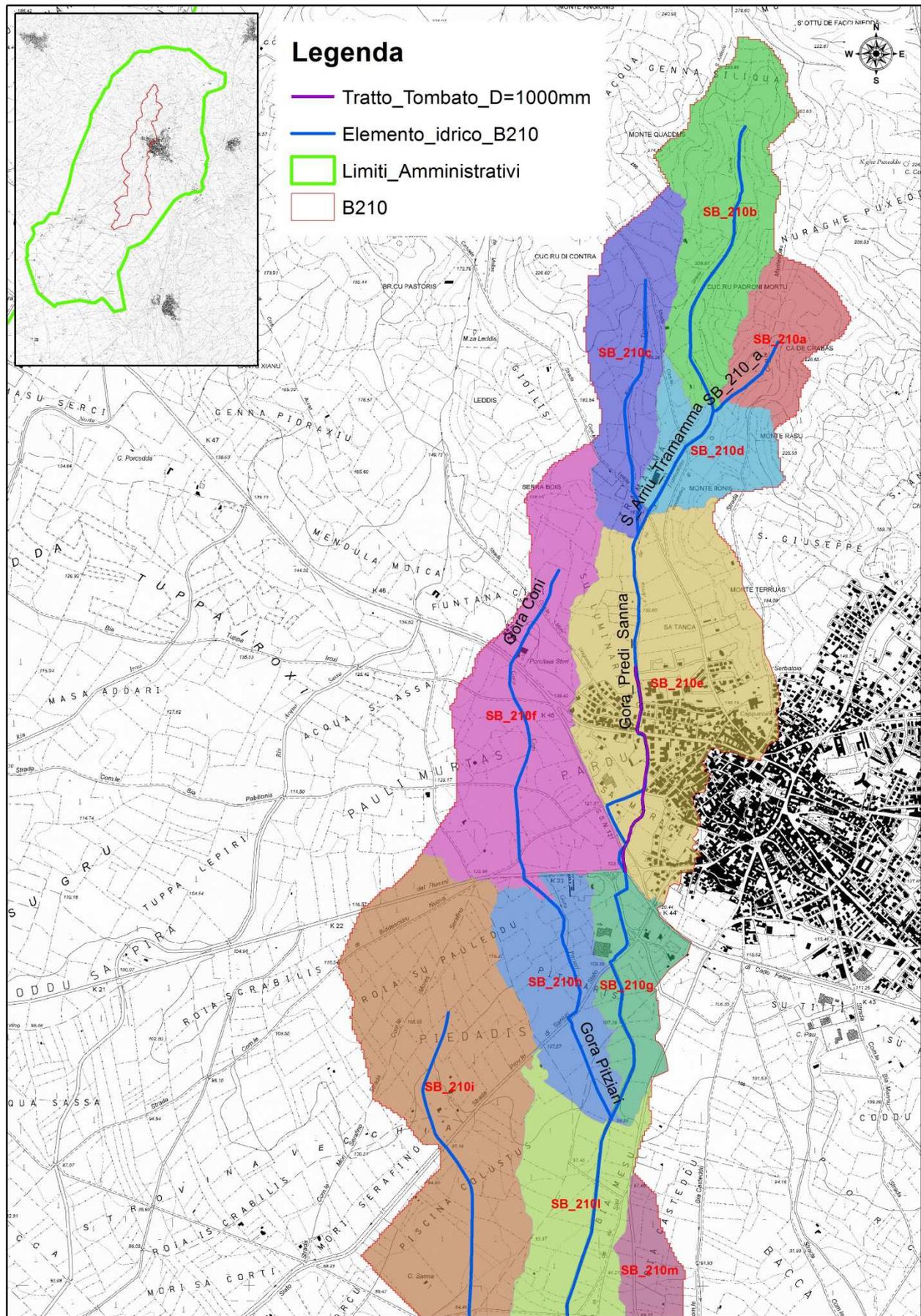


Figura 19. B210 Gora Predi Sanna in corrispondenza del centro abitato su carta tecnica regionale 1:10.000.



Figura 20. Localizzazione e sviluppo del tratto intubato del corso d'acqua denominato Gora Predi Sanna.

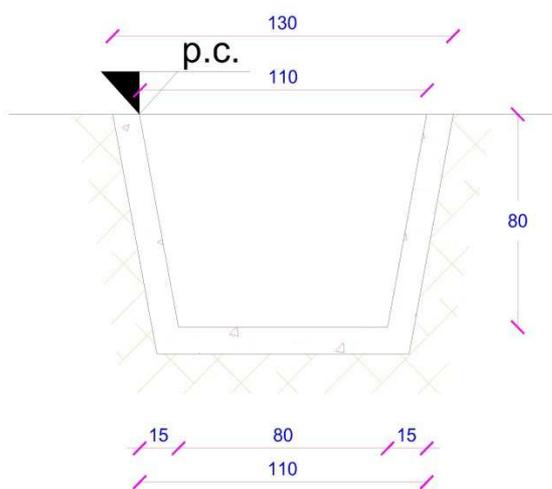
Figura 21. Localizzazione e caratteristiche del tratto intubato del corso d'acqua denominato Gora Predi Sanna (MONTE)



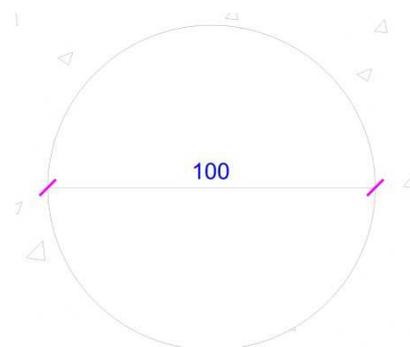
A – Imbocco tratto intubato Gora predi Sanna sez. di monte



B – Imbocco tratto intubato sez. di monte



C – Schema quotato dell'imbocco tratto intubato



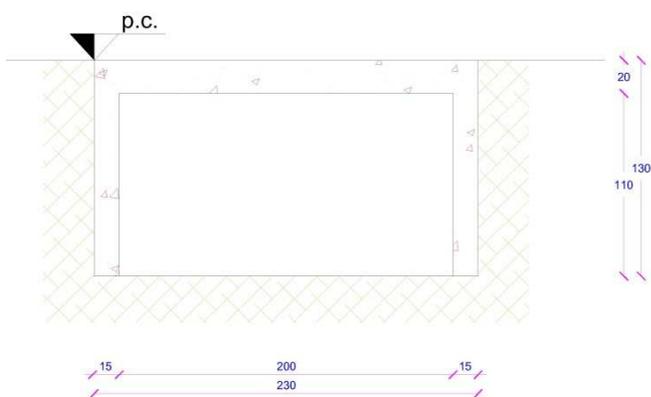
D – Schema quotato sezione tratto intubato



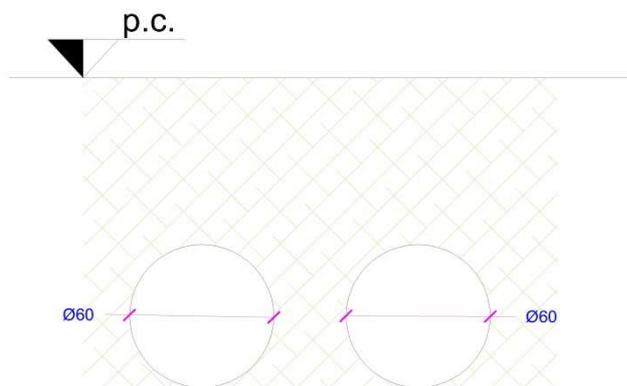
A – Sbocco del tratto intubato a monte della vecchia SS131.



B –Attraversamento vecchia SS131 sez di monte.



C-Schema quotato tratto intubato Gora Predi Sanna sez. di valle.



D –Schema quotato attraversamento vecchia SS131 sez di monte.

Figura 22. Alveo del corso d'acqua denominato Gora Predi Sanna (VALLE).

9.2.4 Il Bacino B218 (106015_Fiume 30785)

Al bacino B218 appartengono gli elementi idrici 106015_Fiume 30785, 106015_Fiume 6, Fiume 3 e Fiume 4, ubicati a valle del centro abitato e della vecchia SS 131 Zona Su Titti, in corrispondenza della zona produttiva; (figura 23).

Attraverso applicativi in ambiente GIS è stato possibile tracciare il bacino idrografico in oggetto (B218) ed i sottobacini SB218 a, SB218 b, SB218 c, SB218 d ed individuare il reticolo di drenaggio.

Dai sottobacini e dalle linee di drenaggio ad essi associati si osserva la loro confluenza a ridosso della vecchia S.S.131 in prossimità dell'elemento dell'idrografia regionale denominato 106015_FIUME 6; in corrispondenza della suddetta confluenza, che in fase di sopralluogo è stato inaccessibile, vi è un attraversamento della vecchia 131 con sbocco a valle come si può nell'immagine di google earth riportata in figura 24; tale attraversamento individuato dalla codifica H974_SC_0043 dello Strato informativo delle infrastrutture di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna.

La caratterizzazione fisiografica delle aste fluviali e dei bacini individuati è stata eseguita con degli applicativi GIS utilizzando come basi di lavoro il DEM (passo 1 m) e la CTR 1 : 10.000.

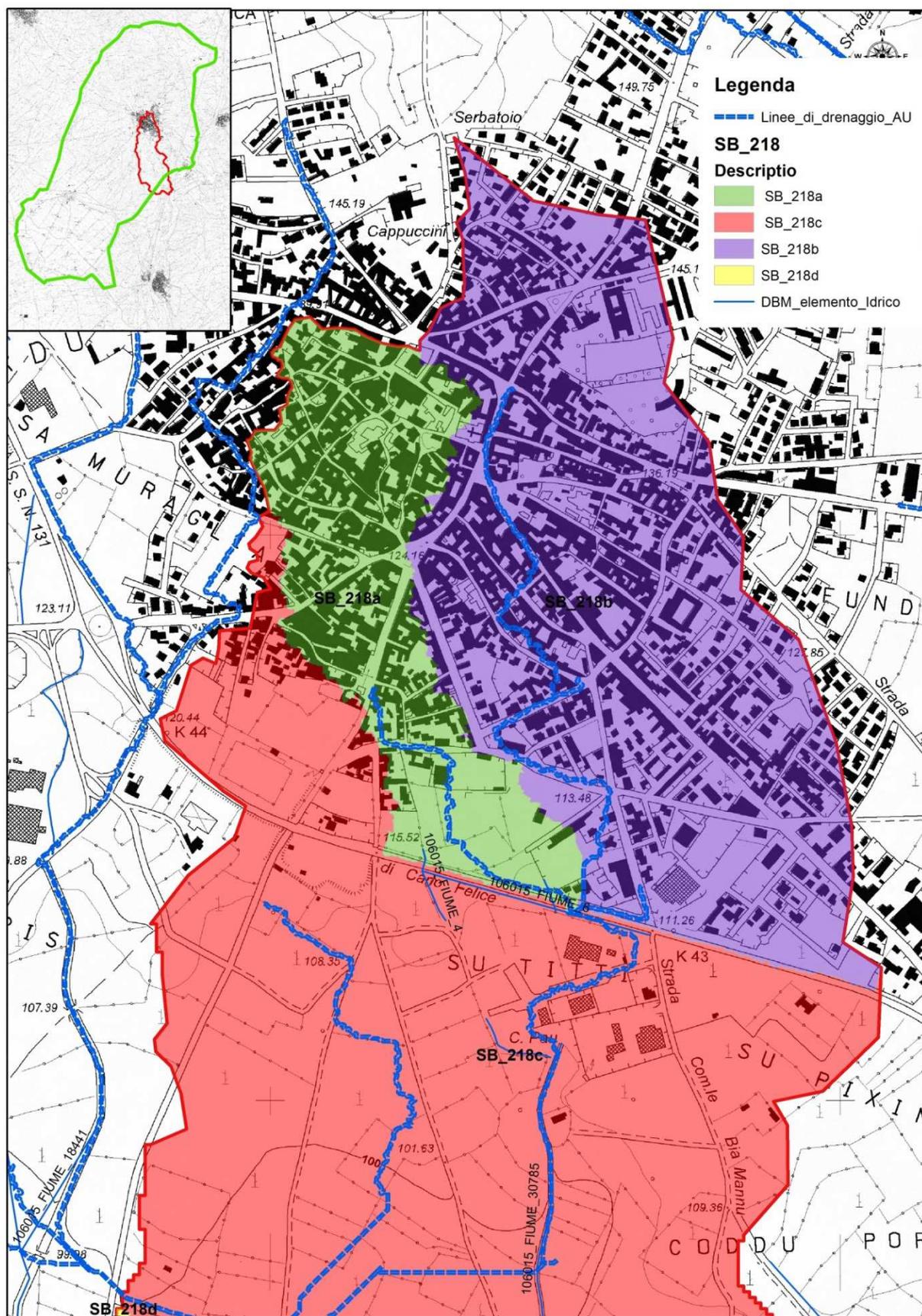


Figura 23. B218 su carta tecnica regionale 1:10.000.



9.2.5 Bacini B168 Riu Masoni Nostu, B179 Riu Sassuni, B181 Riu Acqua Sassa

Il reticolo di drenaggio dei bacini idrografici B168 Riu Masoni Nostu, B179 Riu Sassuni, B181 Riu Acqua Sassa interessa il territorio comunale nelle zone extraurbane e nella parte nord.

Di ciascuno dei suddetti bacini è stato individuato il reticolo idrografico minore ed i sottobacini ad esso associati.

Per la determinazione delle portate dei bacini minori, in corrispondenza dei quattro tempi di ritorno 50, 100, 200 e 500 anni, appartenenti al rispettivo bacino rappresentativo sono state valutate in modo speditivo le portate defluenti con il metodo del contributo unitario, assumendo la similitudine idrologica tra il sottobacino e il bacino rappresentativo del sistema.

Negli ALLEGATI, fuori testo, alla presente relazione sono riportate le caratteristiche morfometriche di ciascun bacino; il calcolo del tempo di corrivazione; la stima delle portate al colmo per periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni; le sezioni e profili idraulici, le tabelle delle simulazioni eseguite tramite il software HECRAS; ed infine la verifica del franco idraulico degli attraversamenti dei corsi d'acqua studiati.

9.3 Bacini idrografici nella parte sud del territorio Comunale di Sanluri

9.3.1 Premessa

L'antico stagno di Sanluri, il successivo stabilimento Vittorio Emanuele, era situato nella pianura che dal golfo di Cagliari si estende fino al golfo di Oristano, restando delimitato il lato S.O., da un gruppo montuoso che costituisce il massiccio montuoso di Villacidro e lungo il lato opposto da colline e rilievi montuosi che vanno man mano elevandosi verso il gruppo montuoso centrale della Sardegna.

Le prime notizie storiche non risalgono oltre il 1838; in quell'anno il Re Carlo Alberto concesse ad una società francese, la piena proprietà, lo stagno demaniale di Sanluri con l'obbligo del suo prosciugamento e l'apertura di una scuola per diffondere l'uso delle moderne tecnologie nel settore agricolo. Nel 1919, dopo anni di abbandono, l'area dell'antico stagno di Sanluri, veniva ceduta all'Opera Nazionale per i Combattenti, con l'obbligo di provvedere alla esecuzione di tutte le opere di bonifica agraria e miglioramento fondiario.

La bonifica idraulica ha riguardato l'isolamento della parte più depressa dell'antico stagno di Sanluri dalle acque che durante le piene vi si accumulavano, arrivando dai rilievi di Sanluri da una parte e da quelle di Villacidro dall'altra, scavando un canale intorno al piano da bonificare.

Le opere una volta terminate consistevano essenzialmente in due canali allacciati : uno di 6 km per la raccolta delle acque di Villacidro e l'altro di circa 7 km per le acque della parte più alta del territorio di Sanluri. Le acque furono così definitivamente incanalate ed il piano di campagna difeso dalle acque . All'interno del "comprensorio" così isolato fu scavato un grande Canale Collettore di circa 6 km che scorrendo nell'alveo dell'antico stagno ne raccoglieva tutte le acque interne, in figura 25 è riportata una vecchia planimetria della Bonifica di Sanluri. Questi tre maggiori canali sfociano in un quarto, che è l'emissario oggi denominato Canale Collettore Basso, lungo 7 km, il quale drena tutte le acque sul Fluminimannu presso il paese di Serramanna.

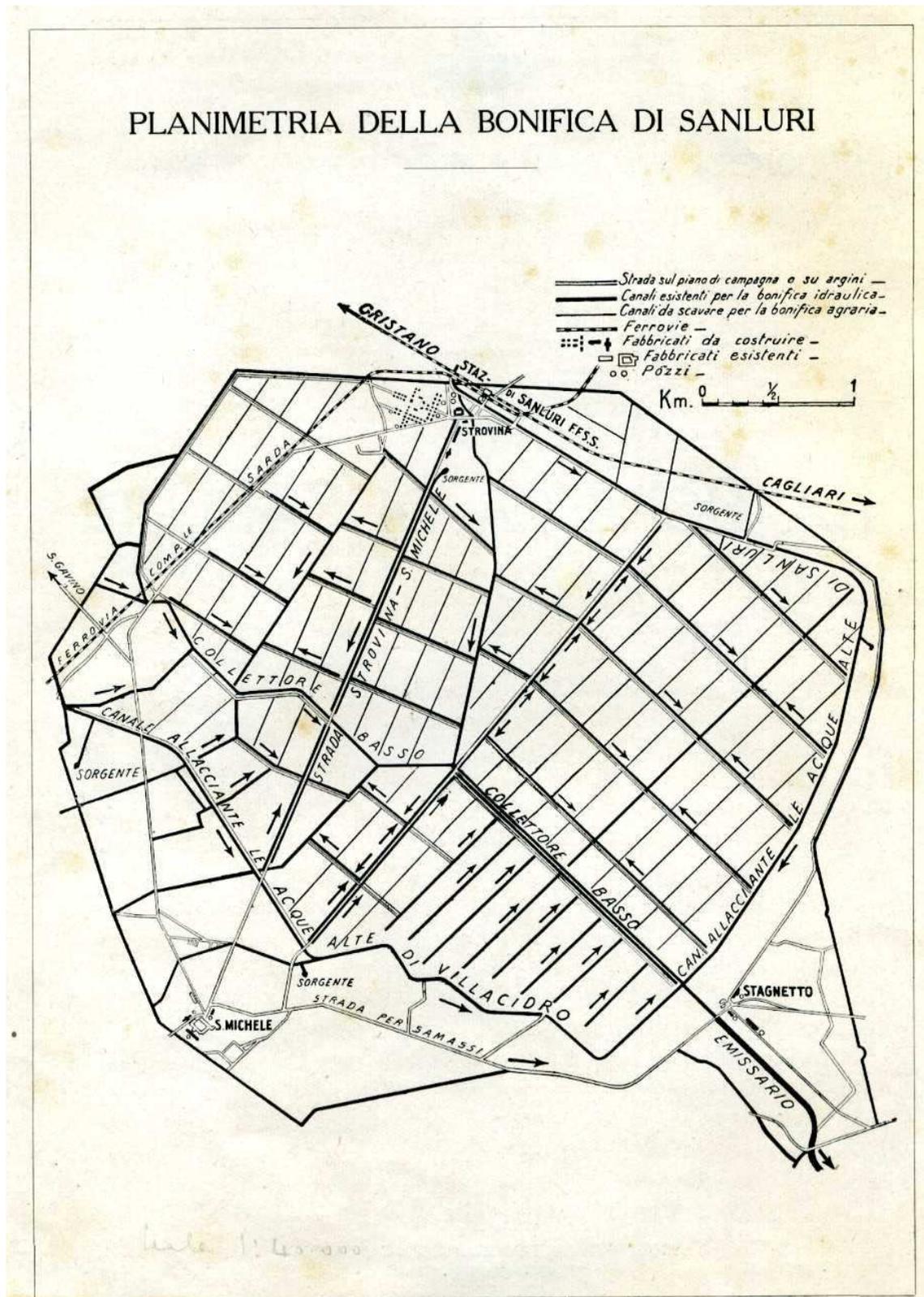


Figura 25. Planimetria delle opere di bonifica di Sanluri Stato.

9.3.2 Aree a pericolosità interessate dall'evento calamitoso "Cleopatra del 18 Novembre 2013"

A seguito degli eventi calamitosi di tipo alluvionale verificatisi il 18 novembre 2013, in occasione del Ciclone "Cleopatra" e che hanno interessato tutto il territorio regionale, all'interno del territorio comunale di Sanluri si sono verificati dei fenomeni di allagamento e esondazione in ampie aree non perimetrate precedentemente dal PAI e in alcuni casi prive anche di un reticolo idrografico vero e proprio.

Queste aree sono state individuate planimetricamente dai tecnici comunali e trasmesse alla Regione Sardegna che con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 31.01.2014 avente per oggetto Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso "Cleopatra" del novembre 2013, le ha recepite integralmente. Come indicato al punto 1) della medesima delibera a queste aree, quale misura cautelare, sono state applicate le stesse misure di salvaguardia delle aree di pericolosità idraulica molto elevata", coerentemente con quanto disposto dagli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e in particolare l' articolo 27 delle N.A. del PAI.

Le aree così vincolate sono riportate nell' Allegato B della Delibera e comprendono un ampio settore SUD dei territori di Sanluri(Figura 26), in particolare nelle zone oggetto della bonifica idraulica da parte dell'Opera Nazionale Combattenti.

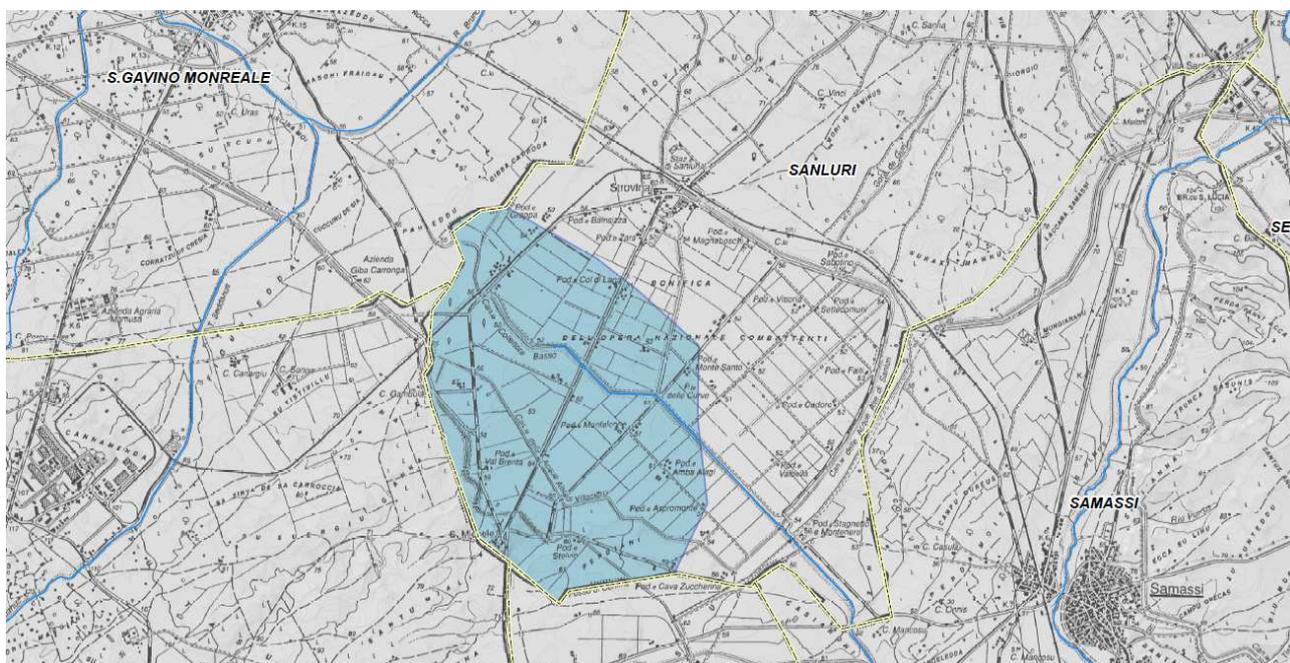


Figura 26. Stralcio cartografico dell'allegato B alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 31.01.2014, rappresentativo delle aree allagate nel Comune di Sanluri.

La perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica nell'area interessata dall' evento calamitoso, attraverso l' approccio tradizionale indicato dalle linee guida PAI, ha presentato una serie di difficoltà per le seguenti ragioni:

- l' impossibilità di individuare un reticolo idrografico e una rete di drenaggio ben definita; infatti, la zona è attraversata da una serie di canali realizzati in occasione della bonifica idraulica da parte dell' O.N.C. nei primi anni del 1900, il cui percorso e la direzione effettiva di scorrimento non è di semplice individuazione, anche alla luce della scarsa

manutenzione e pulizia degli stessi, del rimaneggiamento del suolo per le attività agrarie condotte e del cambiamento nel tempo della divisione dei fondi, che hanno talvolta eliminato completamente la rete dei canali di scolo;

- l' assenza di una cartografia a scala adeguata; trattandosi di aree sostanzialmente pianeggianti e in assenza di basi plano-altimetriche di dettaglio, la definizione dei bacini drenanti risulta di scarsa precisione o addirittura impossibile.

Nonostante queste criticità si è cercato di individuare, per osservazione diretta, le principali direttrici di scorrimento, le aree allagate e i principali elementi coinvolti dall'evento (Novembre 2013).

Le criticità maggiori hanno interessato tutta la zona a sud dell'agglomerato agricolo di Strovina, la strada provinciale che porta alla frazione di San Michele oltre che la stessa frazione, la viabilità secondaria, magazzini e locali di servizio alle aziende agricole e ampie aree ad uso agricolo.

9.3.3 Individuazione dei bacini idrografici area sud del territorio Comunale di Sanluri

Anche in questo caso l'individuazione dei bacini è stata condotta con l'ausilio di sistemi GIS (Geographics Information System) e relativi applicativi i quali permettono di utilizzare speciali funzioni spaziali e di calcolo dedicate alla risoluzione di problemi idrologici. La tavola di riferimento per l'inquadramento territoriale dei bacini in oggetto è la tav. ID_02B.

La caratterizzazione fisiografica delle aste fluviali e dei bacini individuati è stata condotta con applicativi, operanti in ambiente GIS, che hanno permesso la valutazione dei dati geografici, fisiografici e morfometrici.

Le principali basi dati utilizzate sono le seguenti:

- DEM (passo 1 m);
- CTR 1 : 10.000;

Le procedure di individuazione dei bacini idrografici, sono state eseguite sulla base del modello digitale del terreno con passo di campionamento pari a 1 metro. Nello specifico, per ciascun bacino individuato di nostro interesse nell'area Sud (Figura 27), sono state valutate le grandezze riportate nella tabella 20 che segue:

Tabella 20 – Caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici della zona Sud di Sanluri

Bacino	Elemento Idrico	Ab	h_min	h_max	h_media	i	J	L	L	Hsez	CNIII
		[km ²]	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]	[km]	[m]	
B252	Canale collettore basso	5,26	49,37	67,02	54,49	1,16	1,31	4816,03	4,82	49,98	83
B219	Canale Acque Alte Sanluri	3,55	55,19	116,32	73,59	1,70	0,64	7325,75	7,33	56,80	84
B236	Canale Acque Alte Sanluri	2,10	48,04	78,05	58,40	1,66	1,65	6434,38	6,43	50,09	83
B225	Canale collettore basso	13,92	49,50	84,10	57,96	0,66	2,83	9781,15	9,78	40,09	84
B222	Canale S'Aacqua Durcia	3,09	52,84	97,16	64,89	1,43	1,12	8674,27	8,67	53,06	82
B241	Colatore Trillo	4,73	48,08	60,91	51,57	0,48	2,38	4187,57	4,19	50,12	86
B247	Canale collettore basso	1,87	49,13	50,22	49,70	0,18	0,98	2735,67	2,74	49,13	86
B248	Canale delle Acque Alte Villacidro	6,80	49,01	115,36	65,94	1,52	2,46	9517,06	9,52	50,07	82

Legenda:

Ab = Area del bacino; h_min = Altitudine min del bacino m slm; h_max = Altitudine max del bacino m slm; h_media = Altitudine media del bacino m slm; i = Pendenza media bacino; J = Pendenza media asta principale; L = Lunghezza asta fluviale principale; Hsez = Altezza sezione di chiusura; CNIII = Curve Number.

prendendo poi in considerazione il valore minimo ottenuto tra Pasini-Ventura T_c min. da inserire nei calcoli delle portate.

9.3.5 Calcolo delle portate nelle sezioni di chiusura dei bacini idrografici della zona sud

Si è proceduto al calcolo delle portate di piena per i tempi di ritorno di 50, 100, 200, e 500 anni, per ogni bacino idrografico considerato.

Il metodo seguito è quello ampiamente descritto al capitolo 3 paragrafo 3.2 e 3.3, a cui si rimanda per ogni eventuale chiarimento. Le portate di piena calcolate al colmo sono riassunte nella tabella 22 seguente.

Tabella 22 – calcolo delle portate zona sud – SANLURI.

Bacino	Elemento idrico	Portata Q			
		Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
		[mc/sec]	[mc/sec]	[mc/sec]	[mc/sec]
B252	Canale collettore basso	11,87	15,10	18,52	23,29
B219	Canale Acque Alte Sanluri	7,96	10,06	12,19	15,16
B236	Canale Acque Alte Sanluri	6,16	8,02	9,97	12,73
B225	Canale collettore basso	31,24	39,51	48,14	59,99
B222	Canale S'Acqua Durcia	9,24	11,82	14,48	18,19
B241	Colatore Trillo	15,27	19,28	23,48	29,23
B247	Canale collettore basso	6,18	7,81	9,51	11,84
B248	Canale delle Acque Alte Villacidro	15,52	20,02	24,86	31,55

Successivamente si è proceduto alla modellazione idraulica degli elementi idrici denominati Canale Collettore Basso del Bacino B252; B219, B236, B222; B248. L'imput dei dati di portata, nel software HEC-RAS, ha tenuto conto del contributo dei bacini drenanti a monte del tratto studiato come riportato nell'ALLEGATO 5, fuori testo, alla presente relazione.

10. Sezioni di controllo

10.1 Criteri di tracciamento

Sulla base dell'analisi preliminare della cartografia tematica, in funzione della morfologia dei luoghi, della destinazione urbanistica e della presenza di recettori sensibili e infrastrutture, si è proceduto al tracciamento delle sezioni degli elementi idrici oggetto di studio, rispetto alle quali sono state valutate le portate di piena ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

L'individuazione e la suddivisione delle sezioni è stata articolata nel seguente modo:

- per ogni bacino idrografico individuato è stata selezionata l'asta fluviale principale tenendo conto della importanza del corso d'acqua in termini di portate di piena determinate, presenza di recettori sensibili, presenza di infrastrutture e destinazione d'uso urbanistica;
- procedendo da valle verso monte sono state tracciate le sezioni della lunghezza tale da poter simulare l'area esondabile avendo una morfologia significativa.

Si rimanda alla tavola allegata la visione delle sezioni individuate (TAV.ID06 A e B).

10.2 Determinazione delle sub-aree e delle portate parziali alle sezioni di controllo

Le portate da inserire nel modello utilizzato per le simulazioni idrauliche sono state determinate, quando si verificano le condizioni, con il criterio della similitudine idrologica, assumendo il contributo unitario del bacino complessivo relativo al corso d'acqua considerato; cautelativamente ad ogni tratto si è assegnata la portata competente al bacino sotteso dalla sezione più valliva ma contemporaneamente per evitare di avere eccessive sovrastime nell'assegnazione delle portate si sono considerati tratti a non eccessivamente lunghi e sottobacini non troppo estesi. Nel caso in cui il metodo della similitudine idrologica non è applicabile come nel caso dei sottobacini dell'area urbana si è proceduto al calcolo con i metodi classici illustrati nei paragrafi precedenti.

Dopo aver tracciato opportunamente le sezioni, per ognuna di esse si è proceduto alla determinazione delle sub-aree idrografiche di drenaggio necessarie alla determinazione delle portate parziali.

10.3 Assegnazione dei coefficienti di scabrezza

La determinazione dei parametri di scabrezza da associare alle sezioni di calcolo presenta non poche criticità, data la significativa influenza di tali valori sui livelli di corrente e la contestuale assenza di una regola di calcolo univoca.

La metodologia definita prevede la suddivisione di ogni sezione trasversale in tre tratti caratterizzati da scabrezza omogenea: l'alveo attivo e le sponde laterali comprendenti anche le fasce golenali.

L'effetto aggiuntivo dei diversi meccanismi dissipativi per un corso d'acqua è anche stato trattato da Chow (1959) rispetto alla vegetazione rigida, alla tortuosità attraverso un modello dell'indice di Manning, n , (inverso dell'indice di Strikler) i cui valori sono riportati nella tabella seguente (Tabella 23).

Tabella 23. -Valori del coefficiente di resistenza di Manning: n [s/m^{1/3}] da Chow V.T., 1959.

CORSI D'ACQUA NATURALI IN PIANURA			
ALVEI	VALORI		
	Min	Med	Max
Puliti, dritti, pieni, senza fossi o pozze profonde Terra	0,025	0,03	0,033
Come in precedenza ma con più ciottoli e erbacce	0,03	0,035	0,04
Puliti, curvilinei, pozze e banchi radi	0,033	0,04	0,045
Come in precedenza ma con più ciottoli e erbacce	0,035	0,045	0,05
Come in precedenza, tiranti più bassi, sezione e pendenza meno efficiente	0,04	0,048	0,055
Puliti, curvilinei, pozze e banchi radi con più ciottoli	0,045	0,05	0,06
Tratti tranquilli, vegetati e con pozze profonde	0,05	0,07	0,08
Tratti molto vegetati, pozze profonde, o alvei in piena con superfici ricoperte da fitto bosco o sottobosco	0,07	0,1	0,150
GOLENE			
Pascolo erba corta	0,025	0,03	0,035
Pascolo erba alta	0,03	0,035	0,05
AREE COLTIVATE			
Nude	0,02	0,03	0,04
Raccolto maturo in solchi	0,025	0,035	0,045
Raccolto diffuso maturo	0,03	0,04	0,05
BOSCO			
Piante sparse, cespugli di grandi dimensioni	0,035	0,05	0,07
Bosco rado, in inverno	0,035	0,05	0,06
Bosco rado, in estate	0,04	0,06	0,08
Bosco da medio a denso, in inverno	0,045	0,07	0,11
Bosco da medio a denso, in estate	0,07	0,10	0,16
PIANTAGIONI			
Terreno pulito con ceppaie senza germogli	0,03	0,04	0,05
Come in precedenza, ma con fitti germogli	0,05	0,06	0,08
Bosco fitto d'alto fusto, pochi alberi bassi, poco sottobosco, flusso al di sotto dei rami	0,08	0,10	0,120
Come in precedenza ma con flusso fra i rami	0,10	0,12	0,16
Salici densi, in estate, dritti	0,11	0,15	0,20
CORSI D'ACQUA DI MONTAGNA, SENZA VEGETAZIONE IN ALVEO, SPONDE RIPIDE, CON ALBERI E CESPUGLI SOMMERSI IN PIENA			
Fondo: ghiaie, acciottolati, pochi massi sparsi	0,03	0,04	0,05
Fondo: acciottolati con grossi massi	0,04	0,05	0,07
ALVEI CON FONDO IN CALCESTRUZZO E FIANCHI IN:			
Calcestruzzo intonacato	0,016	0,02	0,024
Calcestruzzo	0,02	0,025	0,03
CANALI CON SCARSA MANUTENZIONE E VEGETAZIONE CON:			
Fondo pulito, cespugli alle ripe	0,04	0,05	0,08
Come sopra, con alti tiranti idrici	0,045	0,07	0,11
Vegetazione densa, alta come il tirante idrico	0,05	0,08	0,12
Cespugli densi, alti tiranti idrici	0,08	0,1	0,14

Da ricognizioni sul posto, sulla base di fotografie aeree, è stata riconosciuta la presenza talvolta di fitta vegetazione conseguentemente confrontando coi dati proposti in letteratura, il coefficiente di scabrezza di Manning n [s/m^{1/3}] in prima

istanza è stato assunto, per tratti omogenei d'alveo **0,04**, sponde laterali e aree golenali pari a **0,09** rispettivamente.

SEZIONE 3 RISULTATI OTTENUTI ANALISI IDRAULICA

10.4 Risultati delle simulazioni idrauliche e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica

Le verifiche idrauliche sono state eseguite mediante il codice di calcolo HEC-RAS in regime di moto permanente; i risultati ottenuti da dette simulazioni sono consultabili sia in forma tabellare (numerica) negli allegati che graficamente nelle tavole TAV ID06A, TAV ID06B, TAV ID07A, TAV ID07B, TAV ID07C e TAV ID 07D; in cui sono osservabili le nuove aree a significativa pericolosità idraulica non ancora perimetrata nel PAI.

La pericolosità idraulica a scala Comunale è stata rappresentata nelle tavole TAV ID06A e TAV ID06B mentre nell'ambito urbano dalle TAV ID07A, TAV ID07B, TAV ID07C e TAV ID07D individuate utilizzando come base cartografica la CTR in scala 1:10.000 nel primo caso e sia sulla base della cartografia comunale più dettagliata in scala 1:2000 nel secondo caso.

La codifica riportata nella legenda (tabella 24) per indicare le aree a pericolosità idraulica è quella adottata nelle "Linee guida per l'adeguamento dei P.U.C. al P.A.I. (Approvate con delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 18.7.2007) dove i quattro colori rappresentano rispettivamente:

Tabella 24 – Codifica legenda per le aree di pericolosità secondo le Linee guida per l'adeguamento dei P.U.C. al P.A.I.

	Simbolo	VALORI RGB
<i>Hi1 area di pericolosità moderata ($T_{rit} = 500$ anni)</i>		189,255,189
<i>Hi2 area di pericolosità media ($T_{rit} = 200$ anni)</i>		0, 248, 242
<i>Hi3 area di pericolosità elevata ($T_{rit} = 100$ anni)</i>		129, 178, 231
<i>Hi4 area di pericolosità molto elevata ($T_{rit} = 50$ anni)</i>		0,0,255

10.4.1 Il Bacino B210 Gora Predi Sanna

I risultati delle simulazioni idrauliche riportate negli allegati e nelle rispettive tavole hanno evidenziato particolari criticità che interessano il tratto intubato dell'elemento idrico denominato Gora Predi Sanna con un tubo in cls del diametro nominale di 1000 mm. Tale tombatura attraversa il centro abitato, per una lunghezza di circa 1km, con sbocco a monte della vecchia ss 131; attraversando quest'ultima mediante due tubi in cls del diametro nominale DN di 600 mm ciascuno; infine prosegue a cielo aperto oltrepassando la zona industriale e proseguendo verso sud.

Tale tombatura ha manifestato la sua insufficienza in modo evidente nelle passate alluvioni rappresentando un chiaro ostacolo al deflusso delle acque proveniente dal bacino sotteso a monte; la tombatura ha prodotto fenomeni di allagamento del centro abitato di Sanluri attribuibili all'insufficienza idraulica del tratto tombato il quale non è stato in grado di smaltire le portate associate a particolari eventi pluviometrici anche con tempi di ritorno inferiori a 50 anni.

Durante l'evento meteo del 27 novembre 2008 le acque ed i materiale trasportato hanno determinato la sua occlusione con l'innalzamento del livello idrico fino al superamento del piano stradale; l'acqua non potendo essere canalizzate hanno invaso la carreggiata, case cortili e scantinati; lungo tale tratto si è quindi individuata un'importante area di pericolosità Hi4 .

10.4.2 Il Bacino B190 Riu Piras

Il bacino idrografico del del Riu Piras è stato studiato da monte fino a valle del centro abitato per una lunghezza di circa 5km. Nella zona a monte il Rio Piras scorre in un alveo poco inciso e non ben definito con uno scarso stato di pulizia e manutenzione dove la vegetazione ostruisce in parte il deflusso delle acque.

Si osserva la scarsa manutenzione dell'alveo anche nelle zone a valle in cui, il Riu Piras, risulta essere canalizzato su un alveo a sezione trapezia in calcestruzzo in cui sono osservabili una fitta vegetazione che ostruisce il libero deflusso delle acque. Punti particolarmente critici individuati dalla simulazione sono stati gli attraversamenti che si sono dimostrati insufficienti al deflusso delle acque in cui i volumi in esubero vanno ad allagare importanti aree limitrofe al corso d'acqua.

Il reticolo di drenaggio minore, affluenti del Riu Piras, individuato dai sottobacini SB_190c, SB_190d, SB_190e, SB_190f, SB_190g, SB_190h, SB_190i, SB_190l, SB_190m, SB_190, essendo gravante sul centro edificato e in prossimità di esso sono stati delimitati puntualmente anche se non perimetrati dal P.A.I. (art.8 comma 2, 3 e 5 ; art 26 delle norme di attuazione del P.A.I.) in quanto possiedono una significativa pericolosità idraulica e come tali sono stati studiati.

Dalle simulazioni idrauliche è stata individuata una particolare criticità in corrispondenza dei sottobacini drenanti sul centro abitato con tempi di ritorno di 50 anni (senza escludere possibili eventi pericolosi con tempi minori) che interesserebbe numerosi edifici lungo la linea di drenaggio individuata; osservabile dalla cartografia prodotta in cui sono riportate le aree di pericolosità idraulica.

Per ciò che riguarda gli elementi idrici a nord del centro abitato sono state individuate le aree a pericolosità idraulica a cui la pianificazione comunale si dovrà adeguare.

10.4.3 Il bacino B218 (106015_Fiume30785)

Del bacino B218 sono stati studiati gli elementi idrici 106015_Fiume 6 e 106015_Fiume30785 TC_Fiume 106015. ubicato a sud del centro abitato. località su Titti. è stato studiato per circa 600m .

I risultati delle simulazioni idrauliche. riportate in dettaglio nell' allegato 2 hanno consentito la perimetrazione delle quattro aree di pericolosità; inoltre si osserva un'ampia zona di allagamento anche per tempi di ritorno inferiori a 50 anni in corrispondenza della confluenza delle linee di drenaggio dei sottobacini SB218a e SB218b, drenanti sul centro abitato, sull'elemento idrico denominato 106015_Fiume_6; tale criticità è una conseguenza dell'attraversamento (H974_SC_0043) della vecchia 131 da parte dell'elemento idrico con sbocco a valle, sull'elemento idrico denominato 106015_Fiume_30785.

10.4.4 Bacini B168 Riu Masoni Nostu, B179 Riu Sassuni, B181 Riu Acqua Sassa

I bacini idrografici del Riu Masoni Nostu, Riu Acqua Sassa e Riu Sassuni interessano porzioni extraurbane del territorio di Sanluri; mentre il Riu Masoni Nostu e Acqua Sassa confluiscono nel Canale delle Acque Alte di Sanluri, Il Riu Sassuni confluisce nel canale 106004_Fiume_3915 nel Comune di Furtei.

In corrispondenza degli elementi idrici dei bacini B168, B181, B179 non sono presenti aree perimetrate dal PAI.

L'analisi idraulica è stata preceduta dalla verifica sul posto dello stato di manutenzione dell'alveo di ciascun elemento idrico e delle principali opere di attraversamento rilevandone tutte le sezioni potenzialmente critiche.

Tutte le informazioni geometriche relative a sezioni, ponti, ecc. sono stati utilizzati come dati di input del software HEC-RAS sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S.Army Corps of Engineers.

Come condizioni al contorno per la simulazione idraulica si è utilizzata la pendenza media dei tratti di monte e la simulazione è stata eseguita in regime permanente.

I risultati dello studio idraulico sono riportati negli Allegati 1, 3 e 4. Le aree a pericolosità idraulica, ai sensi dell'art.8 comma 2 delle NdA del PAI, sono state sovrapposte alla carta tecnica regionale e stampata in scala 1:10000.

10.4.5 Bacini B219 e B236 Canale Acque Alte di Sanluri

L'analisi idraulica è stata preceduta dalla verifica sul posto dello stato di manutenzione dell'alveo di ciascun elemento idrico e delle principali opere di attraversamento rilevandone tutte le sezioni potenzialmente critiche.

A concorrere alle criticità idrauliche sono la scarsa pulizia dei canali in cui si riscontra la presenza di detriti e talvolta folta vegetazione che riducono la sezione utile mettendo in crisi gli organi principali della bonifica idraulica che hanno il compito canalizzare le acque provenienti dalle parti alte di Sanluri evitando l'allagamento delle aree oggetto della stessa bonifica.

Tutte le informazioni geometriche relative a sezioni, ponti, ecc. sono stati utilizzati come dati di input del software HEC-RAS sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S.Army Corps of Engineers.

Come condizioni al contorno per la simulazione idraulica si è utilizzata la pendenza media dei tratti di monte e la simulazione è stata eseguita in regime permanente.

Sulla base dello studio sono emerse criticità a monte della stazione Ferroviaria in corrispondenza della confluenza del Riu Masoni Nostu (B168) e del Riu Acqua Sassa (B181) ed inoltre la sezione del canale (B219) atto a far defluire le acque proveniente dalle parti alte di Sanluri si è mostrata in più punti idraulicamente insufficiente; infatti in la criticità del tratto è legata al sormonto del sistema arginale in corrispondenza del quale si determina l'allagamento di ampie aree produttive.

Tutti gli attraversamenti che il corso d'acqua incontra nel tratto analizzato all'interno dei bacini B219 e B236, risultano idraulicamente inadeguati per $Tr=50$ anni; si segnala che l'attraversamento N° 167 in corrispondenza della sez. N° 62.27505 presenta delle importanti lesioni nella struttura in calcestruzzo costituente le spalle dell'attraversamento, come osservabile nella documentazione fotografica.

I risultati dello studio idraulico sono riportati negli Allegati 3 e 5; le aree a pericolosità idraulica, ai sensi dell'art.8 comma 2 delle NdA del PAI, sono state sovrapposte alla carta tecnica regionale e stampata in scala 1:10000.

10.4.6 Bacini B222 Canale S'Acqua Durcia e B248 Canale Acque Alte di Villacidro

L'analisi idraulica è stata preceduta dalla verifica sul posto dello stato di manutenzione dell'alveo di ciascun elemento idrico e delle principali opere di attraversamento rilevandone tutte le sezioni potenzialmente critiche.

A concorrere alle criticità idrauliche sono la scarsa pulizia dei canali in cui si riscontra la presenza di detriti e talvolta folta vegetazione che riducono la sezione utile mettendo in crisi gli organi principali della bonifica idraulica che hanno il compito canalizzare le acque provenienti dalle parti alte di Villacidro evitando l'allagamento delle aree oggetto della stessa bonifica.

Tutte le informazioni geometriche relative a sezioni, ponti, ecc. sono stati utilizzati come dati di input del software HEC-RAS sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S.Army Corps of Engineers.

Tutti gli attraversamenti che il corso d'acqua incontra nel tratto analizzato all'interno dei bacini B222 e B248, risultano idraulicamente inadeguati per $Tr=50$ anni escludendo da questi l'attraversamento N152 sez 658,2704 Gora Acqua Durci che non verifica al $Tr=200$ anni.

Nelle aree dei bacini idrografici della zona SUD (B248, B247, B222, B225) a seguito degli eventi alluvionali del 18 novembre 2013 in occasione del ciclone Cleopatra, si sono verificati fenomeni di allagamento e di esondazione in ampie zone non perimetrate precedentemente dal PAI.

Queste aree sono state individuate planimetricamente dai tecnici comunali e trasmesse alla Regione Sardegna che con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 31.01.2014 avente per oggetto Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso "Cleopatra" del novembre 2013, le ha recepite integralmente. Come indicato al punto 1) della medesima delibera a queste aree, quale misura cautelare, sono state applicate le stesse misure di salvaguardia delle aree di pericolosità idraulica molto elevata", coerentemente con quanto disposto dagli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e in particolare l' articolo 27 delle N.A. del PAI.

La perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica nell'area interessata dall' evento calamitoso, attraverso l' approccio tradizionale indicato dalle linee guida PAI, ha presentato una serie di difficoltà per le seguenti ragioni:

- 1) la difficoltà nell'individuazione del reticolo idrografico a causa di una serie di canali realizzati in occasione della bonifica, tra la fine 1800 e i primi anni del 1900 e con successive modifiche ed integrazioni con nuovi canali, che ha determinato una incertezza nella direzione di deflusso delle acque.
- 2) l'assenza di una cartografia a scala adeguata; trattandosi di aree sostanzialmente pianeggianti e in assenza di basi plano-altimetriche di dettaglio, la definizione dei bacini drenanti è risultata alquanto difficoltosa e di scarsa precisione.

Per l'individuazione a seguito dello studio di una serie di insufficienze idrauliche negli attraversamenti e nelle sezioni dei canali e per le difficoltà sopracitate si confermano le aree perimetrate, nel territorio di Sanluri, con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 31.01.2014 avente per oggetto Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso "Cleopatra" del novembre 2013. Come indicato al punto 1) della medesima delibera a queste aree, quale misura cautelare, sono state applicate le stesse misure di salvaguardia delle aree di pericolosità idraulica molto elevata" , coerentemente con quanto disposto dagli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e in particolare l' articolo 27 delle N.A. del PAI.

10.5 Le mappe di pericolosità da iniluppo tra il risultato dello studio e le pericolosità vigenti

I risultati dello studio, consultabili sia in formato numerico che grafico, hanno consentito di pervenire in definitiva al tracciamento delle aree a significativa pericolosità non ancora perimetrate e riportate nelle tavole a corredo del presente studio in scala 1:2000 per le parti urbane (Tav. ID_07A, Tav.ID_07B, Tav. ID_07C e Tav.ID_07D) e 1:10000 per il territorio extraurbano (Tav. ID_06A e Tav.ID_06B).

Le aree di pericolosità idraulica dallo studio sono state oggetto di iniluppo le aree di pericolosità idraulica vigente; pertanto la perimetrazione finale è quella ottenuta dall'iniluppo riportata sulle mappe Tav. ID_09A e Tav.ID_09B ed è quella a cui la zonizzazione del PUC dovrà essere adeguata a questa nuova pericolosità, in parte tagliando e riducendo alcune zone omogenee interessate da pericolosità idraulica o geologico – geotecnica, recependo le prescrizioni delle norme di attuazione PAI nelle relative norme del PUC che regolamentano ciascuna zona omogenea.

10.6 Le mappe delle fasce di prima salvaguardia

Ai sensi dell'art. 30 ter "Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia" Articolo introdotto con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 27/02/2018 al comma 1 i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto:

ordine gerarchico (numero di Horton- Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Tabella 25 Descrizione delle fasce di pericolosità di prima salvaguardia

Le fasce di prima salvaguardia nel rispetto dell'art. 30 ter delle norme di attuazione del PAI (Approvate con Decreto del Presidente della Regione n. 35 del 27/04/2018), sono state individuate nel territorio comunale per tutti gli elementi idrici

per i quali non sono state definite con apposito studio le rispettive aree di pericolosità; tali fasce sono rappresentate nelle tavole TAV ID10A e. TAV ID10B “Carta delle fasce di prima salvaguardia”.

10.7 Le mappe danno potenziale e del rischio

Il danno potenziale indicato con la lettera D è definito come il prodotto di due fattori secondo l'espressione che segue:

$$D = E V$$

Le classi omogenee di danno potenziale che sono state definite sono quattro, e tengono conto del danno alle persone, di quello al tessuto socio-economico ed ai beni non monetizzabili. Tali quattro classi sono di seguito riportate:

D₄: Danno potenziale molto elevato;

D₃: Danno potenziale elevato;

D₂: Danno potenziale medio;

D₁: Danno potenziale moderato o nullo.

Le mappe del danno potenziale a scala Comunale sono state rappresentate nelle tavole TAV ID12A e TAV ID12B mentre nell'ambito urbano dalle TAV ID13A, TAV ID13B, TAV ID13C e TAV ID13D individuate utilizzando come base cartografica la CTR in scala 1:10.000 nel primo caso e sia sulla base della cartografia comunale più dettagliata in scala 1:2000 nel secondo caso.

La predisposizione delle due coperture sopra descritte (la carta del danno potenziale e la carta della pericolosità idraulica da inviluppo tra studio e perimetrazioni vigenti) ha permesso di ricavare, mediante una procedura di overlay in ambiente GIS, la carte le carte del rischio.

Le aree a rischio idraulico sono state ricavate dalla sovrapposizione delle aree di pericolosità idraulica con gli elementi a rischio. Secondo la notazione usuale, il rischio idraulico, R_i , è stato definito come il prodotto di tre fattori secondo l'espressione:

$$R_i = H_i E V$$

R_i = rischio idraulico totale, quantificato secondo i 4 livelli riportati nella tabella 26 seguente:

Rischio idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R ₁	Moderato	≤0,002	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R ₂	Medio	≤0,005	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R ₃	Elevato	≤0,01	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
R ₄	Molto Elevato	≤0,02	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Tabella 26 Descrizione delle classi di rischio idraulico e loro quantificazione

H_i = pericolosità idraulica, ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena che, in accordo al DPCM 29/09/98, nella redazione del P.A.I. è stata ripartita in 4 livelli pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno T di 50 (H_{i4}), 100 (H_{i3}), 200 (H_{i2}) e 500 (H_{i1}) anni.

E = elementi a rischio, che ai sensi del DPCM 29/09/98, sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi. Nella redazione del P.A.I. ad ogni elemento a rischio è stato attribuito un peso secondo una scala compresa fra 0 e 1, a seconda della classificazione attribuita allo stesso elemento.

V = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento, e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno. Nella redazione del P.A.I. la vulnerabilità, in accordo al DPCM 29/09/98, è stata assunta pari all'unità.

Le aree a rischio idraulico a scala Comunale sono state rappresentate nelle tavole TAV ID14A e TAV ID14B mentre nell'ambito urbano dalle TAV ID15A, TAV ID15B, TAV ID15C e TAV ID15D individuate utilizzando come base cartografica la CTR in scala 1:10.000 nel primo caso e sia sulla base della cartografia comunale più dettagliata in scala 1:2000 nel secondo caso.

La codifica riportata nella legenda (tabella 27) per indicare le aree a rischio idraulico è quella adottata nelle "Linee guida per l'adeguamento dei P.U.C. al P.A.I. (Approvate con delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 18.7.2007) dove i quattro colori rappresentano rispettivamente:

Tabella 27 – Codifica legenda per le aree di rischio idraulico secondo le Linee guida per l'adeguamento dei P.U.C. al P.A.I.

	Simbolo	VALORI RGB
<i>Ri1 area di rischio moderato</i>		209,252,102
<i>Ri2 area di rischio media</i>		253, 232, 37
<i>Ri3 area di rischio elevata</i>		251, 160, 91
<i>Ri4 area di rischio molto elevato</i>		245,94,69

SEZIONE 4 CONCLUSIONI

11. CONCLUSIONI

Nel presente studio sono stati consultati i risultati delle indagini conoscitive svolte sui corsi d'acqua principali e secondari appartenenti al Sub Bacino 7 - Flumendosa Campidano Cixerri del PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF) in cui ricade il territorio del Comune di Sanluri; osservando che nessuno dei corsi d'acqua del Comune di Sanluri è stato precedentemente oggetto di studio nel PSFF e del PAI; ad esclusione dell'area, nella parte Sud del territorio di Sanluri, perimetrata Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 31.01.2014 avente per oggetto Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso "Cleopatra" del novembre 2013. Come indicato al punto 1) della medesima delibera a queste aree, quale misura cautelare, sono state applicate le stesse misure di salvaguardia delle aree di pericolosità idraulica molto elevata, coerentemente con quanto disposto dagli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e in particolare l' articolo 27 delle N.A. del PAI.

Il presente studio di compatibilità idraulica è stato svolto al fine di verificare e perimetrare eventuali aree a pericolosità idraulica all'interno del territorio del Comune di Sanluri ai sensi dell'art 8 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I.. Dall'analisi dello stato attuale si evince che complessivamente il reticolo idrografico all'interno del territorio Comunale presenta pericolosità idraulica significativamente critica relativamente all'evento cinquantennale senza escludere eventuali situazioni altrettanto critiche anche per le portate relative ai tempi di ritorno inferiori a cinquant'anni. Tali criticità possono interessare oltre i centri abitati attività produttive la viabilità e gli insediamenti rurali.

Il lavoro è stato condotto su tutto il territorio Comunale utilizzando il modello digitale del terreno (DEM) con passo 1 m su base cartografica CTR (scala 1:10000) e in corrispondenza del centro abitato alla scala dello strumento urbanistico (scala 1:2000).

L' individuazione delle aree di pericolosità non perimetrata in precedenza dal PAI (Norme di attuazione PAI. Art. 26), PSFF e dall'evento calamitoso "Cleopatra"; ovvero di quelle aree soggette a fenomeni di dissesto quali aree esondabili o aree soggette a fenomeni franosi porterà alla pianificazione dell'uso del territorio con la definizione della sua zonizzazione e conseguente disciplina relativa alla realizzazione di opere attività e interventi compatibili recependo le prescrizioni delle norme di attuazione PAI nelle relative norme del PUC che regolamentano ciascuna zona omogenea. Pertanto a seguito delle perimetrazioni di pericolosità e del recepimento delle norme di attuazione del PAI la zonizzazione prevista nel PUC non dovrà determinare incrementi di pericolosità o trasferimenti della stessa a monte o valle e pertanto potrà essere ritenuta compatibile sia dal punto di vista idraulico che geologico - geotecnico.

In definitiva le nuove aree di pericolosità del territorio comunale di Sanluri sono il risultato dell'inviluppo della pericolosità vigente (Tav. ID08A e Tav. ID 08B) con quella emersa dallo studio; salvo la possibilità di nuove ripermetrazioni delle aree a seguito di interventi di mitigazione del rischio.

Tale pericolosità da inviluppo è riportata cartograficamente nelle Tav. ID09A e Tav. ID 09B.

In conclusione alle fasce di pericolosità perimetrata, una volta approvate, sono applicate le misure di salvaguardia delle aree di pericolosità idraulica coerentemente con quanto disposto dagli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e in

particolare gli articoli 27, 27bis 28, 29 e 30 delle Norme di Attuazione del PAI; inoltre qualunque intervento deve essere comunque essere sottoposto ad apposito studio di dettaglio a scala adeguata .