



Comune di Pauli Arbarei
regione sardegna

Studio dell'Assetto Idrogeologico del Territorio Comunale

(Art. 8, comma 2, delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna)

PROGETTO DI PIANO

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

ELABORATO	TAVOLA	SCALA	ALLEGATO
Rel_B1			

COMMITTENTE RESPONSABILE: COMUNE DI PAULI ARBAREI
Area Tecnica - Responsabile: **Dott. Ing. Federica Manca**
Servizio Tecnico Manutentivo e Urbanistico
Responsabile del Procedimento: Dott. Ing. Federica Manca

PROGETTAZIONE: SUD OVEST ENGINEERING S.r.l.
Progettisti Responsabili: Dott. Ing. Andrea Lostia
Dott. Geol. Tiziana Carrus



**Sud
Ovest
Engineering S.r.l.**

Ingegneria
Architettura
Urbanistica
Ambiente
Territorio
Green energy
Consulting engineering
Servizi integrati di outsourcing
Engineering and contracting

Vale Marconi n. 87, 09131 CAGLIARI
Codice fiscale e partita IVA: 03454150925
Capitale Sociale 10.000,00 € i.v.
Tel./Fax: 070.8571341
sudovestengineering@gmail.com
soesrl@legalmail.it
www.sudovestengineering.it

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Andrea Lostia

Unità Operativa
Dott. Ing. Andrea Lostia
Dott. Geol. Tiziana Carrus

codice	emissione	elaborazione	controllato	approvato
2015_18	RE02	lostia/carrus	sulis	lostia



COMUNE DI PAULI ARBAREI

Via Giovanni XXIII n. 6 - 09020 Pauli Arbarei (VS)

Tel. 070_939955

E.mail: tecnico@comune.pauliarbarei.ca.it

PEC: comune.pauliarbarei@pec.it

Partita IVA: 01494400920 - codice fiscale: 82000530921

Studio dell'Assetto Idrogeologico del Territorio Comunale

(art. 8 , comma 2, delle N.T.A. del PAI Sardegna)

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

AREA TECNICA

Servizio Tecnico Manutentivo e Urbanistico

Responsabile: **Geom. Antonio Angelo Corona**

PROGETTO

Sud Ovest Engineering S.r.l.

Progettisti Responsabili: **Dott. Ing. Andrea Lostia**

Dott. Geol. Tiziana Carrus



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



INDICE

PREMESSA	3
FINALITÀ DELLO STUDIO	3
QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E PROGRAMMATICO	3
INQUADRAMENTO URBANISTICO LOCALE E SOVRAORDINATO	4
STRUTTURA, CONTENUTI E OBIETTIVI DELLO STUDIO	6
EFFETTI DELLO STUDIO - DISCIPLINA URBANISTICA	11
INTRODUZIONE ALLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	12
ANALISI METODOLOGICA	13
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	15
ANALISI IDROLOGICA	17
1. BACINO IDROGRAFICO E PARAMETRI MORFOMETRICI	19
2. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA	20
3. IL METODO RAZIONALE BASATO SULLA DISTRIBUZIONE TCEV	21
4. TEMPO DI CORRIVAZIONE	22
5. DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	24
6. VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER	27
7. SEZIONI DI CONTROLLO E BACINI IDROGRAFICI	27
ANALISI IDROLOGICA DEI BACINI/SUB-BACINI OGGETTO DI STUDIO	28
1. BACINO RIU SA MINTZA	28
2. BACINO RIU CANI	32
SOTTOBACINI RIU CANI	36
2.a SottoBacino Riu Cani Monti	36
2.b SottoBacino Riu Gora su Pauli	40
2.c SottoBacino Riu Tradula	44
3. BACINO RIU FUNTANAS	48
4. ANALISI INTERFERENZE RETICOLO IDROGRAFICO	52
4.1 Riu Sa Mintza	52
4.2 Riu Cani (sottobacino riu tradula)	54
4.3 Riu Cani (sottobacino riu gora su pauli)	56
4.4 Riu Cani	59
ANALISI IDRAULICA	61
1. IL MODELLO IDRAULICO	61
2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE SEZIONI	65
3. PARAMETRI DI VERIFICA	65
CONCLUSIONI	67

PREMESSA

Il Comune di Pauli Arbarei è risultato beneficiario del finanziamento di cui all'art. 16, comma 6, della L.R. 12/2011, quale contributo agli enti locali per la gestione del P.A.I. nell'ambito della pianificazione locale.

Successivamente all'assegnazione del contributo il Comune di Pauli Arbarei, con determinazione Area Tecnica n. 041 del 05.08.2015, ha affidato alla scrivente Società di Ingegneria Sud Ovest Engineering S.r.l. di Cagliari i servizi integrati di ingegneria e geologia per la predisposizione dello studio dell'Assetto Idrogeologico esteso a tutto il territorio comunale secondo le disposizioni delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna e delle relative Linee Guida per l'adeguamento dei piani urbanistici comunali al P.P.R. e al P.A.I..

I professionisti responsabili dello Studio sono il Dott. Ing. Andrea Lostia iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. A8050 dal 17.07.2001, e la Dott.ssa Geol. Tiziana Carrus iscritta all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n. 548 dal 21.01.2003.

FINALITÀ DELLO STUDIO

La finalità del presente studio è quella di eseguire l'analisi dell'assetto idraulico e geomorfologico, estesa a tutto il territorio comunale ai sensi delle N.T.A. del P.A.I., volta all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio (scala 1:10.000 per le aree extraurbane ed alla scala 1: 2.000 per l'area urbana).

Lo studio si compone dell'analisi dell'assetto idraulico, con le relative carte tematiche e studio di compatibilità idraulica; e dell'analisi dell'assetto geomorfologica con le relative carte tematiche e studio di compatibilità geologica e geotecnica.

QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E PROGRAMMATICO

La pianificazione della difesa del suolo, con particolare riferimento agli aspetti idrogeologici, costituisce un processo dinamico, in quanto l'assetto idrogeologico e le sue caratteristiche fisiche ed ambientali sono soggette ad un continuo processo evolutivo caratterizzato, sia da mutamenti che si esplicano nel lungo periodo legati alla naturale evoluzione idrogeologica del territorio, sia soprattutto da alterazioni e/o cambiamenti repentini dovuti al verificarsi di eventi di dissesto ovvero conseguenti alle trasformazioni antropiche dei luoghi.

Lo Studio trova fondamento ed è regolamentato dalla seguente normativa vigente:

- Decreto Legislativo 23.02.2010, n. 49 - Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- Legge 27.02.2009, n. 13 - Misure straordinarie in materia di risorse idriche e protezione dell'ambiente.
- Decreto Legislativo 03.04.2006, n. 152 - Norme in materia ambientale.
- D.M. 14 febbraio 1997 - Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico.
- Regio Decreto 11.12.1933, n. 1775 - Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici.
- Regio Decreto 25.07.1904, n. 523 - Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- Legge Regionale 06.12.2006, n. 19 - Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici.
- Legge Regionale 12.06.2006, n. 9 - Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali.

Lo studio inoltre deve essere coerente con gli obiettivi, le scelte e le disposizioni dei piani e programmi che mettono in evidenza e definiscono il quadro di riferimento pianificatorio e sovraordinato nel quale il nostro studio si inserisce. I piani e programmi che definiscono detto

quadro di riferimento sono:

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGR).

Il **Piano di Assetto Idrogeologico** del bacino unico regionale (P.A.I.), è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Esso ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Le misure di salvaguardia pertinenti tale piano sono entrate in vigore a decorrere dal marzo 2005 e il Piano, nella sua interezza, è stato definitivamente approvato nel luglio del 2006.

Il **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali** (P.S.F.F.) redatto quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Esso è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della Legge n. 183 del 1989, come modificato dall'art. 12 della Legge n. 493 del 1993, quale Piano Stralcio del Piano di bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della Legge n. 183 del 1989. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Le misure di salvaguardia correlate alle risultanze di tale studio sono divenute operative, per la quasi totalità dei corridoi fluviali dallo stesso piano analizzati, a decorrere dal giugno 2012, il Piano è stato approvato in via definitiva con Delibera n. 2 del 17.12.2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna.

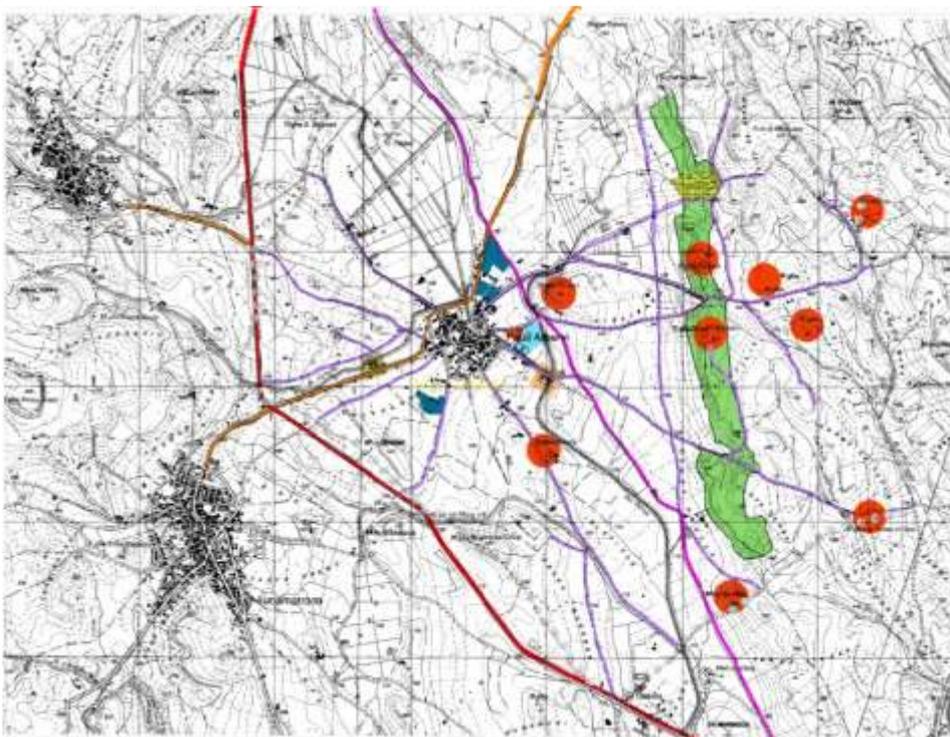
Il **Piano di Gestione del Rischio di Alluvione** (PGR), approvato in via definitiva con Delibera n. 2 del 15.03.2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna, ha come obiettivo generale la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sulla salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. Esso coinvolge pertanto tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, con particolare riferimento alle misure non strutturali finalizzate alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi degli eventi alluvionali; tali misure vengono predisposte in considerazione delle specifiche caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato. Il PGR individua strumenti operativi e di governance (quali linee guida, buone pratiche, accordi istituzionali, modalità di coinvolgimento attivo della popolazione) finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, al fine di ridurre quanto più possibile le conseguenze negative.

INQUADRAMENTO URBANISTICO LOCALE E SOVRAORDINATO

Il Comune di Pauli Arbarei è dotato di Piano Urbanistico Comunale vigente (Buras n. 31 del 11.10.2004) che classifica tutto il territorio comunale; l'area urbana suddivisa nelle zone urbanistiche omogenee "A", "B", "C", "D", "G", "S", le zone agricole "E", e le zone relative zone "H" di salvaguardia.



Stralcio dal P.U.C. – aree urbana



Stralcio dal P.U.C. – territorio

In riferimento al quadro pianificatorio sovraordinato bisogna rapportarsi ai piani elaborati dalla Regione Sardegna che sono:

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.);
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

Relativamente ai piani sovraordinati sopra elencati il Comune di Pauli Arbarei non risulta avere parti del territorio comunale e dell'area urbana perimetrate a rischio geomorfologico e a rischio idraulico.

STRUTTURA, CONTENUTI E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Lo studio è finalizzato all'elaborazione dell'analisi dell'assetto idrogeologico dell'intero territorio comunale di Pauli Arbarei con lo scopo di individuare le aree caratterizzate da possibili coinvolgimenti da parte di fenomeni idrogeologici (fenomeni di esondazione, di dissesto, o da situazione di puntuale criticità). Esso viene condotto ai sensi dell'art. 8, comma 2, e degli artt. 24, 25 e 26 delle N.T.A. del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (P.A.I.).

ARTICOLO 8 - Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa

.....

2. *Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal P.A.I., 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 paesistico 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 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.*

.....

5. *In applicazione dell'articolo 26, comma 3, delle presenti norme negli atti di adeguamento dei pian urbanistici comunali al P.A.I. sono delimitate puntualmente alla scala 1: 2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrate dal P.A.I.*

.....

ARTICOLO 24 - Studi di compatibilità idraulica

1. *In applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b., nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media sono accompagnati da uno studio di compatibilità idraulica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi.*

2. *Lo studio di compatibilità idraulica non sostituisce le valutazioni di impatto ambientale, le valutazioni di incidenza, gli studi di fattibilità, le analisi costi-benefici e gli altri atti istruttori di qualunque tipo richiesti dalle leggi dello Stato e della Regione Sardegna.*

3. *Lo studio di compatibilità idraulica:*

- è firmato da un ingegnere esperto nel settore idraulico e da un geologo, ciascuno per quanto di competenza iscritti ai rispettivi albi professionali;*
- valuta il progetto con riferimento alla finalità, agli effetti ambientali;*
- analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale dell'area interessata, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica della stessa area;*
- verifica e dimostra la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;*

- e. prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.*
- 4. Nei casi in cui leggi regionali o norme di piani territoriali e piani di settore della Regione Sardegna subordinino l'approvazione di progetti localizzati in aree di pericolosità da piena alla formazione di studi idraulici equivalenti agli studi di compatibilità idraulica di cui al presente articolo questi ultimi possono essere sostituiti dai primi a condizione che contengano elementi valutativi di pari livello e che tale equivalenza sia espressamente dichiarati dal Segretario Generale dell'Autorità di Bacino.*
- 5. Lo studio di compatibilità idraulica è predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato E alle presenti norme.*
- 6. I soggetti pubblici o privati titolari dell'attuazione degli interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità idraulica e di rischio idraulico sono tenuti a formare e trasmettere alla Regione, al fine di predisporre elementi per le eventuali varianti del PAI di cui all'articolo 37, nuove mappature delle aree pericolose interessate dagli interventi elaborate alla scala formati compatibili con il SIT della Regione.*
- 7. È attribuita alla competenza dei comuni l'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui alle norme tecniche assetto idrogeologico (PAI), riferiti a interventi rientranti interamente nell'ambito territoriale comunale, inerenti al patrimonio edilizio pubblico e privato, alle opere infrastrutturali a rete o puntuali, alle opere pubbliche ricerca e i prelievi idrici e per la conduzione delle attività agricole, silvocolturali e pastorali. Qualora tali interventi interessino l'ambito territoriale di più comuni, ovvero per intervento ed in particolare le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio, le opere in alveo e gli attraversamenti dei corsi d'acqua, la competenza all'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica è attribuita all'Autorità di bacino di cui alla legge regionale 6 dicembre 2006, n. 19 (Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici).*

ARTICOLO 25 - Studi di compatibilità geologica e geotecnica

- 1. In applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b., nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità molto elevata, elevata e media da frana sono accompagnati da uno studio di compatibilità geologica e geotecnica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi.*
- 2. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica non sostituisce le valutazioni di impatto ambientale, le valutazioni di incidenza, gli studi di fattibilità, le analisi costi-benefici e gli altri atti istruttori di qualunque tipo richiesti dalle leggi dello Stato e della Regione Sardegna.*
- 3. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica:*
- a. è firmato da un ingegnere esperto in geotecnica e da un geologo, ciascuno per quanto di propria competenza, iscritti ai rispettivi albi professionali;*
 - b. valuta il progetto con riferimento alla finalità, agli effetti ambientali;*
 - c. analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali dell'area interessata;*
 - d. verifica e dimostra la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;*
 - e. prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.*
- 4. Nei casi in cui leggi regionali o norme di piani territoriali e piani di settore della Regione Sardegna subordinino l'approvazione di progetti localizzati in aree di pericolosità da frana alla formazione di studi geomorfologici equivalenti agli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui al presente articolo questi ultimi possono essere sostituiti*

dai primi a condizione che contengano elementi valutativi di pari livello e che tale equivalenza sia espressamente dichiarata dal Segretario Generale dell'Autorità di Bacino.

5. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica è predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato F alle presenti norme.

6. I soggetti pubblici o privati titolari dell'attuazione degli interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità da frana e di rischio geomorfologico sono tenuti a formare e trasmettere alla Regione, al fine di predisporre elementi per le eventuali varianti del PAI di cui all'articolo 37, nuove mappature delle aree pericolose interessate dagli interventi elaborate alla scala della cartografia del PAI e con formati compatibili con il SIT della Regione.

7. È attribuita alla competenza dei comuni l'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui alle norme tecniche di attuazione del Piano di assetto idrogeologico (PAI), riferiti a interventi rientranti interamente nell'ambito territoriale comunale, inerenti al patrimonio edilizio pubblico e privato, alle opere infrastrutturali a rete o puntuali, alle opere pubbliche o di interesse pubblico nonché agli interventi inerenti l'attività di ricerca e i prelievi idrici e per la conduzione delle attività agricole, silvicolture e pastorali. Qualora tali interventi interessino l'ambito territoriale di più comuni, ovvero per tutte le altre tipologie di intervento ed in particolare le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio, le opere in alveo e gli attraversamenti dei corsi d'acqua, la competenza all'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica è attribuita all'Autorità di bacino di cui alla legge regionale 6 dicembre 2006, n. 19 (Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici)

ARTICOLO 26 - Aree pericolose non perimetrare nella cartografia di piano

1. Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

- a. reticolo minore gravante sui centri edificati;
- b. foci fluviali;
- c. aree lagunari e stagni.

2. Possiedono significativa pericolosità geomorfologica le seguenti tipologie di aree di versante appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

- a. aree a franosità diffusa, in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI;
- b. aree costiere a falesia;
- c. aree interessate da fenomeni di subsidenza.

3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al PAI, ai sensi dell'articolo 8, comma 5. Il programma triennale di attuazione stabilisce per tutte le aree indicate nel commi 1 e 2 interventi di sistemazione e manutenzione della rete idrografica, dei versanti e di regimazione del deflusso idrico superficiale.

4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al PAI, si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al PAI tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.

Lo studio secondo fasi successive di approfondimento conduce all'individuazione delle aree del territorio comunale suscettibili di innescare fenomeni di dissesto e/o di esondazione, esso è costituito dai seguenti elaborati:

N.	COD.	DESCRIZIONE	SCALA
PARTE GEOLOGICA E GEOTECNICA			SCALA
02	Rel_A1	Studio di compatibilità geologica e geotecnica	
03	Tav_A1	Carta Litologica	1:10000
04	Tav_A2	Carta delle Pendenze	1:10000
05	Tav_A3	Carta dell'uso del suolo	1:10000
06	Tav_A4	Carta geomorfologica e dei fenomeni franosi	1:10000
07	Tav_A5	Carta dell'instabilità potenziale dei versanti	1:10000
08	Tav_A6	Carta delle aree a pericolosità da frana	1:10000
PARTE IDRAULICA			SCALA
09	Rel_B1	Studio di compatibilità idraulica	
10	Rel_B2	Report elaborazioni idrauliche	
11	Tav_B1	Carta del reticolo e dei bacini idrografici	1:10000
12	Tav_B2	Carta dei tronchi critici suscettibili di pericolosità idraulica	1:10000
13	Tav_B3	Carta delle aree a pericolosità idraulica	1:10000
14	Tav_B4	Carta delle aree a pericolosità idraulica in ambito urbano	1:2000
ALLEGATI			
15	Allegato 01	Disciplina Urbanistica effetti sul PUC vigente	

Le varie fasi alla base dello studio su cui esso si articola possono essere così sintetizzate:

ANALISI STORICA

Analisi storica basata sulla memoria di particolari eventi calamitosi di dissesto, esondazione e/o allagamento, testimoniata dalla toponomastica di alcune località, dalle cronache e dai reperti documentali. Si è proceduto anche mediante ricerca bibliografica volta all'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico di varia natura, e alla ricerca di eventi calamitosi dovuti a dissesti, esondazione di corsi d'acqua e/o fenomeni di allagamento di varia natura. Si è presa visione anche del progetto AVI (Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche), del progetto IFFI (l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) ed infine è stata fatta una ricerca mediante l'ascolto degli anziani locali sulla sussistenza o meno di eventi calamitosi.

ANALISI DELLA CARTOGRAFIA DI BASE E FOTOINTERPRETAZIONE

Il primo approccio è stato quello di esaminare gli strumenti pianificatori esistenti e/o adottati a scala comunale e sovraordinati, per individuare il materiale ritenuto utile come base di partenza per la caratterizzazione dello studio, la cartografia esaminata è stata:

- Carta tecnica regionale 1:10000;
- Cartografia IGM 1:25000;
- Cartografia comunale elaborata su volo commissionato dal comune;
- Cartografia del P.A.I.;
- Cartografia del P.S.F.F.;
- Carta Idrogeologica 1:10000 (se disponibile negli elaborati del PUC);
- Carta dell'uso del suolo 1:10000;
- Carta geologica 1:10000;

Un valido supporto è stato fornito anche dal database del sito web della Regione Sardegna – Sardegna Geoportale dove sono state consultate le ortofoto e immagini satellitari dal 1943 al 2010, le foto oblique a maggior dettaglio relative al solo centro urbano del 2013; e dal database del sito web Google Earth Pro.

Si è proceduto inoltre al riconoscimento attraverso analisi foto interpretativa degli elementi del territorio interessato, caratterizzati dall'evoluzione temporale del reticolo di drenaggio come terrazzi fluviali, alvei abbandonati, morfologie deposizionali, e dall'evoluzione temporale di fenomeni geomorfologici attivi e/o quiescenti.

ANALISI DIRETTA SUL CAMPO

L'analisi diretta sul campo volta al rilievo dello stato di fatto dei luoghi, in funzione dell'accessibilità degli stessi, che ha interessato tutto il territorio comunale. Lo scopo è stato quello di implementare le informazioni in possesso, col fine di individuare fenomeni di franosità diffusa e fenomeni da frana potenziale e/o in atto. Sono state infine rilevate tutte le opere (ponti, tombini, canali e altre opere d'arte) interferenti con il reticolo idrografico anche minore.

Come precedentemente anticipato lo studio si compone di una parte Geologica e Geotecnica con relative carte tematiche, studio di compatibilità e carte finali della pericolosità geomorfologica (delimitazione delle aree suscettibili di dissesto) quale risultato finale dello studio di compatibilità geologica e geotecnica; una parte Idraulica con relative carte tematiche, studio di compatibilità e carte finali della pericolosità idraulica (delimitazione delle aree allagabili) quale risultato finale dello studio di compatibilità idraulica.

Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica

Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica, conformemente all'art. 25 delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna,:

- valuta la pericolosità geomorfologica del territorio in esame e i suoi effetti sui piani e programmi a scala comunale con riferimento alle loro finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni territoriali derivanti dalla realizzazione dei piani e programmi a scala comunale e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali del territorio interessato;
- verifica e dimostra la coerenza di piani e programmi con le previsioni e le norme del PAI Sardegna.

La compatibilità geologica e geotecnica è verificata in funzione dei dissesti in atto o potenziali che definiscono la pericolosità dell'area interessata in relazione alle destinazioni e alle trasformazioni d'uso del suolo collegate alla realizzazione di piani e programmi; ed è valutata anche in base agli effetti di questi sull'ambiente, tenendo conto della dinamica evolutiva dei dissesti che interessano il contesto territoriale coinvolto in funzione delle condizioni al contorno.

Studio di Compatibilità Idraulica

Lo studio di compatibilità idraulica, conformemente all'art. 24 delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna,:

- valuta la pericolosità idraulica del territorio in esame e i suoi effetti sui piani e programmi a scala comunale con riferimento alle loro finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni territoriali derivanti dalla realizzazione dei piani e programmi a scala comunale e le condizioni e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale del territorio, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dello stesso territorio;
- verifica e dimostra la coerenza di piani e programmi con le previsioni e le norme del PAI Sardegna.

Lo studio di compatibilità idraulica si compone dell'ANALISI IDROLOGICA, che riporta lo studio dei bacini e del reticolo idrografico insistente sul territorio oggetto di studio, con l'elencazione delle aste fluviali principali e dei compluvi di cui si è potuto definire un quadro conoscitivo sulla base delle informazioni cartografiche e delle conoscenze locali. I corsi d'acqua richiamati, unitamente all'intero sistema idrografico interno al territorio saranno oggetto di analisi. L'analisi si occupa dell'interpretazione del fenomeno con relativa

metodologia di calcolo, esaminando inoltre le grandezze caratteristiche che contraddistinguono il bacino scolante afferente alle sezioni di chiusura delle aste in esame, le grandezze idrologiche necessarie per la determinazione del valore della precipitazione e le successive determinazioni numeriche delle portate di calcolo. E dall'ANALISI IDRAULICA che tratta il comportamento idraulico dei tronchi critici, mediante l'illustrazione del fenomeno fisico e al relativo codice di calcolo utilizzato, per l'esecuzione delle elaborazioni numeriche; il risultato saranno i profili, sezioni e tabulati numerici delle elaborazioni eseguite.

Il cuore dello studio di compatibilità idraulica si incentra sulla valutazione idrologica e sulla valutazione idraulica, dalle quali poi discende la definizione delle aree allagabili; in entrambi i casi si fa ricorso alle linee guida del PAI, per la stima delle portate al colmo di piena. Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover stimare le portate in sezioni non osservate, suggerisce che la stima della portata di piena ad assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili.

Nello specifico le caratteristiche dimensionali dei bacini impedisce un approccio di tipo diretto, mentre la recente disponibilità di dati osservati permette un adeguata calibrazione del modello idrologico per l'applicazione del sistema afflussi-deflussi.

Per quanto concerne la determinazione dei livelli idrici e la conseguente perimetrazione delle aree pericolosità idraulica, la mappatura sarà effettuata conformemente a quanto disposto dalle NTA del PAI, secondo cui il calcolo dei livelli di esondazione per ciascun tronco critico verrà condotto con tecniche di moto permanente, corrispondentemente alle portate di piena con tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni determinate attraverso i metodi precedentemente descritti in un numero di sezioni sufficientemente significative.

In base ai profili così determinati verranno definite quindi come allagabili tutte le porzioni di territorio limitrofe al corso d'acqua le cui quote del piano di campagna risultino minori di quelle del pelo libero della corrente nelle sezioni considerate. La definizione delle nuove aree di allagamento, infine, è derivata da un raffronto ragionato dei risultati ottenuti unitamente alle verifiche sul campo e all'analisi degli eventi storicamente avvenuti.

Lo studio di compatibilità costituisce lo strumento a supporto delle scelte della pianificazione in grado di valutare la compatibilità delle trasformazioni territoriali, riferite ai piani e/o programmi, con le condizioni di dissesto idrogeologico presenti e/o potenzialmente presenti nel contesto territoriale di riferimento, secondo le disposizioni della normativa di settore e del P.A.I. Sardegna nello specifico.

EFFETTI DELLO STUDIO - DISCIPLINA URBANISTICA

In termini di interazione con gli strumenti di pianificazione territoriale, il presente studio si traduce nell'eventuale apposizione di forme di utilizzo del territorio, passando dalla totale inedificabilità, alla edificabilità soggetta a prescrizioni specifiche, sino alla totale mancanza di condizionamento.

Con l'approvazione del presente Studio vengono pertanto introdotte nella Pianificazione Comunale, le norme del PAI Sardegna che disciplinano da un punto di vista urbanistico-edilizio le aree perimetrate a rischio idrogeologico.

INTRODUZIONE ALLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Lo studio di compatibilità idraulica, conformemente all'art. 24 delle N.T.A. del P.A.I. Sardegna:

- valuta la pericolosità idraulica del territorio in esame e i suoi effetti sui piani e programmi a scala comunale con riferimento alle loro finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni territoriali derivanti dalla realizzazione dei piani e programmi a scala comunale e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale del territorio, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dello stesso territorio;
- verifica e dimostra la coerenza di piani e programmi con le previsioni e le norme del PAI Sardegna.

Con riferimento all'art. 26 delle N.T.A. del P.A.I. l'intero territorio comunale è stato esaminato verificando la presenza o meno delle seguenti tipologie di aree idrografiche a significativa pericolosità idraulica:

- a. reticolo minore gravante sui centri edificati;
- b. foci fluviali;
- c. aree lagunari e stagni.

È stato studiato l'intero reticolo idrografico con lo scopo di individuare i relativi tronchi critici e/o la presenza di manufatti e/o infrastrutture le cui interferenze potessero innescare fenomeni di pericolosità idraulica.

Il presente studio, secondo fasi successive di approfondimento, è così articolato:

ANALISI METODOLOGICA

Riporta una breve descrizione della metodologia utilizzata per redigere lo studio, il quadro informativo sulla cartografia storica con descrizione dell'evoluzione del territorio con i risvolti che lo stesso ha avuto in merito al sistema dei deflussi superficiali; e l'analisi foto interpretativa degli elementi del territorio interessato.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Prevede una breve descrizione del territorio comunale unitamente all'elencazione del quadro informativo territoriale utilizzato.

ANALISI IDROLOGICA

Riporta lo studio dei bacini e del reticolo idrografico insistente sul territorio oggetto di studio, con l'elencazione delle aste fluviali principali e dei compluvi di cui si è potuto definire un quadro conoscitivo sulla base delle informazioni cartografiche e delle conoscenze locali. I corsi d'acqua richiamati, unitamente all'intero sistema idrografico interno al territorio saranno oggetto di analisi. L'analisi si occupa dell'interpretazione del fenomeno con relativa metodologia di calcolo, esaminando inoltre le grandezze caratteristiche che contraddistinguono il bacino scolante afferente alle sezioni di chiusura delle aste in esame, le grandezze idrologiche necessarie per la determinazione del valore della precipitazione e le successive determinazioni numeriche delle portate di calcolo.

ANALISI IDRAULICA

Tratterà il comportamento idraulico dei tronchi, mediante l'illustrazione del fenomeno fisico e al relativo codice di calcolo utilizzato, per l'esecuzione delle elaborazioni numeriche; il risultato saranno i profili, sezioni e tabulati numerici delle elaborazioni eseguite. La definizione delle nuove aree di allagamento, infine, è derivata da un raffronto ragionato dei risultati ottenuti unitamente alle verifiche sul campo e all'analisi degli eventi storicamente avvenuti.

Il risultato finale dello studio di compatibilità idraulica saranno le carte della pericolosità idraulica, ossia la delimitazione delle aree allagabili, e la relativa disciplina urbanistico-edilizia, quale strumento a supporto delle scelte della pianificazione in grado di valutare la compatibilità delle trasformazioni territoriali, riferite ai piani e/o programmi, secondo le disposizioni della normativa di settore e del P.A.I. Sardegna nello specifico.

ANALISI METODOLOGICA

Dallo studio del reticolo e dei bacini idrografici si sono individuati quei tronchi critici fluviali, che, a causa delle loro caratteristiche morfologiche e/o della presenza di manufatti, condizionano il deflusso delle acque mettendo a rischio gli elementi presenti nelle aree a loro adiacenti, che possono essere potenzialmente soggetti a fenomeni di esondazione e quindi causa di allagamenti.

L'analisi per l'individuazione dei tronchi critici si è basata sui seguenti criteri:

- il criterio dell'analisi storica basata sulla memoria di particolari eventi di piena storica, testimoniata dalla toponomastica di alcune località, dalle cronache e dai reperti documentali;
- il criterio geomorfologico basato sul riconoscimento attraverso analisi foto interpretativa degli elementi del territorio caratterizzati dall'evoluzione temporale del reticolo di drenaggio come terrazzi fluviali, alvei abbandonati, morfologie deposizionali,
- il criterio dell'attraversamento delle aree di pregio basato sulla constatazione dell'esistenza, lungo o nelle vicinanze degli alvei fluviali, di elementi esposti, così come indicati dal D.P.C.M. 29.09.98:
 1. aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile,
 2. aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie,
 3. nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava.
 4. centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici.

Analisi storica e cartografia di base

Il primo approccio è stato quello di esaminare gli strumenti pianificatori esistenti e/o adottati per individuare il materiale ritenuto utile come base di partenza per la caratterizzazione del territorio, la cartografia esaminata è stata:

- Carta tecnica regionale 1:10000;
- Cartografia IGM 1:25000;
- Cartografia del PUC vigente;
- Cartografia del P.A.I.;
- Cartografia del P.S.F.F.;
- Carta dell'uso del suolo 1:10000;
- Carta geologica 1:10000;
- Piano Comunale di Protezione Civile del 15.05.2015.

Valido supporto allo studio è stato fornito da:

- il database del sito web della Regione Sardegna – Sardegna Geoportale dove sono state consultate le ortofoto e immagini satellitari dal 1943 al 2010, le foto oblique a maggior dettaglio relative al solo centro urbano del 2013;
- il database del sito web Google Earth Pro.

Inoltre sono stati richiesti alla Regione Sardegna, Assessorato Enti locali e Urbanistica, ulteriori dati cartografici e ortofoto, al momento non disponibili.

Successivamente si è proceduto ad una ricerca bibliografica volta all'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico di varia natura, e alla ricerca di eventi calamitosi dovuti ad esondazione di corsi d'acqua e/o fenomeni di allagamento di varia natura. Si è presa visione del progetto AVI del Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche ed infine è stata fatta una ricerca mediante l'ascolto degli anziani locali sulla sussistenza o meno di eventi calamitosi.

Il toponimo, nella dizione locale "Paùì Sizànus" dal nome del paese di Sisalmus, deriva dal sardo "paùli, padùle" e dal latino palus, paludis (palude, acquitrino) e da "Arbarèi" (di Arborea), aggiunto per definirne l'appartenenza al Regno di Arborea. Paùli, infatti, si riferisce alla palude su cui sorgeva la villa scomparsa di Sisalmus, fatta prosciugare alla fine dell'Ottocento da due ricchi proprietari della zona.

In generale si è potuto constatare l'inesistenza di eventi calamitosi (che abbiano interessato le popolazioni locali con perdite di vite umane e danni rilevanti al patrimonio) dovuti a fenomeni franosi di varia natura che abbiano interessato il territorio comunale di Pauli Arborei, anche se nel 2013 si è verificato un fenomeno meteorologico intenso che ha causato alcuni allagamenti.

Rilevamento sul campo

In seguito all'analisi della documentazione cartografica si è passati alla fase della verifica sul campo effettuando vari sopralluoghi, in funzione all'accessibilità dei luoghi, che hanno interessato il territorio comunale con particolare attenzione alle infrastrutture e/o ai manufatti interferenti col reticolo idrografico anche minore.

Fase di sintesi e di output

L'ultimo step è stato quello di realizzare la carta di sintesi delle aree a pericolosità idraulica seguendo le direttive e le metodologie riportate nelle Linee Guida del Piano Assetto idrogeologico (PAI) della Sardegna.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio oggetto di studio, racchiuso dai limiti amministrativi del Comune di Pauli Arbarei, è ubicato nella parte nord-orientale della provincia del Medio Campidano, nell'ambito territoriale denominato "Marmilla", su una vallata che ad ovest si ricongiunge con l'altopiano basaltico del "Pranu" di Siddi.; confina con i comuni di Turri, Ussaramanna, Tuili, Las Plassas, Villamar, Lunamatrona e Siddi. Il centro urbano è situato ad un'altitudine di circa 136 metri sopra il livello del mare, mentre il territorio varia da un'altimetria minima di 113 m slm (nella piana del "riu pardu" in "località isla'pidas") ad una massima di 239 m slm (in località "pranu sa tela") con un'escursione altimetrica di 126 m. Il territorio di Pauli Arbarei si estende per 15,14 km² in cui è insediata una popolazione di circa 630 abitanti per una densità di 41,62 ab./km².

Nella Cartografia Ufficiale Italiana il Comune di Pauli Arbarei è inquadrato nel Foglio 539 sezione II Villamar (nuova edizione) dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000, e nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 nell'elemento 539110 - 539120 - 539160.

La morfologia del territorio in esame è caratterizzata della regione, largamente dominata dalle condizioni litologiche della formazione oligo-miocenica della "Marmilla"; ne consegue un monotono paesaggio collinare, generalmente depresso. Soltanto in alcune zone, dove le arenarie e le calcareniti si presentano in grossi banchi, si originano dorsali, di preferenza allungate da N-S. Il terreno presenta una acclività e una morfologia con un andamento plano-altimetrico di tipo prevalentemente pianeggiante con andamento di tipo collinare con pendenze modeste nella parte orientale al confine comunale con Las Plasas.

Il centro abitato di Pauli Arbarei è situato in un'area prevalentemente pianeggiante, paludosa fino ai primi anni del novecento; da tale ambientazione deriva infatti, in parte, il nome stesso del centro (pauli = palude); esso rappresenta un punto di confluenza di diversi tracciati viari che lo collegano ai centri vicini: Villanovaforru, Ussaramanna, Tuili, Villamar.

L'abitato caratteristico risulta variamente antropizzato: la quasi totalità del territorio è destinata a pascolo e alle coltivazioni (vigneti, uliveti, mandorleti...); in una vasta area ad est del centro abitato sono presenti tracce di rimboschimenti.

Il reticolo idrografico si presenta piuttosto modesto, caratterizzato da incisioni poco marcate in corrispondenza dell'alveo del "riu tràdula", del "riu pardu" e di modestissime incisioni sul "riu is funtanas" e sul "riu sa mitza".

Il territorio è caratterizzato da due unità idrogeologiche principali, ognuna delle quali associa litologie molto vicine sia per origine che per grado e tipo di permeabilità:

- Unità delle alluvioni quaternarie con permeabilità per porosità complessiva medio-bassa e localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana;
- Unità delle formazioni vulcano-sedimentarie oligo-mioceniche, con permeabilità complessiva medio-alta per porosità e subordinatamente per fessurazione e/o carsismo (calcari) e localmente medio-bassa in corrispondenza dei termini marnosi e vulcanici.

Il reticolo idrografico è principalmente di tipo dendritico con sviluppo uniforme, caratterizzato da terreni omogenei a bassa permeabilità, in cui alcuni tratti dei corsi d'acqua sono stati regimati per poter consentire la coltivazione dell'ampia pianura e soprattutto la messa in sicurezza del centro urbano. Infatti sia il Riu Tradula che il Rio Gora su Pauli confluiscono entrambi nella parte a nord del centro urbano, per poi attraversarlo in un canale artificiale interrato, sino alla periferia ad una quota di 124 m s.l.m.; per poi immettersi nel Rio Pardu nelle vicinanze del depuratore comunale, che prosegue verso Villamar da dove prende la denominazione di Riu Cani. In generale presentano le vallecole piatte con deflussi a carattere torrentizio.

Il Riu Tradula nasce alle pendici del Pranu di Siddi ad una quota di circa 300 m, presenta un andamento lineare orientato in direzione NW-SE, per poi cambiare orientamento NE-SW

fiancheggiando la SP 17.

Il Riu Gora su Pauli nasce nel territorio comunale di Ussaramanna, in località Billiconi ad una quota di 260 m s.l.m., sino ad arrivare a Su Pauli dove viene canalizzato e in cui affluiscono altri piccoli canali di bonifica.

Il Riu Pardu nasce nel territorio comunale di Tuili, ai piedi del Monte Leonaxi ad una quota di 250 m s.l.m., sino ad arrivare nel comune di Pauli Arbarei per assumere un andamento sinuoso e canalizzato, in cui confluiscono la quasi totalità delle acque del territorio comunale che prosegue verso Villamar da dove prende la denominazione di Riu Cani.

Altro corso d'acqua che attraversa marginalmente il territorio è il Rio Sa Mitza, che arriva da Lunamatrona e si rimette nel Rio Pardu.

Nella parte orientale del territorio il reticolo è poco sviluppato ed presente il solo Riu is Funtanas, che nasce a destra del N.ghe Passeri ad una quota di 195 m s.l.m., con andamento dolcemente sinuoso e orientamento preferenziale NW-SE, per poi continuare il suo corso lungo il confine comunale in cui affluiscono altre due aste.

Tutti i corsi d'acqua hanno un regime di tipo torrentizio, con piene durante le stagioni piovose e alveo pressoché asciutto durante quelle siccitose. L'andamento variabile delle precipitazioni influisce quindi in maniera decisiva sui deflussi e le portate dei corsi d'acqua. Nel corso degli anni con i cambiamenti climatici sono più frequenti le precipitazioni intense e concentrate di breve periodo, responsabili dei dissesti e delle alluvioni che si ripetono oramai con tempi di ritorno molto ravvicinati.

L'insieme dei fenomeni morfogenetici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Con riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale con l'Ordinanza D.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e la successiva n. 3519 del 28/04/2006 la Sardegna è stata classificata come **zona sismica 4 "pericolosità molto bassa"**. Lo studio di pericolosità, allegato all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, integrato con il D.M. 14/01/2008, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

In riferimento al rischio idrogeologico bisogna rapportarsi ai piani elaborati dalla Regione Sardegna che sono:

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.);
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

Relativamente ai piani sovraordinati sopra elencati il Comune di Pauli Arbarei non risulta avere parti del territorio comunale e dell'area urbana perimetrate a rischio geomorfologico e a rischio idraulico.

ANALISI IDROLOGICA

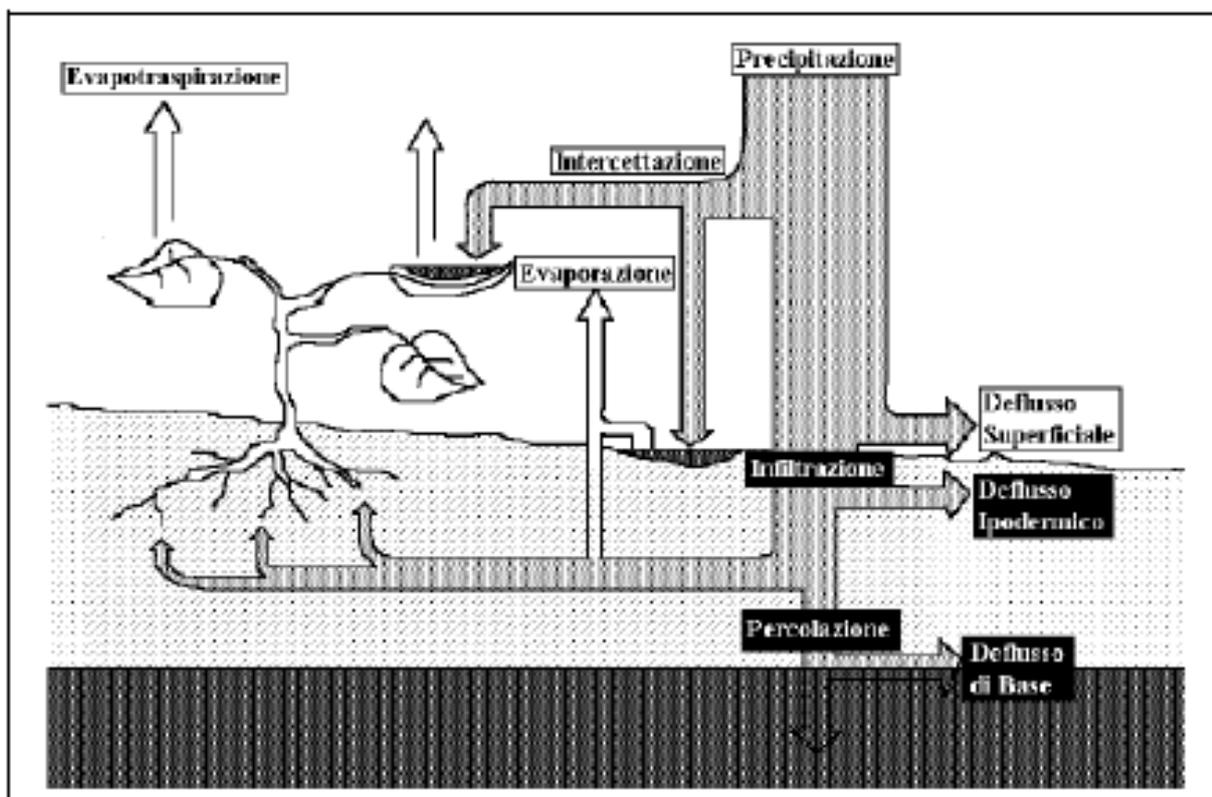
Il territorio comunale di Pauli Arbarei è ricompreso all'interno del Bacino unico della Sardegna, più precisamente nel sub bacino n. 7 del Flumendosa-Campidano-Cixerri, così come riportato nel Piano di Assetto Idrogeologico e nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali. L'individuazione del sistema idrografico, costituisce la base di partenza dello studio idrologico e idraulico.

È importante rilevare che la definizione delle aree di allagamento sulla cartografia è l'ultimo passo di un processo di analisi che non può essere scisso dalle fasi che lo precedono e che, come tale, risente delle schematizzazioni che necessariamente devono essere assunte.

Nell'analisi idrologica l'ordine di schematizzazione assunto riguarda sia il quadro concettuale che esprime il verificarsi del fenomeno, sia la successiva traduzione modellistica del fenomeno semplificato.

Nel primo caso giova rilevare che la schematizzazione di base per la rappresentazione della trasformazione degli afflussi in deflussi parte dall'individuazione di un processo descrittivo che assume il deflusso come accorpamento negativo delle grandezze facenti parte del bilancio idrico.

In particolare con il concetto di "trasformazione afflussi-deflussi" raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete idrografica secondo la seguente schematizzazione.



La realizzazione di modelli di piena passa necessariamente attraverso ulteriori semplificazioni del fenomeno, trascurando alcune grandezze possono che considerarsi influenti, infatti:

- l'evapotraspirazione risulta essere modesta o nulla in relazione ai deflussi superficiali che assumono importanza preponderante rispetto agli altri;
- i diversi tipi di deflusso (superficiale, ipodermico, profondo o di base) assumono una importanza relativa che varia in funzione del tempo caratteristico di risposta del bacino in esame;
- il deflusso di base, ovvero quello che può ritenersi costante e determinato dalle portate di magra del corso d'acqua, può essere ritenuto costante nell'ambito dell'evento di piena. Tale contributo, risulta in genere essere di uno o più ordini di grandezza inferiore alle portate di piena, e quindi in buona approssimazione trascurabile, così pure il deflusso ipodermico nel caso di un bacino di dimensioni medie o piccole.

La seconda fase consiste nello stabilire le relazioni analitiche intercorrenti tra le caratteristiche dell'evento meteorico che causa la piena e le modalità con cui avviene la trasformazione afflussi-deflussi.

Il processo di analisi ha avuto le sue prime formulazioni nella metà dell'800 (Mulvany) nella relazione veniva definito il valore della portata al colmo Q per un assegnato periodo di ritorno per effetto di una precipitazione ricadente in un bacino assegnato.

Nella sua formulazione, venivano assunte le seguenti semplificazioni:

- il valore della portata al colmo Q relativo ad un evento meteorico costante, è il maggiore tra tutti i valori di portata definiti per lo stesso bacino e per lo stesso tempo di ritorno T .
- per un preassegnato periodo di ritorno, l'evento meteorico che genera il valore massimo di portata ha una durata pari al tempo di corrivazione;
- che la portata al colmo Q per un evento causata da una precipitazione ragguagliata di intensità costante sia proporzionale all'intensità della precipitazione, alla superficie del bacino e a un coefficiente C legato alle caratteristiche del bacino e al suo grado di impermeabilità.

Il successivo approccio cinematico cui si fa affidamento per la determinazione della portata introduce semplificazioni che tendono a schematizzare il deflusso sempre assumendo delle condizioni che tendono a eliminare le interazioni tra le grandezze che concorrono; in particolare, le ipotesi di base sono:

- il trasferimento della piena sia affidata al trasferimento di massa liquida;
- ogni goccia percorra sempre la stessa traiettoria anche con l'evoluzione del processo di pioggia, e che quindi le linee di corrivazione siano immutabili;
- il tempo di corrivazione, e quindi la velocità di ruscellamento dell'acqua sia immutabile con il livello di saturazione del terreno e con il formarsi del velo idrico superficiale, la velocità della goccia non sia influenzata dal moto delle altre gocce;
- la portata di piena sia data dalla somma delle portate provenienti dalle altre parti di bacino che si presentano alla sezione di chiusura allo stesso istante.

Le ipotesi di cui sopra diventano di fondamentale importanza in relazione al contesto territoriale entro cui si opera, e inducono approssimazioni più o meno rilevanti in base alle forme e caratteristiche dei bacini riferimento.

Entrando nelle specifiche grandezze che influenzano il modello, si rileva che le semplificazioni riguardano sia il grado di precisione della stima dell'intensità di pioggia, della sua distribuzione spaziale, che evidentemente della superficie del bacino ma anche della sua forma, così pure dell'individuazione della pioggia netta, e passa attraverso una modellizzazione della risposta del bacino stesso.

Le considerazioni su esposte, dunque, inducono a ritenere che possa essere accettato un grado di scostamento rispetto alle condizioni che realmente potrebbero verificarsi.

In fase di valutazione delle grandezze su richiamate, sarà opportuno valutare il grado di imprecisione che deriva dalla valutazione dell'intensità di pioggia, dalla sua distribuzione

spaziale e dal comportamento del bacino idrografico per quanto attiene il processo di trasformazione afflussi deflussi.

Con l'ausilio di codici specifici per l'idrologia in ambiente GIS è stata dunque eseguita la prima fase di processo dei dati. Successivamente sono stati definiti, per ogni cella, la direzione del flusso, la direzione di massima pendenza, il numero di celle a monte che contribuiscono al flusso, la rete di drenaggio, le aree di drenaggio per ogni segmento idrico, etc., ai fini di ottenere il quadro completo che concorre all'individuazione dei parametri di bacino.

L'intera procedura consente di individuare quindi i principali parametri idrologici, quali la pendenza del bacino, l'asta principale, la lunghezza e pendenza dell'asta principale, la quota massima, minima e la superficie del bacino, la pendenza media.

Il calcolo della portata è stato effettuato conformemente a quanto previsto nelle Linee Guida del PAI. In esse si rileva che, in mancanza di dati osservati, si dovrà far ricorso alle metodologie di calcolo disponibili, che possono essere inquadrate in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti, la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente, ovvero indirettamente tramite trasformazione afflussi-deflussi.

Nel caso specifico, la stima della portata di piena ad assegnata frequenza sarà determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e i metodi empirici.

Per l'applicazione dei metodi di cui sopra si dovrà ricorrere all'individuazione dei parametri morfologici dei bacini in studio.

1. BACINO IDROGRAFICO E PARAMETRI MORFOMETRICI

Intendiamo per bacino idrografico la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, passano per la sezione di chiusura. Le caratteristiche morfometriche esaminate riguardano le dimensioni planimetriche, il rilievo, la pendenza media del bacino, dell'asta fluviale e il tempo di corrivazione, riferite ai principali bacini idrografici individuati nel territorio comunale che ai sub-bacini utili ai fini delle verifiche del calcolo idraulico.

Le dimensioni planimetriche sono:

- **A** - area o superficie del bacino: superficie della proiezione orizzontale del bacino idrografico chiuso alla sezione del corso d'acqua;
- **P** - perimetro: lunghezza della proiezione orizzontale di tutto il contorno dello spartiacque del bacino idrografico;
- **L** - lunghezza dell'asta (fluviale) principale: lunghezza misurata considerando il "percorso idraulicamente più lungo" partendo dallo spartiacque sino alla sezione di chiusura dell'asta (fluviale) principale, la quale identifica il percorso dei deflussi più importante nel bacino, lungo il quale dovrebbero anche defluire le portate maggiori.

I parametri o i coefficienti più significativi di un bacino relativi alle sue caratteristiche morfometriche sono:

- pendenza media del bacino j_m :

$$j_m = \Delta z * \Sigma l_i / A$$

Δz differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,

Σl_i sviluppo totale delle curve di livello

A superficie del bacino

- altitudine media del bacino H_m :

$$H_m = \Sigma S_i z_i / A$$

S_i area compresa tra due curve di livello, differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,

z_i sviluppo totale delle curve di livello

A superficie del bacino

- pendenza media dell'asta (fluviale) principale i_m :

$$\sqrt{i_m} = \frac{L_a}{\sum_k \frac{l_k}{\sqrt{i_k}}}$$

dove l_k e i_k sono la lunghezza e la pendenza del k-esimo tratto elementare dell'asta principale.

Il tracciamento dei bacini è stato fatto in ambiente GIS e integrato con applicativi specializzati per l'elaborazione idrologica. In particolare si è proceduto alla creazione di un modello digitale del terreno (DEM) costituito da una griglia a maglia quadrata di 10 metri ottenuta con un algoritmo triangolare ottimizzato (TIN), a sua volta desunto dalla trasformazione numerica delle isocore vettoriali 3D tratte dalla Carta Tecnica Regionale.

Il DEM così elaborato costituisce la base altimetrica su cui individuare la linea di displuvio che delimita il bacino e fornisce la rappresentazione numerica da cui desumere i parametri morfometrici del bacino stesso necessari alle elaborazioni idrologiche.

In particolare il DEM consente, con operazioni semplici, di determinare l'area dei bacini totale e parziali, le quote delle sezioni d'interesse, le altitudini medie, minime e massime.

La carta delle acclività, derivata dal DEM, consente la determinazione della pendenza media del bacino; la struttura di rete assunta, infine, con l'aggiunta della coordinata Z del DEM, consente agevolmente l'individuazione dell'asta principale, con gli attributi di lunghezza e pendenza media, e del suo profilo altimetrico.

2. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA

Come previsto dalle Linee Guida PAI la stima della portata al colmo può essere eseguita con tre metodo differenti:

- 1) metodo "diretto o probabilistico"
- 2) metodo "indiretto o analitico"
- 3) metodo "empirico".

I primi pervengono al valore della portata al colmo in una sezione di interesse a partire dall'analisi di serie storiche osservate di portata; i secondi sfruttano un modello di trasformazione afflussi-deflussi che consente di pervenire alla portata di progetto partendo dall'analisi statistica delle piogge; i metodi empirici, infine, si basano sull'osservazione di valori di portata al colmo che vengono posti in relazione con particolari parametri geomorfologici di bacino.

Non disponendo di serie storiche osservate di portate occorre subito scartare l'ipotesi di ricorrere a metodi di stima diretti che tra l'altro sono stati validati solo per grandi bacini al di sopra di 40-60 km².

I metodi empirici hanno il difetto di non tenere conto di nessuna analisi statistica, sono legati alla limitata serie di valori osservati e, in genere, danno dei valori di portata decisamente sovrastimati.

In tale ottica i metodi indiretti, vista anche la dimensione dei bacini in studio, paiono i più adatti a sopperire alla inconsistenza dei dati osservati e, tra questi, il metodo razionale, basato sulla formula omonima, risulta certamente fra i più utilizzati.

La scelta del modello trasformazione afflussi-deflussi è un aspetto molto importante in quanto determina l'accuratezza dei risultati delle elaborazioni e la corretta interpretazione della dinamica del bacino in esame. Nel caso dei nostri bacini in studio vista la loro dimensione ed essendo contigui, alcune caratteristiche idrologiche sono state considerate omogenee.

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di

trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate) è detto "contributo specifico di piena" o "coefficiente udometrico" (u), espresso usualmente in $[l/s\cdot ha]$. La stima di " u " avviene utilizzando dei modelli concettuali semplificati che permettono di ricavare la portata massima che si ha alla sezione di chiusura del bacino a fronte di una precipitazione di assegnata durata e tempo di ritorno.

Tra i vari modelli analitico/concettuali disponibili in letteratura tecnica vi sono tre diversi metodi:

- il Metodo Razionale o Cinematico o del Tempo di Corrivazione, che rappresenta nel contesto italiano la formulazione sicuramente più utilizzata a livello operativo;
- il Metodo dell'Invaso;
- Il Metodo Curve Numbers proposto dal Soil Conservation Service (SCS) americano.

Circa la scelta della distribuzione di probabilità per le piogge (da adottarsi con la formula razionale), gli ultimi sviluppi della letteratura in proposito di eventi estremi in Sardegna hanno mostrato come la distribuzione Two Components Extreme Value, nota come TCEV, si presenti più adatta di quella Lognormale per interpretare i fenomeni di pioggia brevi e intensi. Il metodo permette di esprimere la massima portata inerente una generica sezione che sottende ad un bacino di area A , in funzione della precipitazione critica ragguagliata che chiameremo $h_{(T)}$. Il metodo trova fondamento dall'ipotesi che il tempo impiegato da una goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino sia una costante che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui questa è caduta; tale intervallo di tempo viene definito come "tempo di corrivazione". La sua importanza deriva dal fatto, che per una precipitazione di durata t_c , tutto il bacino contribuisce al deflusso superficiale, e quindi alla sezione di chiusura si registrerà la massima portata.

3. IL METODO RAZIONALE BASATO SULLA DISTRIBUZIONE TCEV

La stima della portata di colmo con i metodi indiretti come quello razionale con distribuzione TCEV passa attraverso la valutazione della pioggia critica, cioè della pioggia che determina la portata massima, nell'ipotesi approssimata che il tempo di ritorno di un certo evento di pioggia si possa attribuire anche alla portata che esso genera.

La trasformazione Afflussi-Deflussi che consente di passare dalle precipitazioni alle portate fa ricorso al metodo Cinematico e alla cosiddetta "formula razionale" che calcola la portata di piena in base al fenomeno della corrivazione delle particelle liquide.

Per tale formula la pioggia critica è quella di durata pari alla somma del tempo di corrivazione più il tempo di formazione del deflusso superficiale. Quindi se si indica con Θ la durata critica si ha:

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

T_c il tempo di corrivazione del bacino

T_f il tempo di formazione del deflusso superficiale;

Nota la durata critica Θ la formula razionale definisce la portata al colmo relativa ad un certo tempo di ritorno con la relazione:

$$Q = i_{n,r} [\Theta, T_R, r(\Theta, A)] \cdot A \cdot$$

In modo più esplicito:

$$Q = \frac{\Phi h [\Theta, T_R] r [\Theta, A] A}{\Theta} \quad (1)$$

Essendo

A l'area del bacino in km^2

$h[\Theta, T_R]$ l'altezza di pioggia critica di durata Θ e tempo di ritorno T_R

Φ il coefficiente di deflusso

$r(\Theta, A)$ il fattore di ragguglio della precipitazione all'area del bacino

$\Theta \equiv T_c + t_f$ durata critica

Posto

$$h_{n,r}[\Theta, T_R, r] = \Phi h[\Theta, T_R] r[\Theta, A]$$

Si può dire che la portata al colmo in una certa sezione che chiude un bacino di area A assegnata e relativa ad un certo tempo di ritorno T_R risulta determinata una volta nota l'altezza di pioggia netta raggugliata, di durata critica Θ , relativa a quel tempo di ritorno T_R e raggugliata all'intero bacino (detta **altezza di pioggia critica**).

Si pongono di conseguenza due ordini di problemi:

- Definire la durata critica;
- Determinare l'altezza di pioggia critica.

Il calcolo della durata critica passa attraverso la determinazione del tempo di corrivazione e del tempo di formazione del deflusso.

Per il primo si hanno delle formule empiriche indicate di seguito, per il secondo si procede ad una valutazione per via iterativa.

Circa l'altezza di pioggia critica si procede come indicato nei paragrafi successivi.

4. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Sullo schema concettuale della corrivazione che si basa sul *metodo cinematico* o *metodo della corrivazione*, per la stima delle portate di piena, le ipotesi basilari da tenere in considerazione sono:

- Ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende unicamente dal punto in cui essa è caduta;
- La velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre; in realtà sappiamo che la velocità dell'acqua lungo un pendio o un alveo dipende, oltre che dalle caratteristiche della superficie bagnata anche dal tirante idrico; ne consegue che in un bacino si possono avere diversi tempi di corrivazione sia in funzione delle caratteristiche del suolo che in funzione della durata e dell'intensità dell'evento.
- La portata defluente si ottiene sommando le singole portate elementari provenienti dalle diverse aree del bacino che confluiscono alla sezione di chiusura.

La trasformazione afflussi-deflussi è una determinata sequenza di operazioni che permette, conoscendo l'altezza di precipitazione e la durata di un evento meteorico, di ottenere la portata che defluisce per la sezione di chiusura del bacino idrografico.

Fattore da tenere in considerazione è che la velocità dell'acqua si mantiene pressoché costante da monte verso valle, dal momento che, la diminuzione di pendenza è bilanciata dai cambiamenti di larghezza, di profondità e di scabrezza.

Teoricamente, il tempo impiegato da una goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica, per raggiungere la sezione di chiusura, prende il nome di tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione, considerando che è il tempo impiegato da una goccia d'acqua per percorrere l'intera asta fluviale principale, dall'origine sullo spartiacque topografico alla sezione di chiusura, è il maggiore tra quelli di tutti i punti del bacino.

Il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule empiriche, derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione.

In particolare le linee Guida PAI suggeriscono:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²
i_m pendenza media dell'asta principale.

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²
i_m pendenza media dell'asta principale
L è la lunghezza dell'asta principale in km

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km
 1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove :

A è l'area del bacino in km²
H_m altitudine media del bacino m slm
H_o altitudine della sezione di chiusura m slm
L è la lunghezza dell'asta principale in km

Nella scelta del tempo di corrivazione occorre tenere conto delle incertezze insite nelle formule che consentono di stimarlo; ogni formula, vista la natura prevalentemente empirica, è valida per i bacini per i quali è stata ricavata e tarata. Nel caso in questione si possono fare alcune interessanti osservazioni:

- la relazione di Ventura è stata introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica bolognese;
- la relazione di Pasini è stata introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica della pianura renana;
- la formula di Viparelli è senza dubbio la più semplice, si basa sulla corrivazione e ricava il tempo di corrivazione come un rapporto tra lunghezza e velocità nell'ipotesi che l'acqua viaggi alla velocità di 1 m/s;

- la formula introdotta da Giandotti, la più utilizzata in Italia deriva dall'esame del fenomeno di corrivazione;

Al fine di minimizzare gli errori comunque insiti nella stima di questo parametro si è deciso di assumere, come tempo di corrivazione, quello derivante dalla media delle formulazioni indicate quando esse danno risultati simili fra loro e adottare invece i valori più piccoli quando la diversità dei valori ottenuti suggerisce la maggior cautela, fermo restando che se il rio è un tronco critico già studiato dal PAI, i valori di portata devono essere comunque prossimi o inferiori a quelli presenti nel PAI vigente.

5. DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'altezza di pioggia critica viene calcolata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, τ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_R .

Le curve di possibilità pluviometrica disponibili si possono esprimere secondo due differenti distribuzioni probabilistiche:

- distribuzione **Log-Normale** (Sardegna suddivisa in 4 sottozone omogenee)
- distribuzione **TCEV** (Sardegna suddivisa in 3 sottozone omogenee definizione della pioggia indice)

In entrambi i casi, la Sardegna è suddivisa in zone pluviometriche omogenee per le piogge di breve durata. Ciascuna zona, per distribuzione geografica, può rappresentare un distinto regime pluviometrico. Le curve sono state determinate per ciascun gruppo nella forma:

$$h = a \cdot \tau^n$$

dove h rappresenta l'altezza di precipitazione per una durata τ , mentre a ed n sono i coefficienti caratteristici di ogni gruppo omogeneo, funzione del tempo di ritorno e, nel caso della distribuzione TCEV, della pioggia indice.

Si descrive brevemente la procedura utilizzata per la determinazione delle curve segnalatrici di possibilità climatica valide nelle località esaminata, utilizzando i risultati in (Deidda e Piga, 1998) qui presentati in forma aggiornata. L'altezza di pioggia lorda $h_l(\tau)$ in mm di durata τ in ore e di assegnato tempo di ritorno T in anni è fornita dalla seguente relazione monomia:

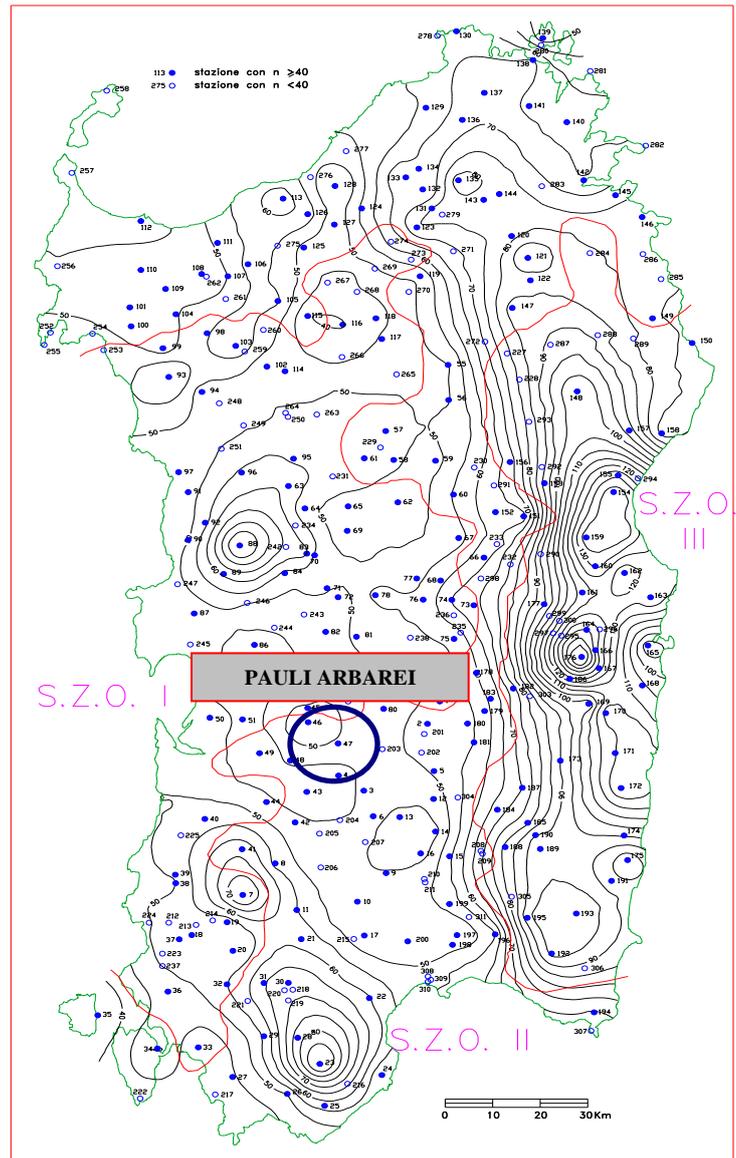
$$h_l(\tau) = a\tau^n \quad (2)$$

La pioggia indice, definita nella distribuzione TCEV ed elemento tipico della singola stazione pluviometrica, tiene conto dell'altezza di pioggia caduta in 1 ora e consente di rappresentare direttamente le caratteristiche degli eventi meteorici per il territorio in esame; pertanto è l'elemento che permette di scendere più in dettaglio rispetto alla semplice suddivisione in sottozone che caratterizza il metodo basato sulla distribuzione Log-Normale.

Anche in virtù di questo fatto come distribuzione probabilistica delle piogge si è adottata la **TCEV** (Two Component Extreme Value) parametrizzata secondo lo studio condotto da Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica in Sardegna a partire dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense.

Di seguito si descrive il calcolo per un tempo di ritorno di T anni.

L'applicazione del metodo prevede il calcolo preliminare della pioggia indice giornaliera $\bar{h}(g)$ valutabile per interpolazione dalle isoiete della carta della relativa distribuzione spaziale.



Divisione delle sottozone omogenee SZO della Regione Sardegna

Dalla pioggia indice giornaliera si ricava la **pioggia indice** o pioggia media di durata τ ,

$$\bar{h}(\tau) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} * \tau^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))} \quad (2)$$

In questa relazione la pioggia indice va calcolata assumendo come durata quella critica

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

Il tempo di corrivazione è stato stimato, mentre per il tempo di formazione del deflusso superficiale si procede in modo iterativo con la formula suggerita nelle linee guida PAI:

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

Essendo

I_a l'assorbimento iniziale (vedi stima delle perdite SCS)
 $i(\Theta, r)$ l'intensità di pioggia raggugiata di durata critica.

Definita la pioggia indice si definisce una variabile aleatoria normalizzata:

$$h'(\tau) = \frac{h(\tau)}{\bar{h}(\tau)} = a \tau^n \quad (2)$$

Dove **a** ed **n** sono i parametri della curva normalizzata definiti per le tre sotto zone omogenee della Sardegna (SZO) in funzione del tempo di ritorno per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori o minori di 10 anni con le seguenti formule (per T>10 anni):

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	a=0.46378+1.0386*Log (T)	a=0.46378+1.0386*Log (T)
	n=-0.18449+0.23032*Log(T)- 3.3330*10 ⁻² *Log ² (T)	n=-1.0563*10 ⁻² -7.9034*10 ⁻³ * Log (T)
Sottozona 2	a=0.44182+1.0817*Log (T)	a=0.44182+1.0817*Log (T)
	n=-0.18676+0.24310*Log(T)- 3.5453 *10 ⁻² *Log ² (T)	n=-5.6593*10 ⁻³ -4.0872*10 ⁻³ * Log (T)
Sottozona 3	a=0.41273+1.1370*Log (T)	a=0.40926+1.1441*Log (T)
	n=-0.19055+0.25937*Log(T)- 3.8160 *10 ⁻² *Log ² (T)	n=1.5878*10 ⁻² +7.6250*10 ⁻³ * Log (T)

Tabella 1 Parametri della curva normalizzata

Poiché i bacini ricadono interamente in **sottozona 2**, in funzione della durata critica e del tempo di ritorno (maggiori di 10 anni) si possono calcolare i valori di a ed n.

Assumendo T si determinano **a** ed **n** e sostituendo nella (2) si determina il valore della variabile aleatoria normalizzata posto $\tau \equiv \Theta$

$$h'(\tau) = a \tau^n$$

Utilizzando la relazione (2) si perviene infine a determinare l'altezza di pioggia critica relativa ad un dato T:

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

Quella determinata è la pioggia **lorda** critica h con tempo di ritorno T anni, ma per stimare la portata con la formula 1 occorre la cosiddetta pioggia netta h_{netta} valutata con la formula:

$$h_{netta} = \Phi h = \frac{(h - I)^2}{(h + S - I)}$$

dove:

S (in mm) è l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

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

CN Curve Number

I_a è l'assorbimento iniziale legato ad S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

Nel caso in questione, considerato l'uso del suolo e il tipo di suolo e ponendoci nelle condizioni più critiche di AMCIII si determina il CN quindi S, I e $h_{netta} = \Phi h$.

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$$

Il coefficiente di deflusso ϕ è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi. Esso è determinato, come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso è valutato considerando le caratteristiche di permeabilità, e quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti nell'intero bacino scolante.

Si calcola un coefficiente di ragguglio r per $\tau = \Theta$ con la relazione valida per A < 20 km²

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))}$$

Introducendo ϕ , h , r , A e θ nella (1) si ha infine la determinazione della portata Q relativa a quel tempo di ritorno.

6. VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER

I valori del parametro Curve Number (CN), compreso tra 0 e 100, valutano la capacità di assorbimento dei suoli in funzione delle caratteristiche dell'uso del suolo, la litologia e la permeabilità. Seguendo le procedure proposte dalla RAS, in primis, sulla base dei dati dell'uso del suolo (RAS – Carta Corine) si sono attribuiti i valori del CN(I) alle diverse tipologie di suolo ricadenti nel bacino, in seguito corretti in funzione delle caratteristiche geologiche (Δ CN), ed eseguendo una media pesata rispetto all'area dei diversi valori considerati si ottiene il CN(II); in ultimo, applicando la specifica relazione:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.0057CN(I)}$$

si è ottenuto il parametro CN corretto.

Lo studio proposto dalla RAS, ha analizzato le diverse classi in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità, cui sono stati attribuiti i coefficienti di variazione (Δ CN) corrispondenti ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number sono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15): un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione, mentre un valore +15 è proprio di rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili.

7. SEZIONI DI CONTROLLO E BACINI IDROGRAFICI

Stabilita la metodologia per il calcolo della portata occorre definire i bacini e le sezioni di controllo rispetto alle quali valutare le portate.

Uno schema dei bacini considerati è riportato nella tavola B1 carta del reticolo e dei bacini idrografici. Ciò premesso i bacini analizzati sono riportati nel seguente schema:

LEGENDA			
1	Riu Sa Mitza	3	Riu Funtanas
	2	2a	
	Riu Cani	Riu Cani Monte	
		2b	
		Riu Gora Su Pauli	
		2b	
		Riu Tradula	

Considerando le sezioni di controllo in totale sono stati analizzati 6 bacini/sub bacini.

Per ciascun bacino/sub-bacino si sono valutate le portate corrispondenti ai 4 tempi di ritorno applicando il metodo indiretto basato sulla formula razionale.

Nel seguito si descriverà il calcolo idrologico per ognuno dei 6 bacini/sub-bacini.

ANALISI IDROLOGICA DEI BACINI/SUB-BACINI OGGETTO DI STUDIO

1. BACINO RIU SA MINTZA

L'inquadratura territoriale del bacino è rappresentata nella tavola B1 su base cartografica 1:10000 dove è contrassegnato con il numero **1**.

Tracciato il bacino in ambiente GIS dal suo profilo altimetrico si ricava la pendenza media attraverso la formula:

$$\sqrt{i} \equiv \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

Dove: L è la lunghezza dell'asta principale;

i_i la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello.

Si riporta in Tabella 2 la sintesi dei parametri esprimenti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO RIU SA MINTZA	
<i>SUPERFICIE (kmq)</i>	8.239
<i>LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)</i>	6.915
<i>PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE</i>	0.0117
<i>PENDENZA MEDIA BACINO</i>	0.1008
<i>ALTITUDINE MEDIA (m slm)</i>	168.16
<i>ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)</i>	110.49

Tabella 2 Parametri di bacino

Per il calcolo delle portate di piena e per stabilire le perdite di bacino si deve poi dare una stima del Curve Number. Precisamente l'utilizzo congiunto delle informazioni relative all'uso del suolo e alla geologia e la buona presenza di superfici coltivate nella parte valliva con buone capacità di assorbimento consentono di attribuire al bacino un valore di **CN III = 90**.

Figura 1 Altitudine media Bacino

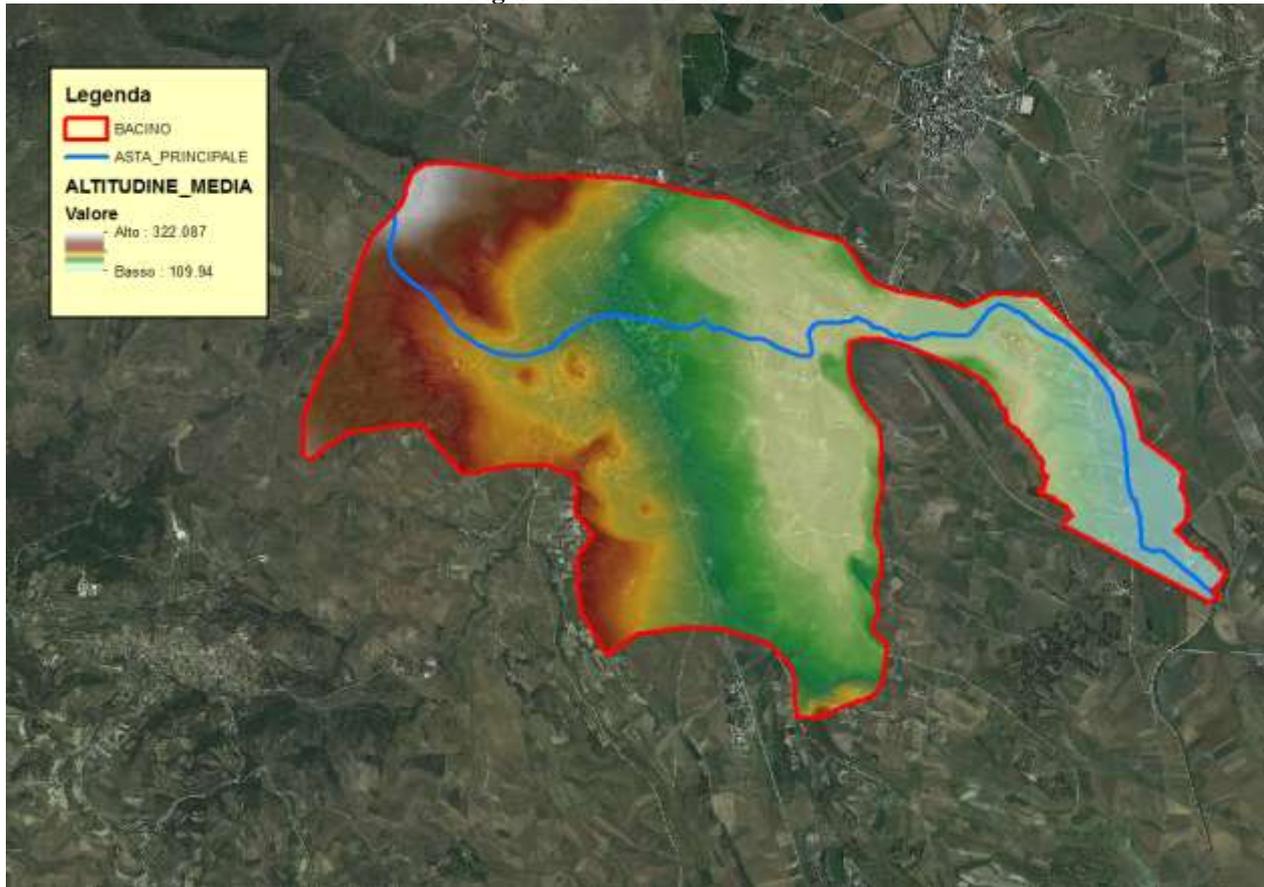
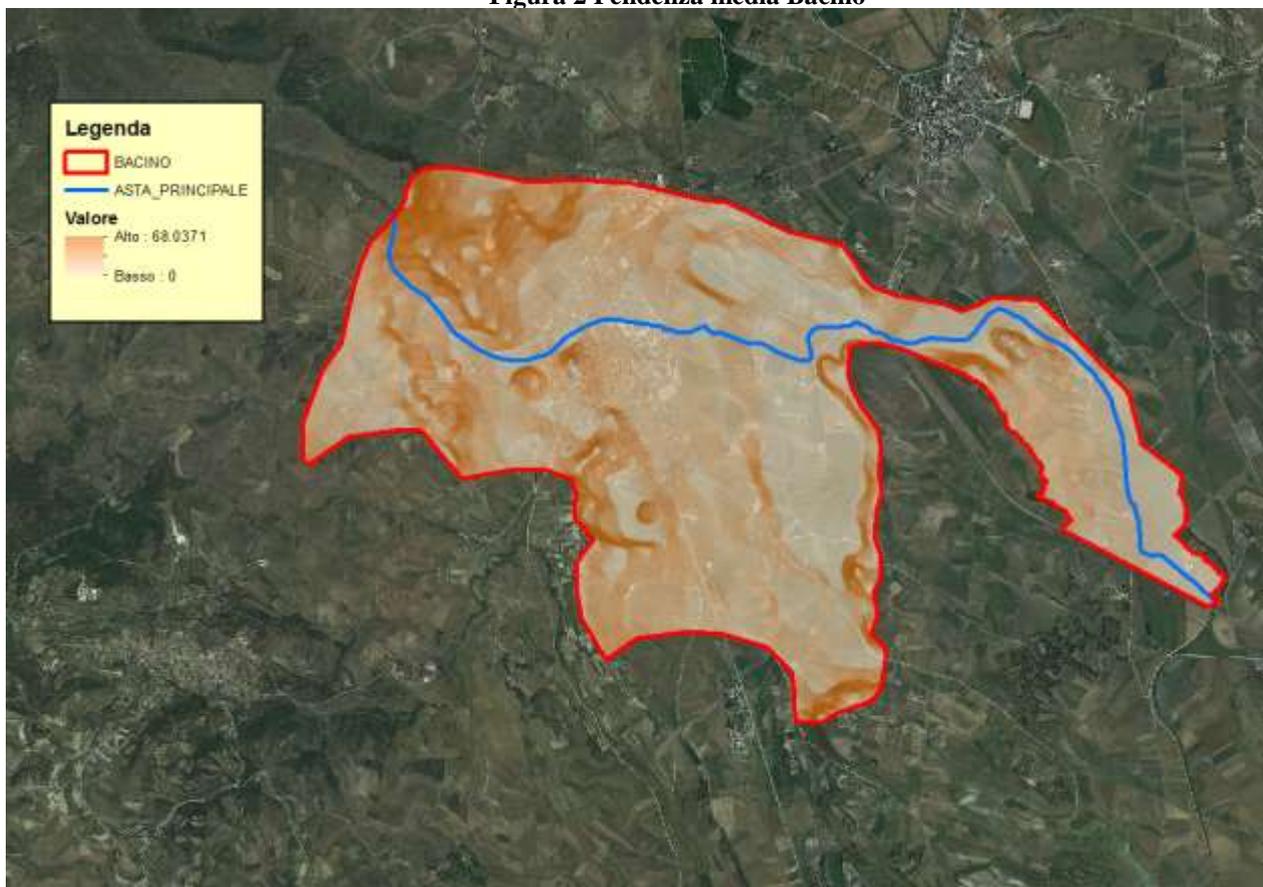


Figura 2 Pendenza media Bacino



Tempo di corrivazione

Come suggeriscono le linee Guida PAI può essere valutato con alcune formule empiriche:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

$$T_c \cong 3.3701 \quad ore$$

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$$T_c \cong 3.842 \quad ore$$

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

assumendo V=1.2 m/s si ha:

$$T_c \cong 1.6007 \quad ore$$

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

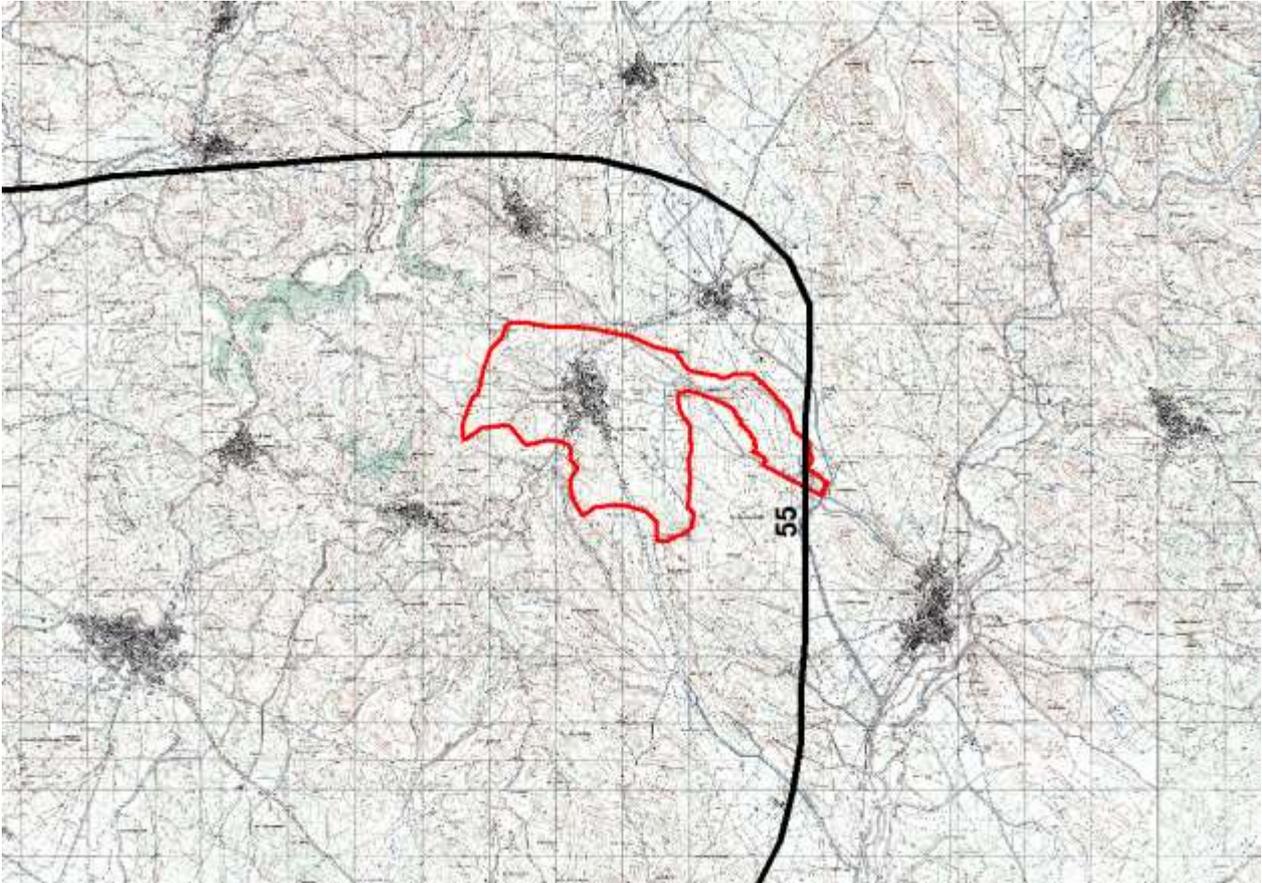
$$T_c \cong 3.5305 \quad ore$$

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo quello della formulazione di Viparelli:

$$T_c \equiv 1.6007 \text{ ore}$$

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione Viparelli e stimando una pioggia indice giornaliera pari a 55 mm



si ottiene infine:

$$Q_{50} = 41.66 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{100} = 50.93 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{200} = 60.43 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{500} = 73.25 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Il coefficiente di deflusso risulta pari a

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h} = 0.70$$

2. BACINO RIU CANI

L'inquadratura territoriale del bacino è rappresentata nella tavola B1 su base cartografica 1:10000 dove è contrassegnato con il numero **2**.

Tracciato il bacino in ambiente GIS dal suo profilo si ricava la pendenza media attraverso la formula:

$$\sqrt{i} \equiv \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

Dove: L è la lunghezza dell'asta principale;

i_i la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello;

Si riporta in Tabella 3 la sintesi dei parametri esprimenti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO RIU CANI	
SUPERFICIE (kmq)	30.39
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	12.119
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.0076
PENDENZA MEDIA BACINO	0.1175
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	182.19
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	108.13

Tabella 3 Parametri di bacino

Per il calcolo delle portate di piena e per stabilire le perdite di bacino si deve poi dare una stima del Curve Number. Precisamente l'utilizzo congiunto delle informazioni relative all'uso del suolo e alla geologia e la buona presenza di superfici coltivate nella parte valliva con buone capacità di assorbimento consentono di attribuire al bacino un valore di **CN III = 88**.

Figura 3 Altitudine media Bacino

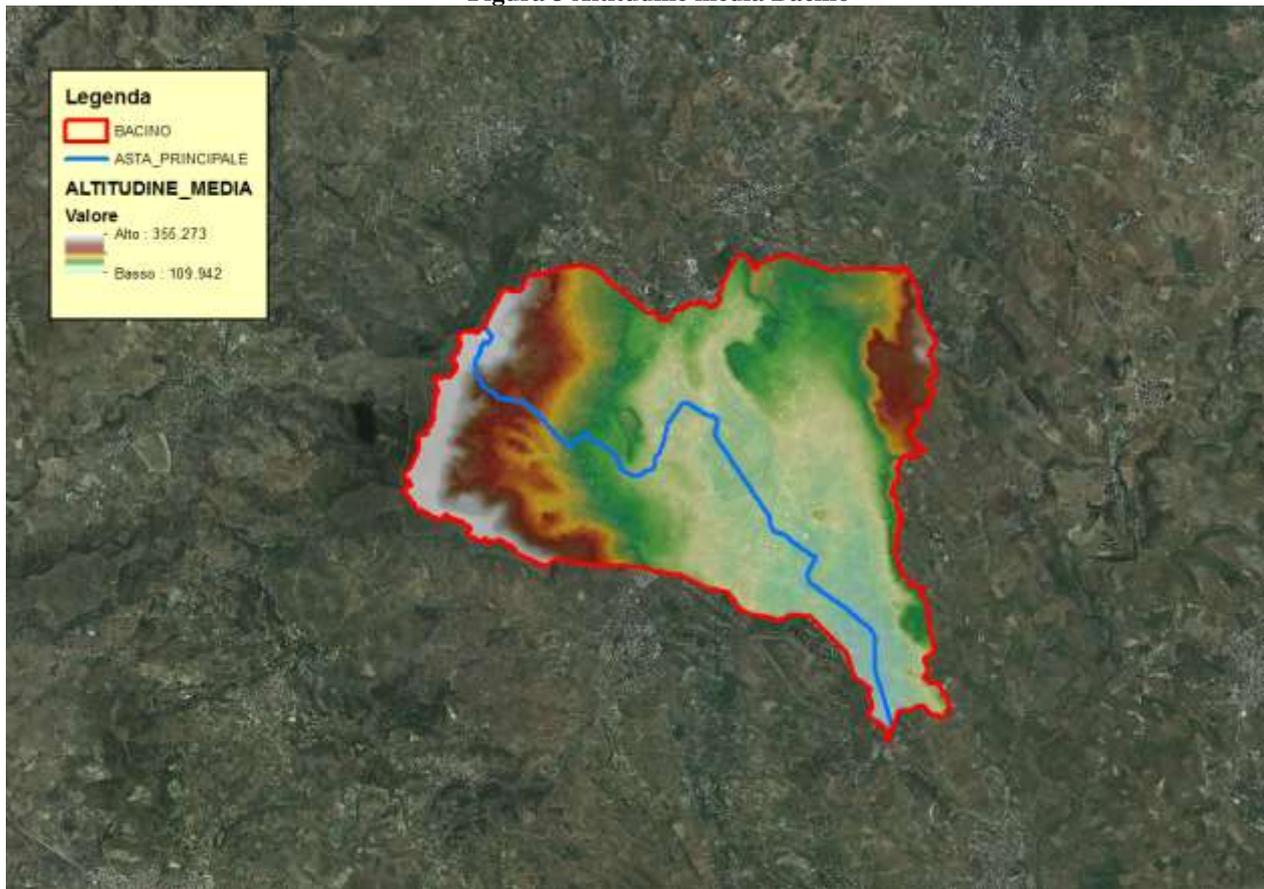
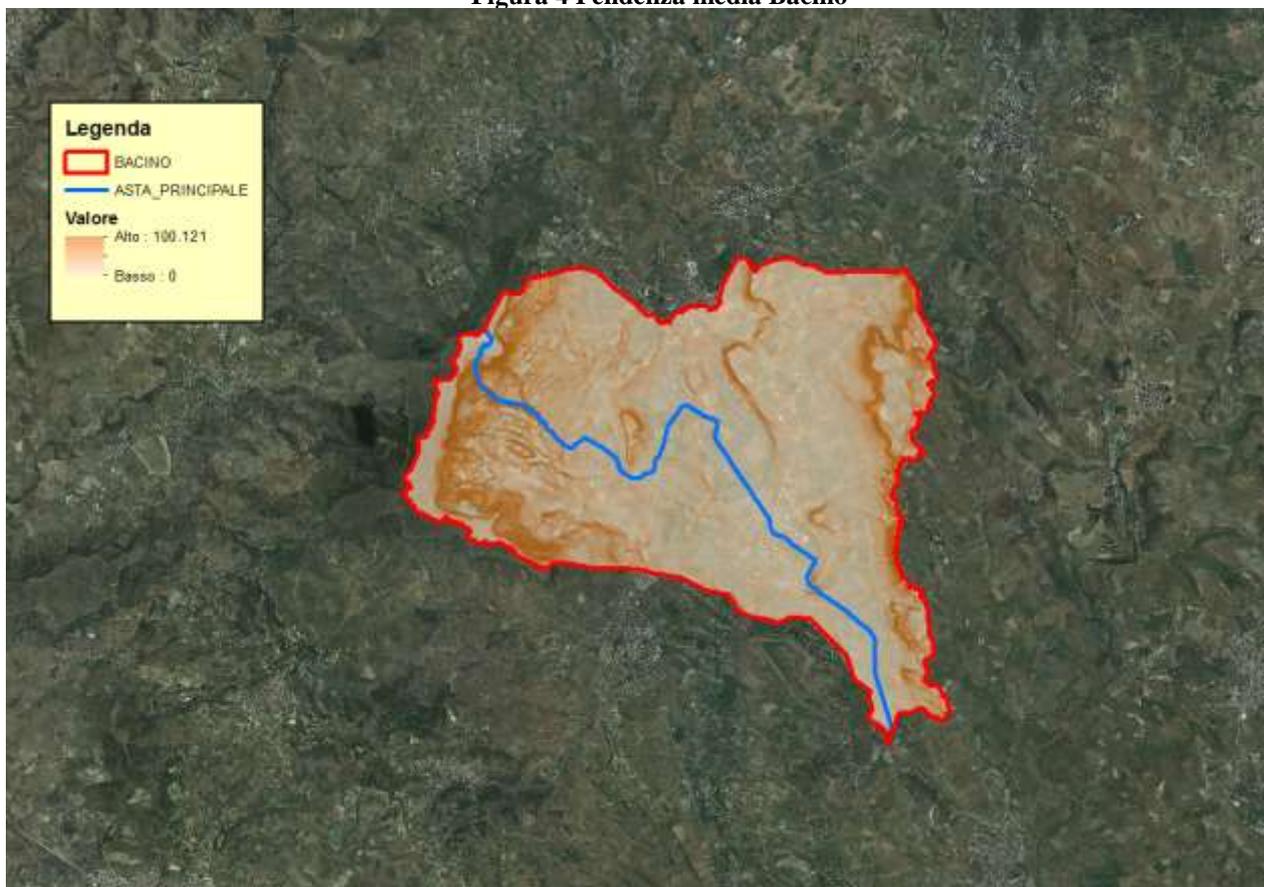


Figura 4 Pendenza media Bacino



Tempo di corrivazione

Come suggeriscono le linee Guida PAI può essere valutato con alcune formule empiriche:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

$$T_c \cong 8.0309 \quad ore$$

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$$T_c \cong 8.8801 \quad ore$$

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

assumendo V=1 m/s si ha:

$$T_c \cong 3.3664 \quad ore$$

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

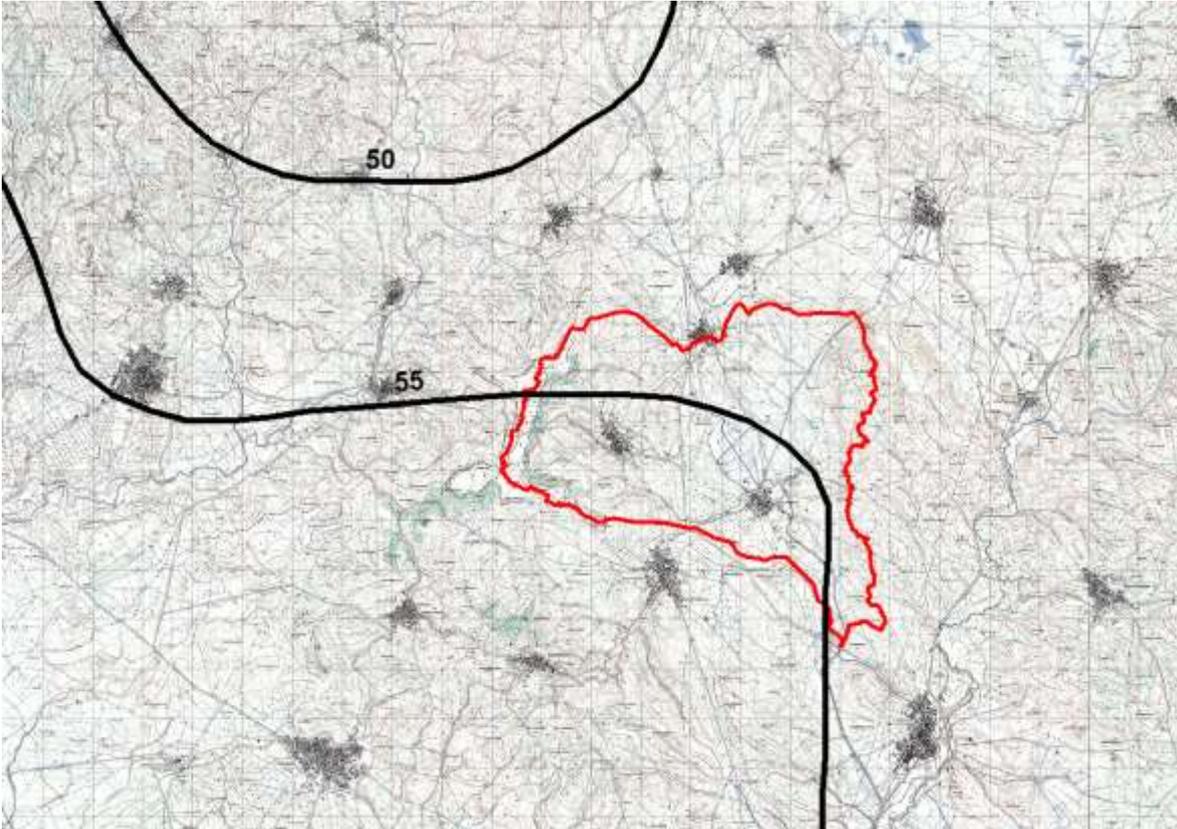
$$T_c \cong 5.8433 \quad ore$$

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo quello della formulazione di Viparelli:

$$T_c \equiv 3.3664 \text{ ore}$$

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione Viparelli e stimando una pioggia indice giornaliera pari a 55 mm



si ottiene infine:

$$Q_{50} = 93.47 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{100} = 113.87 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{200} = 134.71 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{500} = 162.73 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Il coefficiente di deflusso risulta pari a

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h} = 0.70$$

SOTTOBACINI RIU CANI

2.a *SottoBacino Riu Cani Monti*

L'inquadramento territoriale del bacino è rappresentato nella tavola B1 su base cartografica 1:10000 dove è contrassegnato con il numero **2a**.

Tracciato il bacino in ambiente GIS dal suo profilo si ricava la pendenza media attraverso la formula:

$$\sqrt{i} \equiv \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

Dove: L è la lunghezza dell'asta principale;

i_i la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello;

Si riporta in Tabella 3 la sintesi dei parametri esprimenti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

SOTTOBACINO RIU CANI MONTI	
SUPERFICIE (kmq)	7.44
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	5.756
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.0146
PENDENZA MEDIA BACINO	0.113
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	176.81
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	123.66

Tabella 4 Parametri di bacino

Per il calcolo delle portate di piena e per stabilire le perdite di bacino si deve poi dare una stima del Curve Number. Precisamente l'utilizzo congiunto delle informazioni relative all'uso del suolo e alla geologia e la buona presenza di superfici coltivate nella parte valliva con buone capacità di assorbimento consentono di attribuire al bacino un valore di **CN III = 91**.

Figura 5 Altitudine media Bacino

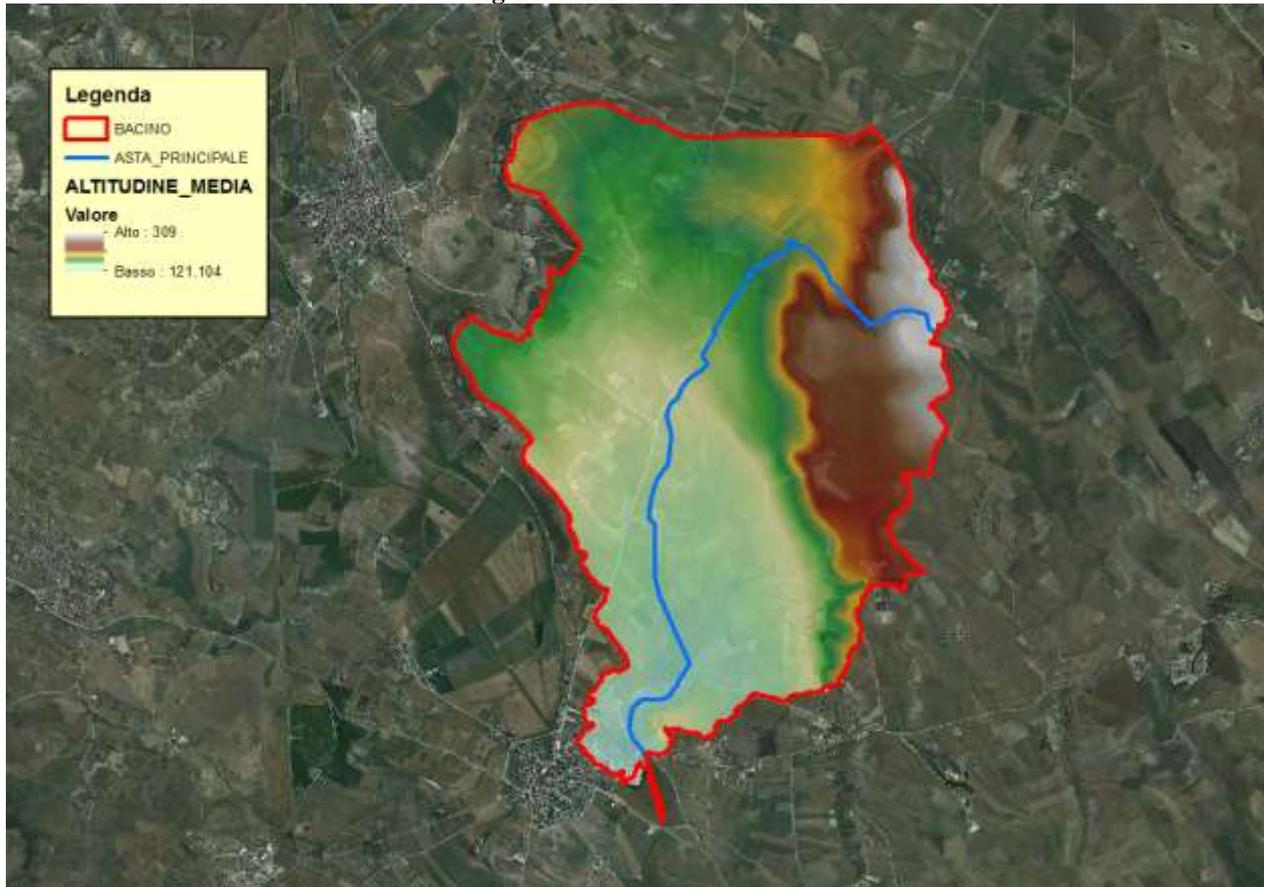
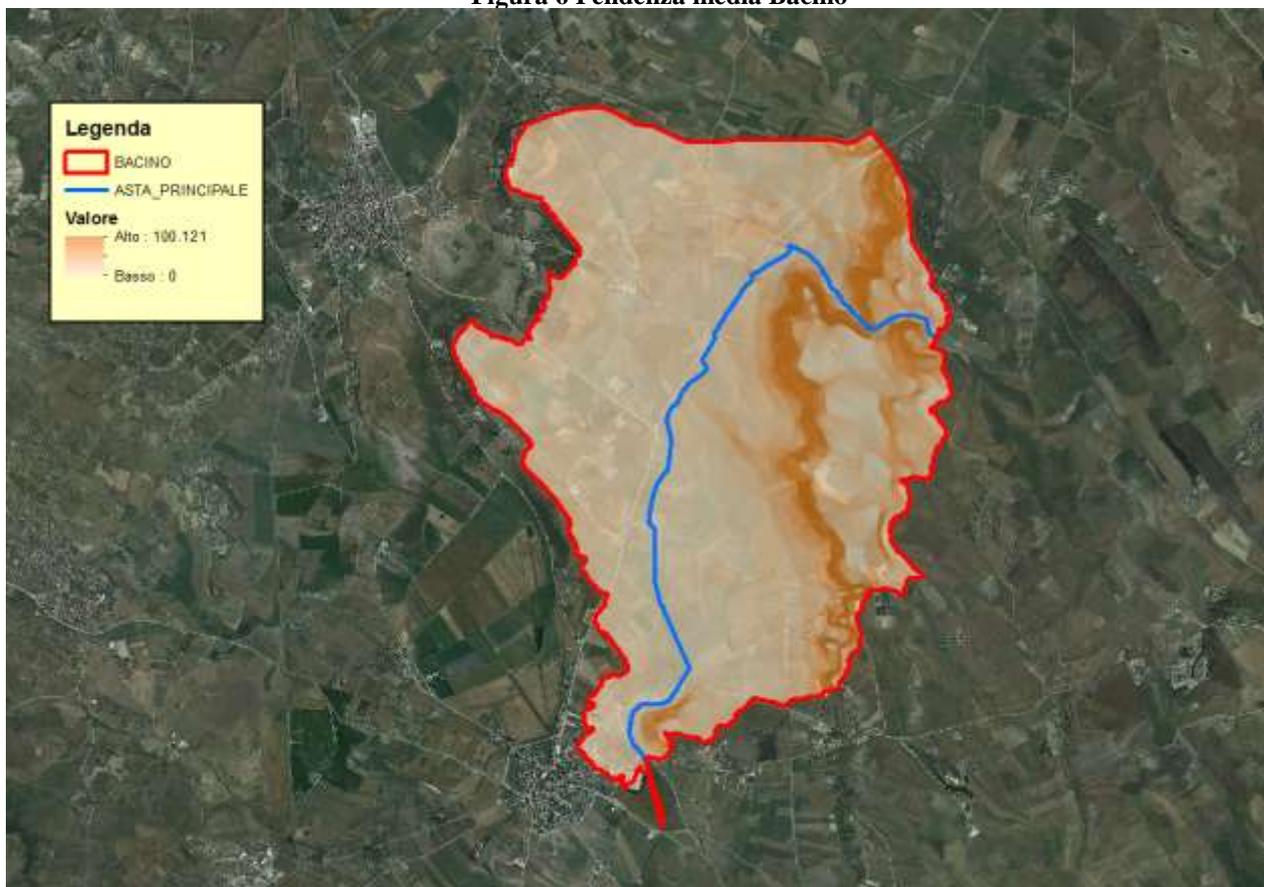


Figura 6 Pendenza media Bacino



Tempo di corrivazione

Come suggeriscono le linee Guida PAI può essere valutato con alcune formule empiriche:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

$$T_c \equiv 2.8669 \quad ore$$

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$$T_c \equiv 3.1271 \quad ore$$

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

assumendo V=1.2 m/s si ha:

$$T_c \equiv 1.3324 \quad ore$$

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

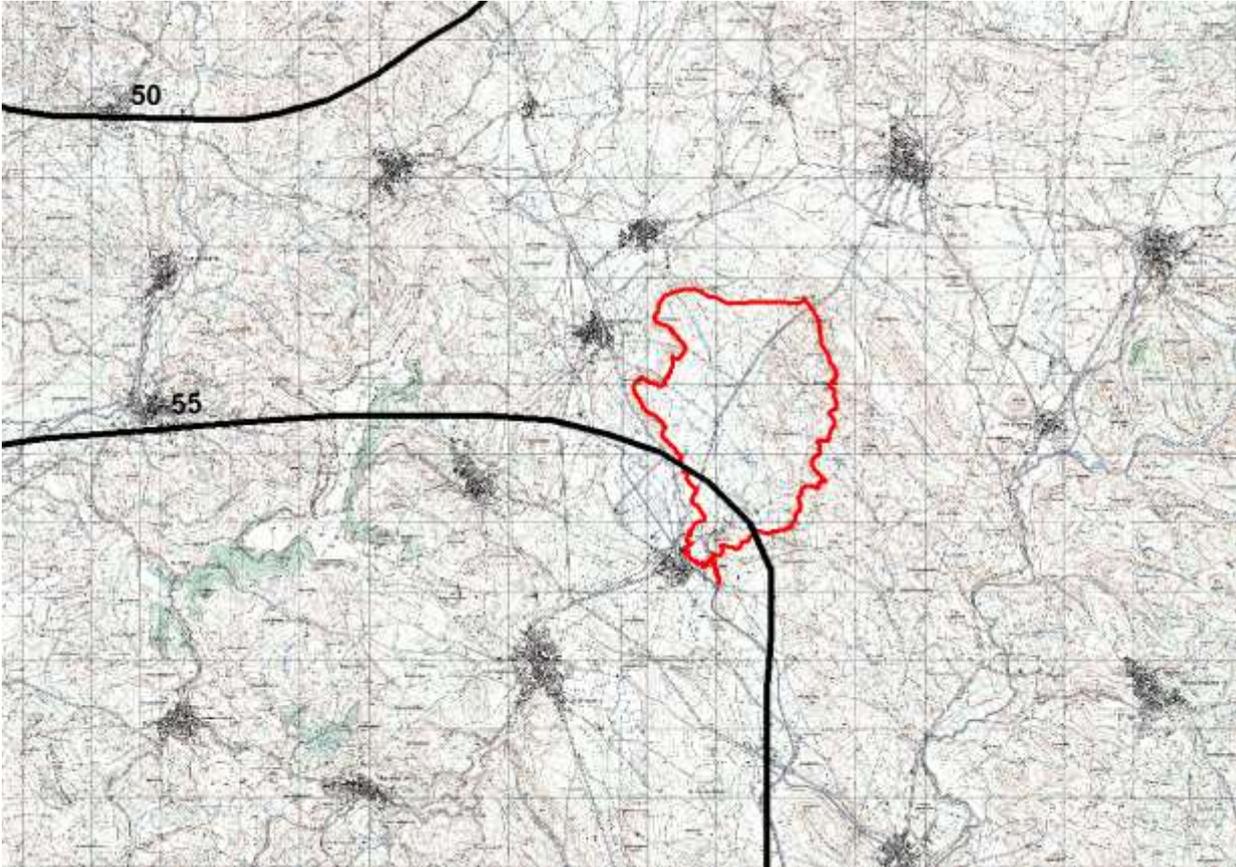
$$T_c \equiv 3.3511 \quad ore$$

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo quello della formulazione di Viparelli:

$$T_c \equiv 1.3324 \text{ ore}$$

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione Viparelli e stimando una pioggia indice giornaliera pari a 55 mm



si ottiene infine:

$$Q_{50} = 43.8 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{100} = 53.39 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{200} = 63.2 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{500} = 76.42 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Il coefficiente di deflusso risulta pari a

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h} = 0.70$$

2.b SottoBacino Riu Gora su Pauli

L'inquadramento territoriale del bacino è rappresentato nella tavola B1 su base cartografica 1:10000 dove è contrassegnato con il numero **2b**.

Tracciato il bacino in ambiente GIS dal suo profilo si ricava la pendenza media attraverso la formula:

$$\sqrt{i} \equiv \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

Dove: L è la lunghezza dell'asta principale;

i_i la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello;

Si riporta in Tabella 3 la sintesi dei parametri esprimenti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

SOTTOBACINO RIU GORA SU PAULI	
SUPERFICIE (kmq)	18.393
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	8.962
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.0088
PENDENZA MEDIA BACINO	0.1252
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	196.78
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	123.39

Tabella 5 Parametri di bacino

Per il calcolo delle portate di piena e per stabilire le perdite di bacino si deve poi dare una stima del Curve Number. Precisamente l'utilizzo congiunto delle informazioni relative all'uso del suolo e alla geologia e la buona presenza di superfici coltivate nella parte valliva con buone capacità di assorbimento consentono di attribuire al bacino un valore di **CN III = 90**.

Figura 7 Altitudine media Bacino

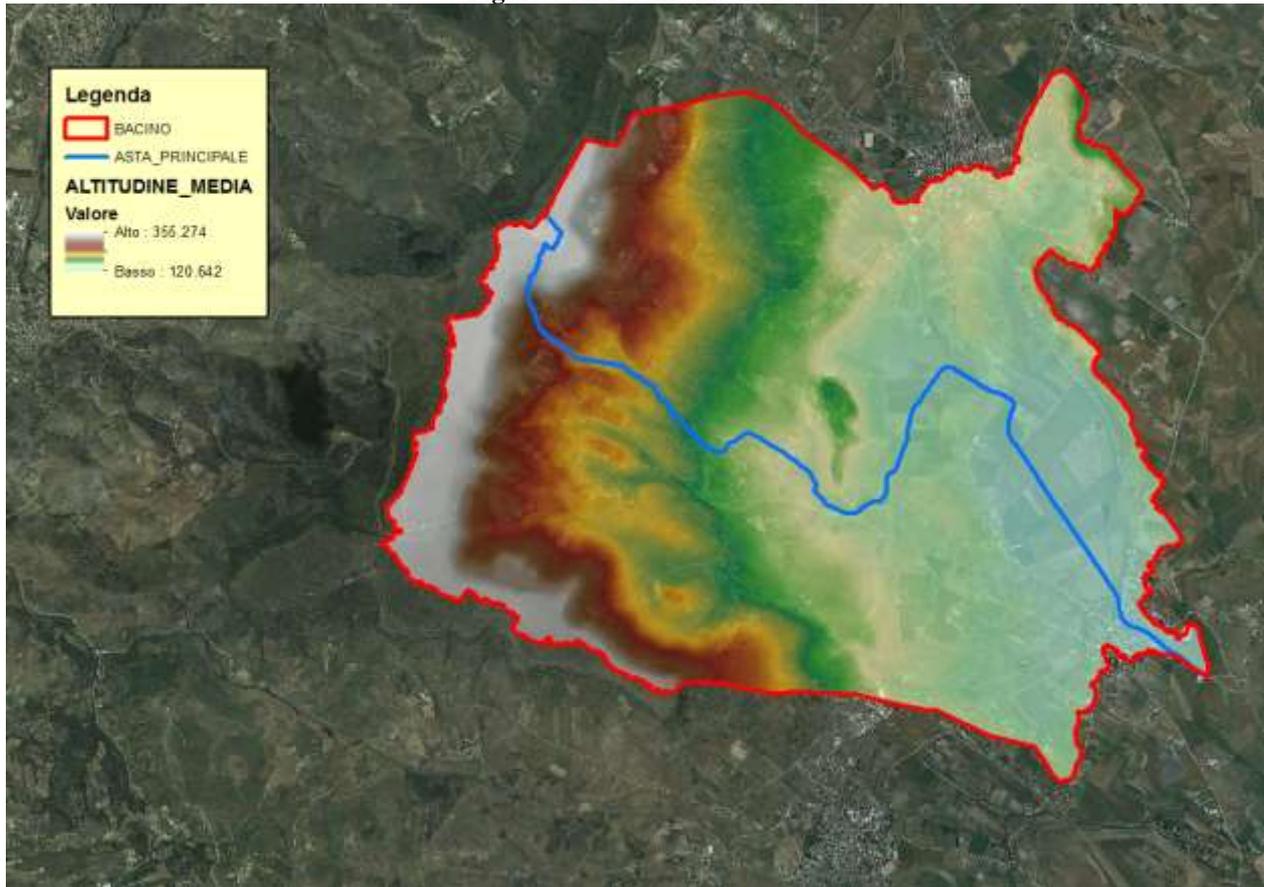
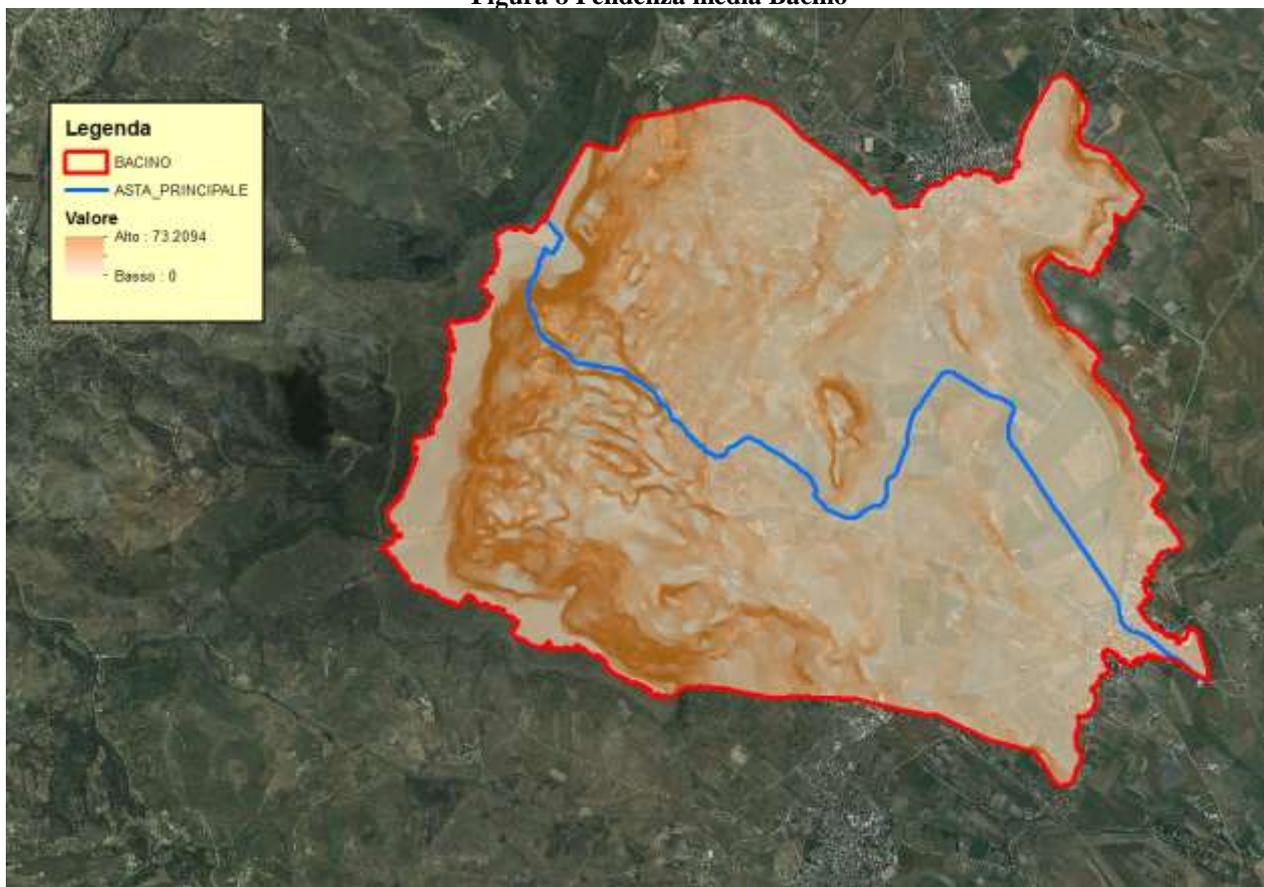


Figura 8 Pendenza media Bacino



Tempo di corrivazione

Come suggeriscono le linee Guida PAI può essere valutato con alcune formule empiriche:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

$$T_c \equiv 5.8062 \quad ore$$

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$$T_c \equiv 6.3125 \quad ore$$

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

assumendo V=1 m/s si ha:

$$T_c \equiv 2.4894 \quad ore$$

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

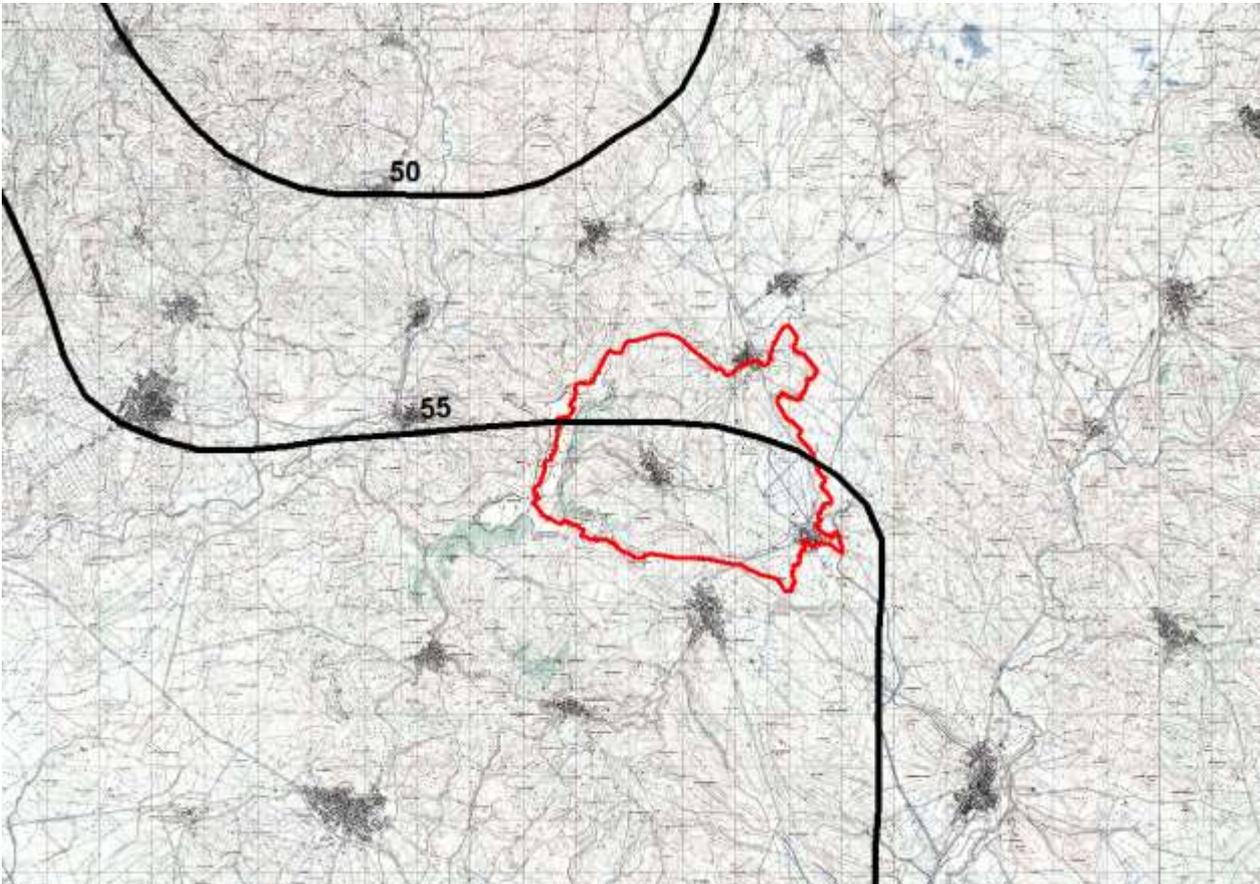
$$T_c \equiv 4.4646 \quad ore$$

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo quello della formulazione di Viparelli:

$$T_c \equiv 2.4894 \text{ ore}$$

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione Viparelli e stimando una pioggia indice giornaliera pari a 55 mm



si ottiene infine:

$$Q_{50} = 69.74 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{100} = 85 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{200} = 100.61 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{500} = 121.61 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Il coefficiente di deflusso risulta pari a

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h} = 0.70$$

2.c **Sottobacino Riu Tradula**

L'inquadramento territoriale del bacino è rappresentato nella tavola B1 su base cartografica 1:10000 dove è contrassegnato con il numero **2c**.

Tracciato il bacino in ambiente GIS dal suo profilo si ricava la pendenza media attraverso la formula:

$$\sqrt{i} \equiv \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

Dove: L è la lunghezza dell'asta principale;

i_i la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello;

Si riporta in Tabella 3 la sintesi dei parametri esprimenti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

SOTTOBACINO RIU TRADULA	
<i>SUPERFICIE (kmq)</i>	3.811
<i>LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)</i>	7.657
<i>PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE</i>	0.01833
<i>PENDENZA MEDIA BACINO</i>	0.1684
<i>ALTITUDINE MEDIA (m slm)</i>	250.27
<i>ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)</i>	128.74

Tabella 6 Parametri di bacino

Per il calcolo delle portate di piena e per stabilire le perdite di bacino si deve poi dare una stima del Curve Number. Precisamente l'utilizzo congiunto delle informazioni relative all'uso del suolo e alla geologia e la buona presenza di superfici coltivate nella parte valliva con buone capacità di assorbimento consentono di attribuire al bacino un valore di **CN III = 90**.

Figura 9 Altitudine media Bacino

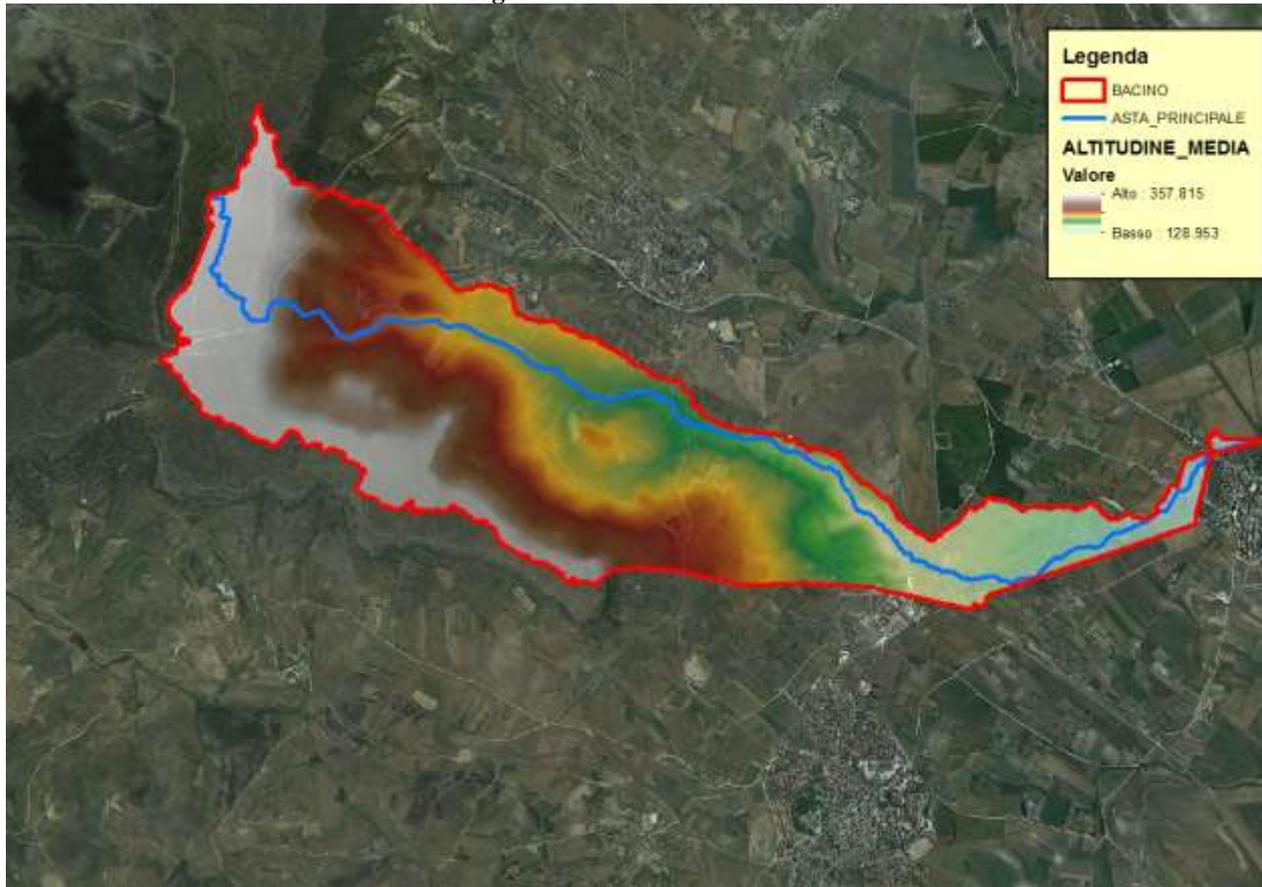
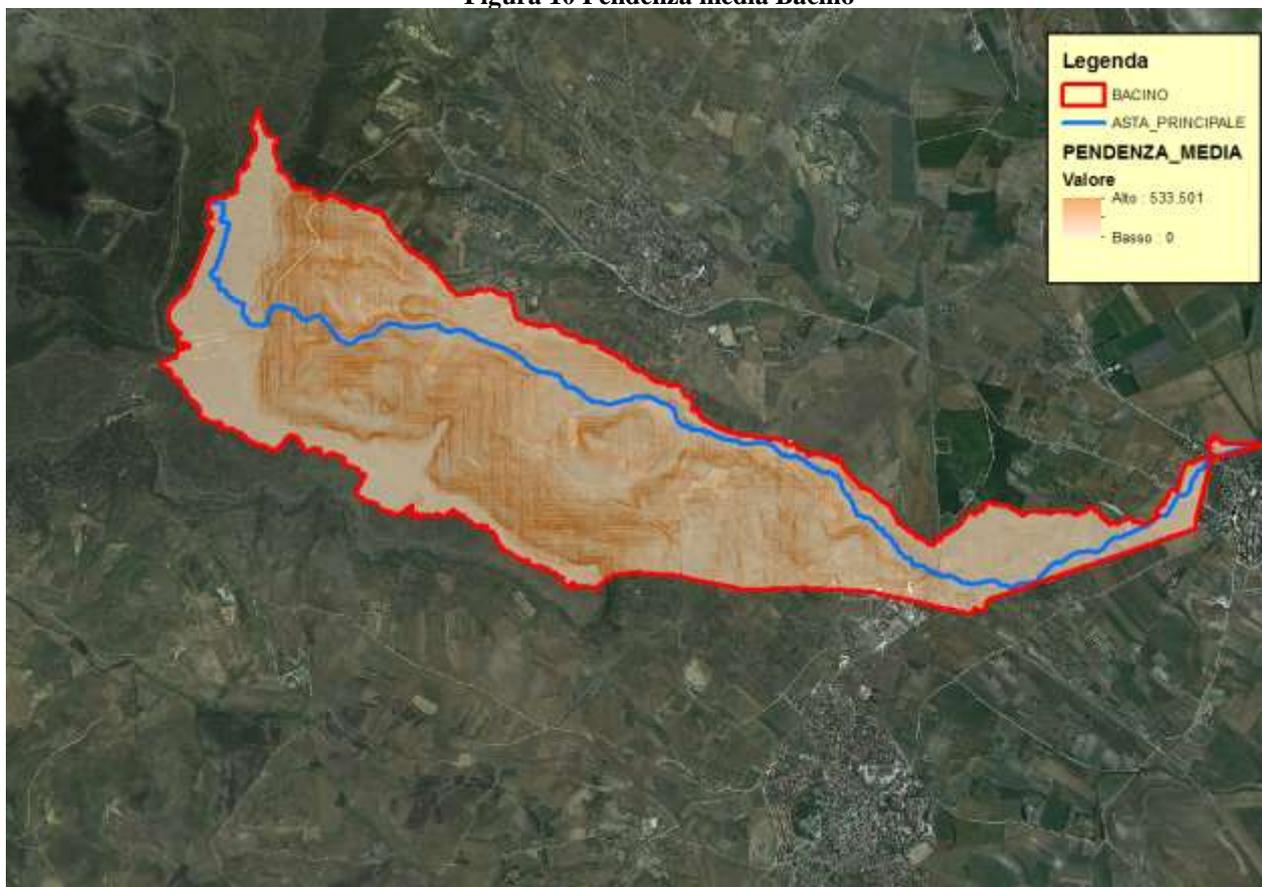


Figura 10 Pendenza media Bacino



Tempo di corrivazione

Come suggeriscono le linee Guida PAI può essere valutato con alcune formule empiriche:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

$$T_c \equiv 1.8312 \quad ore$$

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$$T_c \equiv 2.4559 \quad ore$$

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

assumendo V=1 m/s si ha:

$$T_c \equiv 2.1269 \quad ore$$

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

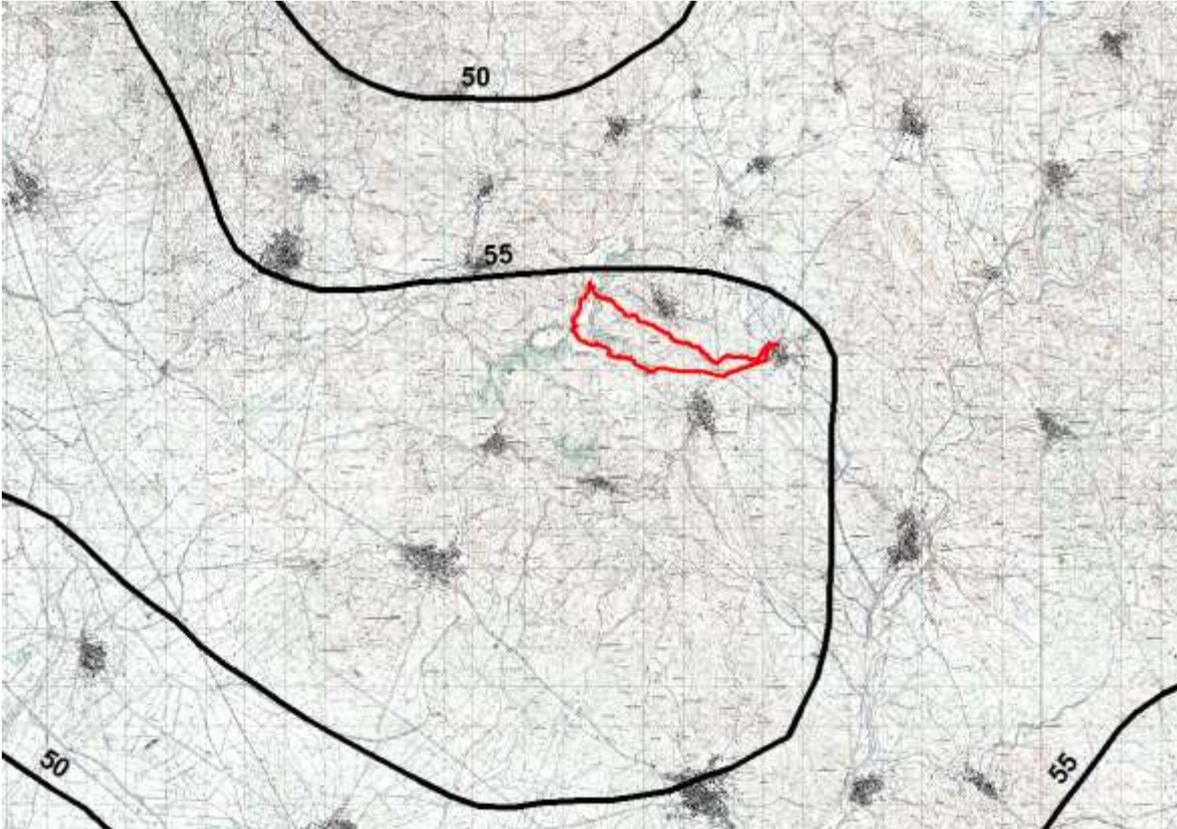
$$T_c \equiv 2.1896 \quad ore$$

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo quello della formulazione di Ventura:

$$T_c \equiv 1.8312 \text{ ore}$$

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione Ventura e stimando una pioggia indice giornaliera pari a 55 mm



si ottiene infine:

$$Q_{50} = 18.36 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{100} = 22.39 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{200} = 26.5 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{500} = 32.05 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Il coefficiente di deflusso risulta pari a

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h} = 0.70$$

3. BACINO RIU FUNTANAS

L'inquadratura territoriale del bacino è rappresentata nella tavola B1 su base cartografica 1:10000 dove è contrassegnato con il numero **3**.

Tracciato il bacino in ambiente GIS dal profilo altimetrico si ricava la pendenza media attraverso la formula:

$$\sqrt{i} \equiv \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

Dove: L è la lunghezza dell'asta principale;

i_i la pendenza del tratto di asta di lunghezza l_i compresa tra due curve di livello;

Si riporta in Tabella 7 sintesi dei parametri esprimenti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO RIU FUNTANAS	
<i>SUPERFICIE (kmq)</i>	4.454
<i>LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)</i>	4.783
<i>PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE</i>	0.02216
<i>PENDENZA MEDIA BACINO</i>	0.1093
<i>ALTITUDINE MEDIA (m slm)</i>	122.69
<i>ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)</i>	122.04

Tabella 7 Parametri di bacino

Per il calcolo delle portate di piena e per stabilire le perdite di bacino si deve poi dare una stima del Curve Number. Precisamente l'utilizzo congiunto delle informazioni relative all'uso del suolo e alla geologia e la buona presenza di superfici coltivate nella parte valliva con buone capacità di assorbimento consentono di attribuire al bacino un valore di **CN III =92**.

Figura 11 Altitudine media Bacino

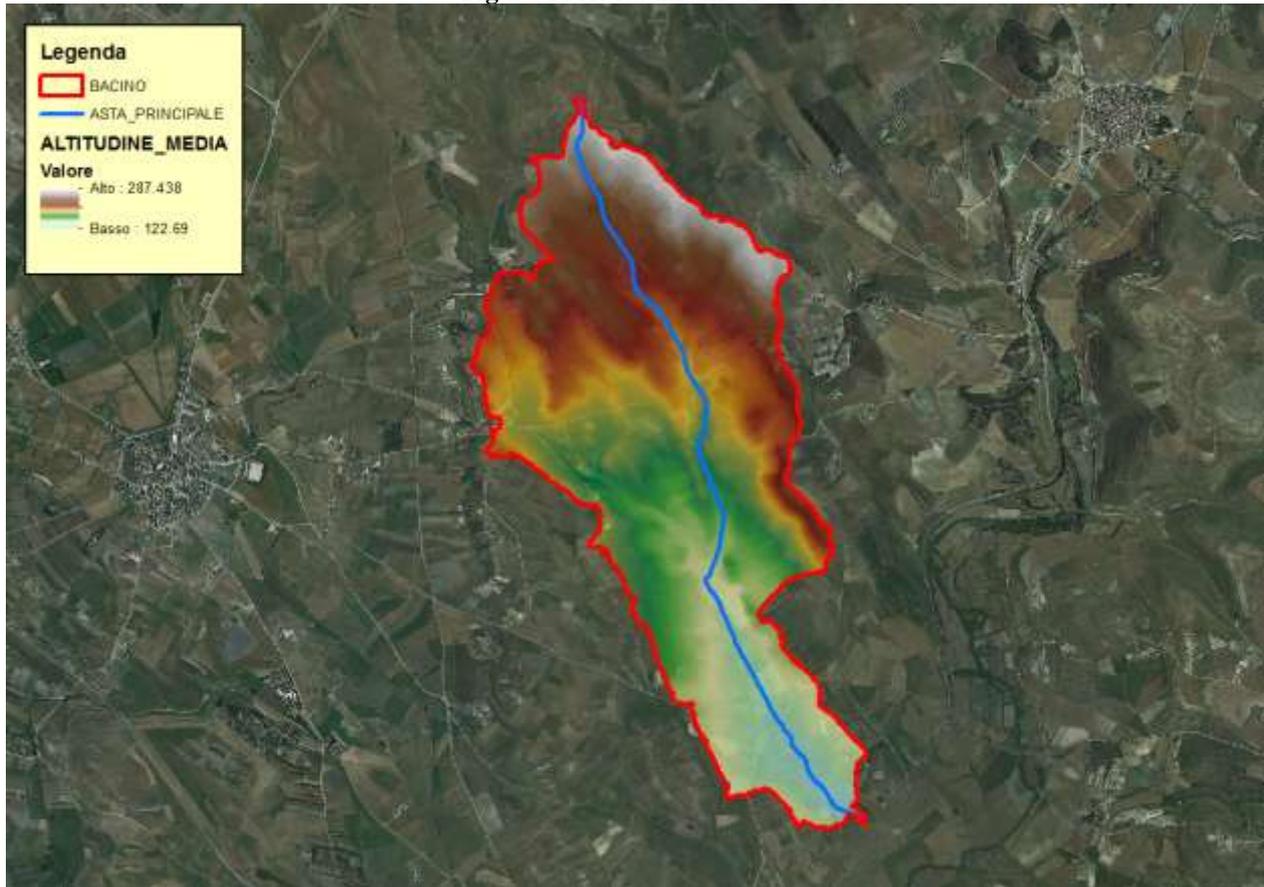
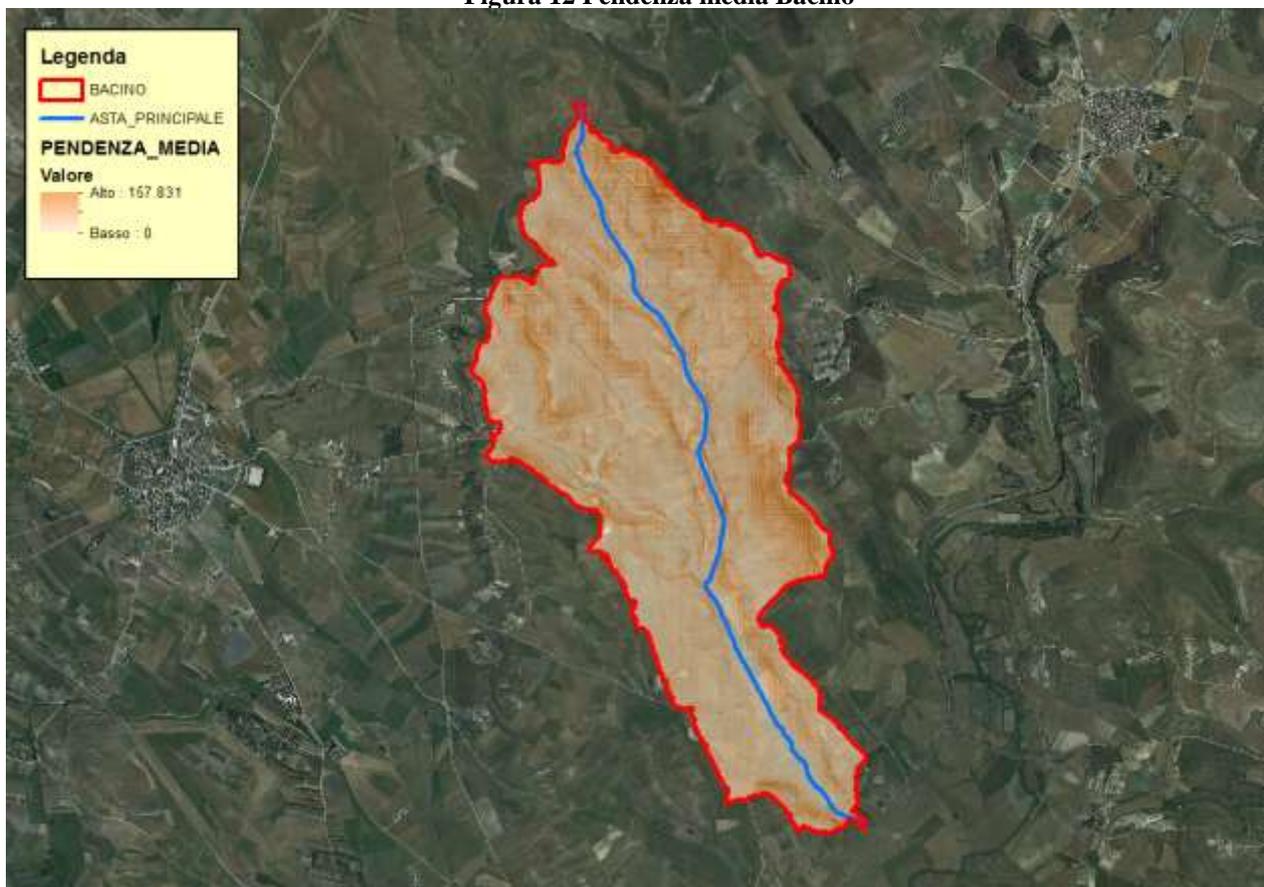


Figura 12 Pendenza media Bacino



Tempo di corrivazione

Come suggeriscono le linee Guida PAI può essere valutato con alcune formule empiriche:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove :

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

$$T_c \cong 1.8005 \quad ore$$

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove :

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$$T_c \cong 2.0112 \quad ore$$

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

assumendo V=1.5 m/s si ha:

$$T_c \cong 0.8857 \quad ore$$

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove :

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

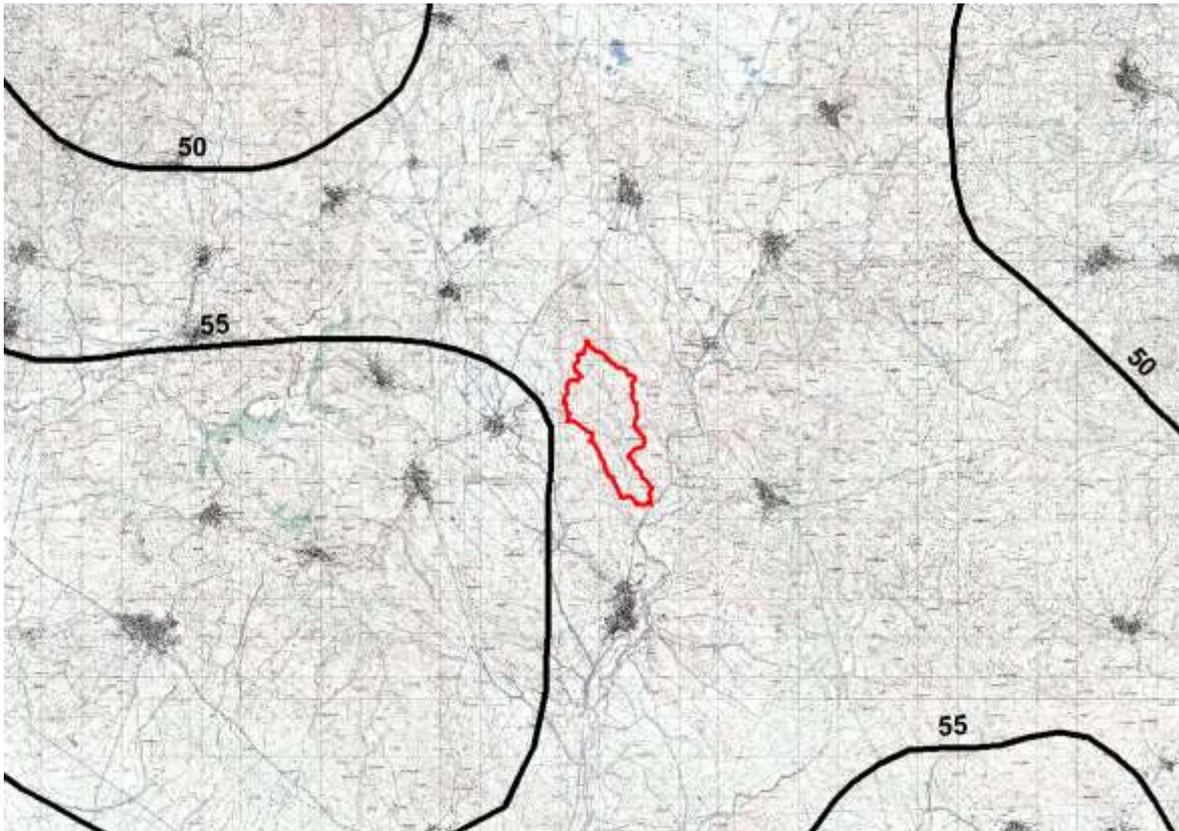
$$T_c \cong 2.4441 \quad ore$$

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo quello della formulazione di Viparelli:

$$T_c \equiv 0.8857 \text{ ore}$$

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione Viparelli e stimando una pioggia indice giornaliera pari a 55 mm



si ottiene infine:

$$Q_{50} = 34.41 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{100} = 41.8 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{200} = 49.34 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{500} = 59.46 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Il coefficiente di deflusso risulta pari a

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h} = 0.70$$

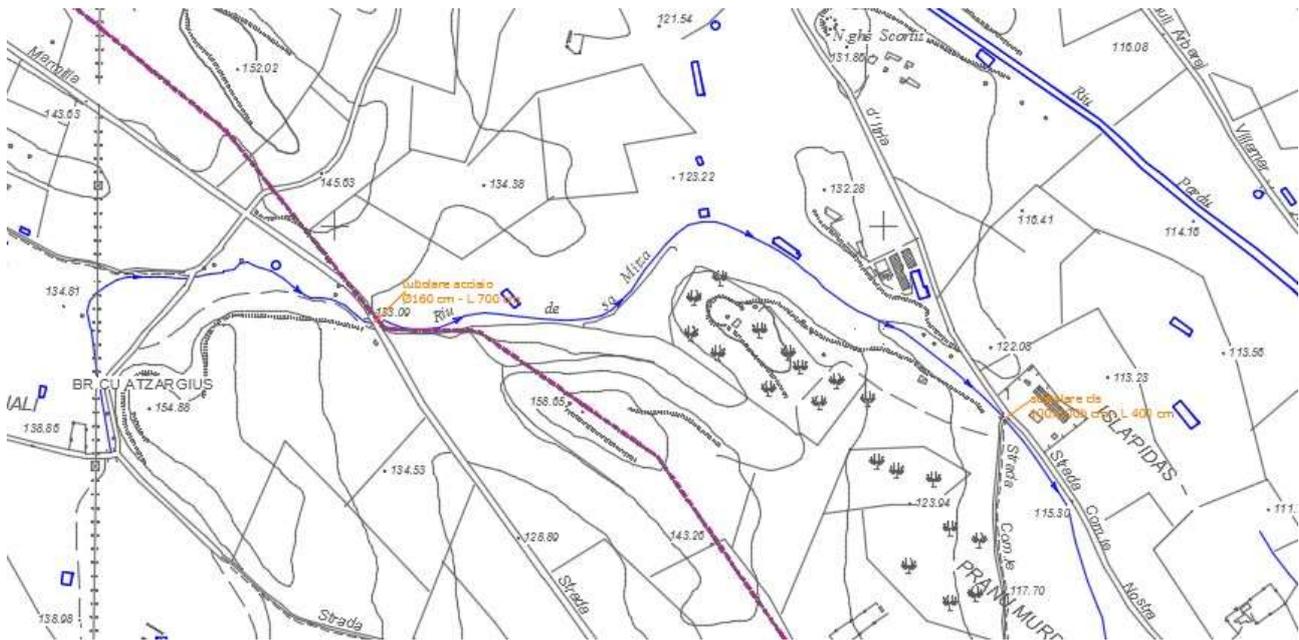
4. ANALISI INTERFERENZE RETICOLO IDROGRAFICO

Nei vari sopralluoghi effettuati, in base all'accessibilità dei luoghi, si è proceduto al rilievo di tutte le opere d'arte e le infrastrutture che interferiscono con il reticolo idrografico anche minore. L'attenzione è stata posta maggiormente sulle opere e infrastrutture principali, strade provinciali e statali, canali tombati e strade comunali di grande comunicazione.

4.1 Riu Sa Mintza

Sono state rilevate le seguenti interferenze:

UBICAZIONE	TIPOLOGIA	SEZIONE	LUNG.
S.P. 46 della marmilla	Tubolare in acciaio	diam. 160 cm	7,00 m
Strada comunale loc. isla'pidas	Scatolare cls	4,00 m	

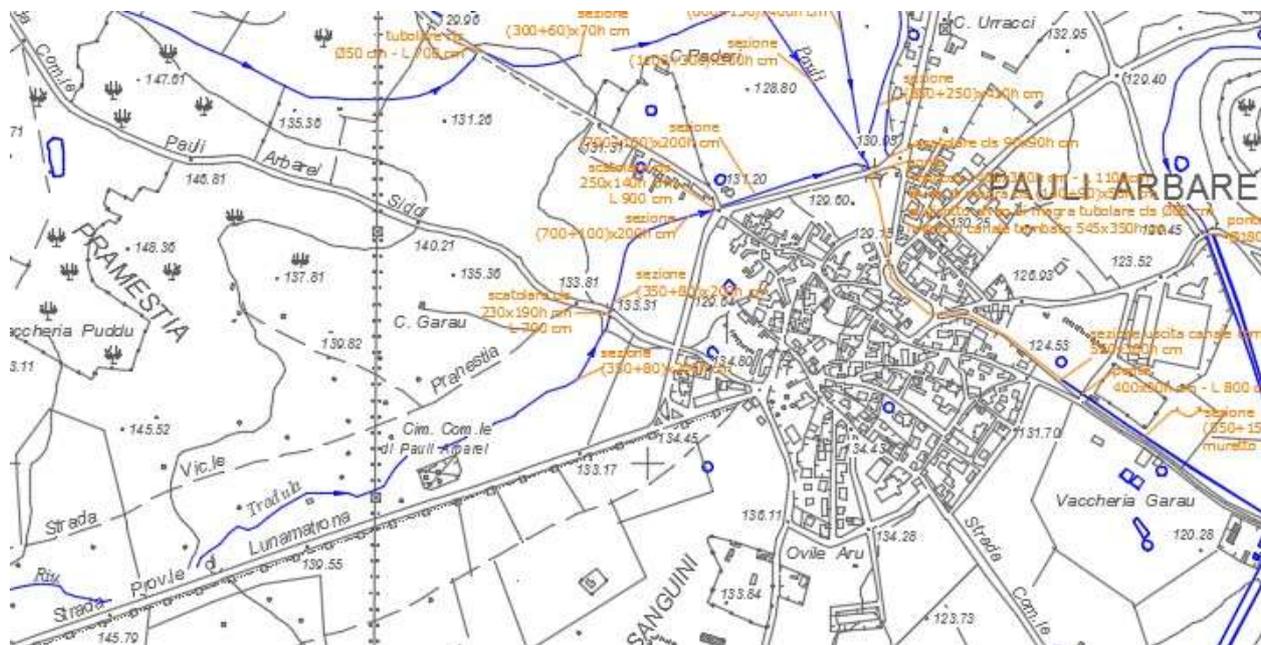


INTERFERENZA	FOTOGRAFIA
<p>S.P. 46 della marmilla Tubolare in acciaio diam. 160 cm lung. 7,00 m</p>	

4.2 Riu Cani (sottobacino riu tradula)

Sono state rilevate le seguenti interferenze:

UBICAZIONE	TIPOLOGIA	SEZIONE	LUNG.
Strada comunale per Siddi	Scatolare cls	230x190 cm	7,00 m
Strada comunale	Scatolare cls	250x140 cm	9,00 m

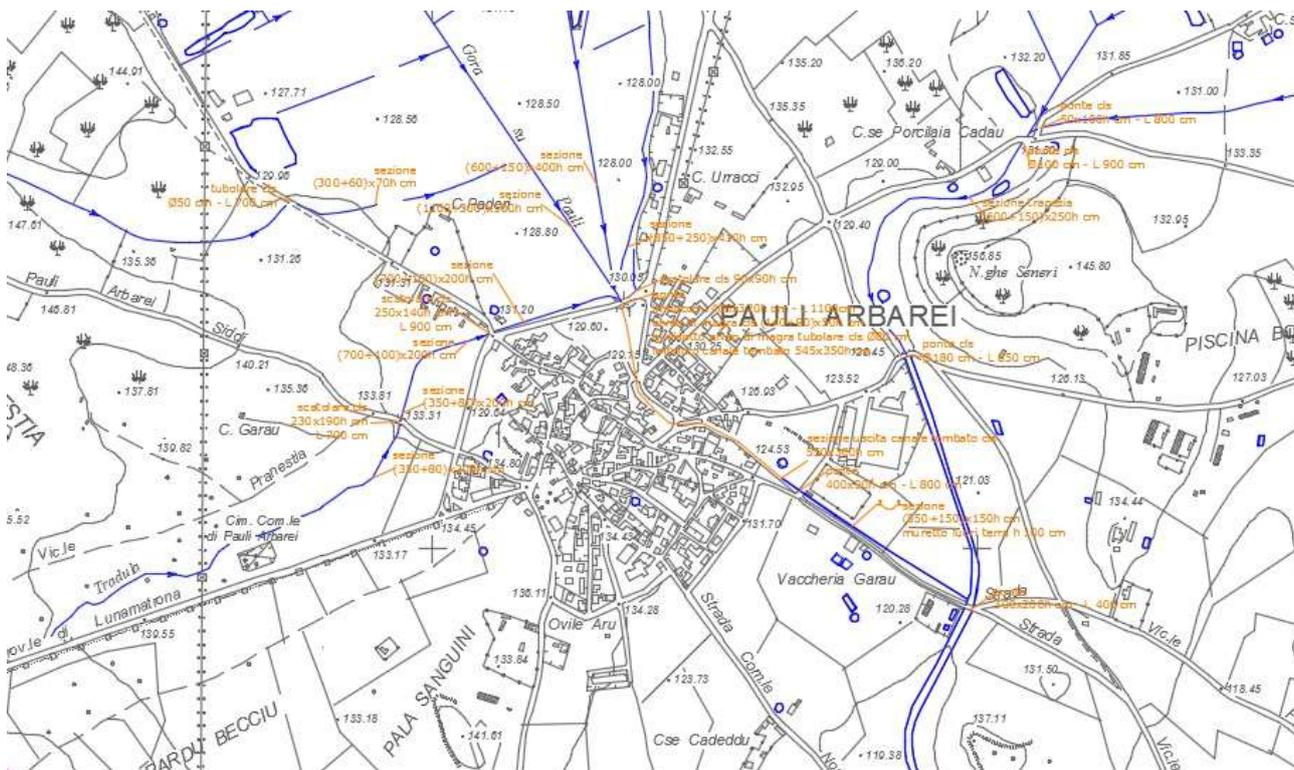


INTERFERENZA	FOTOGRAFIA
<p>Strada comunale per Siddi Scatolare cls 230x190 cm Lung. 7,00 m</p>	
<p>Strada comunale Scatolare cls 250x140 cm Lung. 9,00 m</p>	

4.3 Riu Cani (sottobacino riu gora su pauli)

Sono state rilevate le seguenti interferenze:

UBICAZIONE	TIPOLOGIA	SEZIONE	LUNG.
Strada comunale per Tuili	Ponte imbocco canale tombato che attraversa il centro urbano	1400x320 cm	11,00 m
Canale interrato attraversamento centro urbano	Scatolare cls	Ingresso 550x350 cm Uscita 550x300 cm	485,00 m
Strada comunale	Ponte	400x90 cm	8,00 m



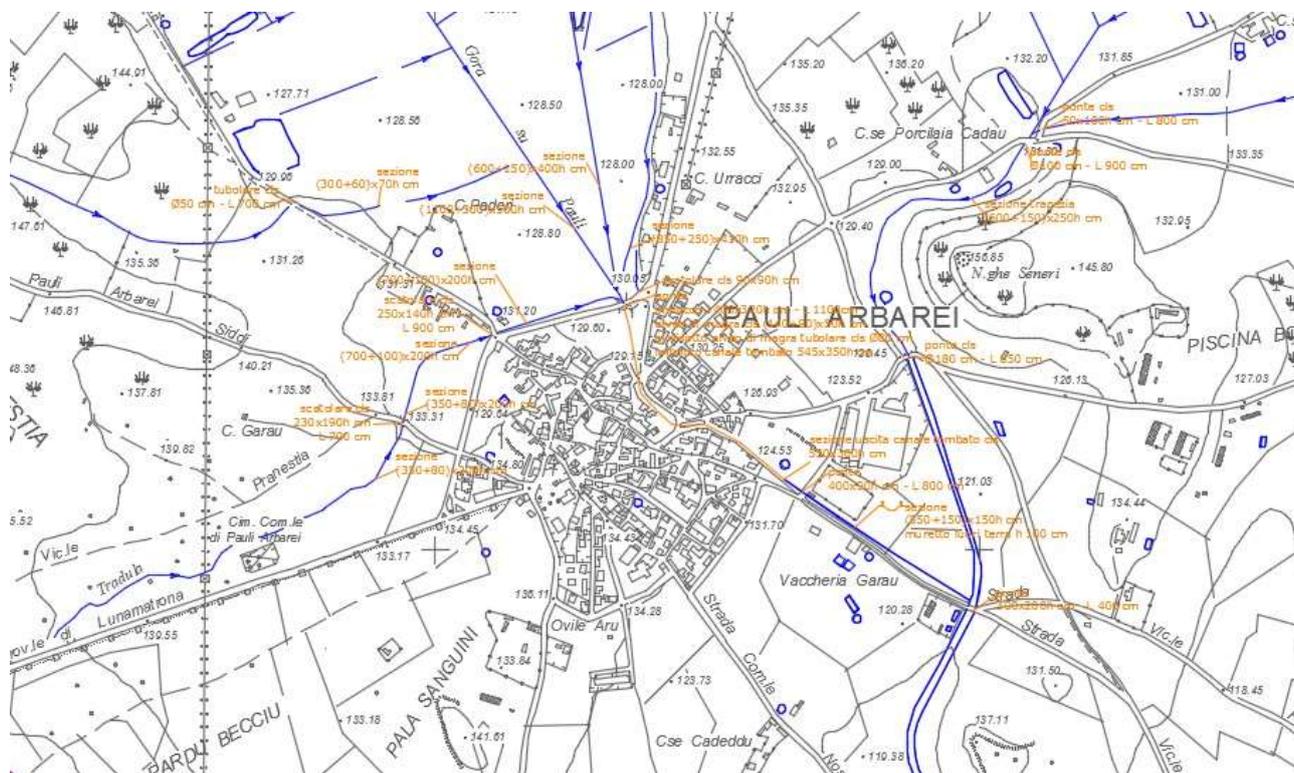
INTERFERENZA	FOTOGRAFIA
<p>Strada comunale per Tuili Ponte imbocco canale tombato che attraversa il centro urbano 1400x320 cm Lung. 11,00 m</p>	 A photograph showing the exterior of a concrete bridge structure. The bridge has a metal guardrail on top and is supported by concrete pillars. Below the bridge, there is a dark, rectangular opening, which is the entrance to a buried channel. The surrounding area is somewhat overgrown with grass and weeds.
<p>Canale interrato attraversamento centro urbano Sezione di ingresso Scitolare cls 550x350 cm Lung. 485,00 m</p>	 A photograph showing the interior of a buried channel at its entrance. The structure is made of concrete and has a corrugated metal ceiling. The floor is also concrete and appears to be slightly elevated from the surrounding ground level. The channel leads into a dark tunnel.
<p>Canale interrato attraversamento centro urbano Scitolare cls 550x350 cm Lung. 485,00 m</p>	 A photograph showing the interior of a long, narrow buried channel. The walls and ceiling are made of concrete. The floor is also concrete and appears to be slightly elevated from the surrounding ground level. The channel is empty and leads into a dark tunnel.

INTERFERENZA	FOTOGRAFIA
<p>Canale interrato attraversamento centro urbano Sezione di uscita Scitolare cls 550x320 cm</p>	 A photograph showing a concrete culvert structure, likely for an underground channel, situated in a rural area. The structure is made of concrete and has a rectangular opening. It is surrounded by tall grass and some trees. An orange safety net is visible on the left side of the structure.
<p>Strada comunale Ponte 400x90 cm Lung. 8,00 m</p>	 A photograph showing a concrete bridge structure, likely for a road crossing, situated in a rural area. The bridge is made of concrete and has a rectangular opening. It is surrounded by tall grass and some trees. The bridge is located next to a road.

4.4 Riu Cani

Sono state rilevate le seguenti interferenze:

UBICAZIONE	TIPOLOGIA	SEZIONE	LUNG.
Strada comunale	Ponte cls	Diam. 180 cm	8,50 m
Strada comunale per Villamar	Ponte	300x200 cm	4,00 m
Lungo il suo corso fino al confine con Villamar	3 Ponti	300x200 cm	4,00 m



INTERFERENZA	FOTOGRAFIA
<p>Strada comunale Ponte cls Dia. 180 cm Lung. 8,50 m</p>	
<p>Strada comunale per Villamar Ponte 300x200 cm Lung. 4,00 m</p>	
<p>Lungo il corso fino al confine comunale con Villamar 3 Ponti 300x200 cm Lung. 4,00 m</p>	

ANALISI IDRAULICA

La fase di processo delle informazioni morfometriche del sistema, come già anticipato, ha come obiettivo primario quello di individuare i principali dati da utilizzarsi per l'analisi idraulica, e precisamente:

- la definizione dell'asse del corso d'acqua;
- il tracciamento del ciglio destro e sinistro dell'alveo;
- il tracciamento delle sezioni trasversali.

Lo scopo delle analisi idrauliche è consistito nella individuazione delle aree suscettibili di essere inondate da eventi di piena caratterizzati da assegnato tempo di ritorno. Le metodiche utilizzate seguono rigorosamente quanto prescritto nelle Linee Guida del PAI.

In generale, tutte le analisi sono state condotte assumendo lo stato stazionario (moto permanente) sebbene i processi di propagazione delle onde di piena siano fenomeni di moto vario. Questa ipotesi è supportata dal fatto che le variazioni di portata nel tempo in occasione delle piene naturali non sono così rapide da rendere necessaria un'analisi in condizioni di moto vario.

Lo studio si è svolto secondo le seguenti fasi:

1. definizione della configurazione del sistema;
2. ricostruzione della geometria dell'alveo mediante rilievo e analisi dei progetti esistenti;
3. individuazione delle condizioni al contorno e implementazione della idrologia del sistema;
4. ricostruzione dei profili di corrente e calcolo dei livelli di moto permanente;
5. tracciamento delle aree di inondazione;

Ogni fase ha comportato l'analisi di studi, progetti e documenti esistenti, indagini presso enti e rilievi di campagna.

Per la modellazione si è ricostruita la geometria dell'alveo di piena mediante sezioni trasversali estese sufficientemente sino a comprendere la possibile espansione di piena; la congruità delle sezioni nei riguardi della loro effettiva capacità di rappresentare la zona di propagazione è stata analizzata mediante sopralluoghi e raffronti con immagini satellitari.

I dati topografici sono stati processati mediante il codice HEC-RAS per realizzare il modello idraulico descritto dettagliatamente più avanti.

1. IL MODELLO IDRAULICO

Il codice di calcolo utilizzato in questo studio, per la modellazione idraulica, denominato HEC-RAS, nella sua versione 4.0 del dicembre 2006, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a rischio idraulico e utilizzando tale codice. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, la scabrezza che metta in conto le resistenze idrauliche, le condizioni al contorno e le portate.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite ed è in grado di modellare il comportamento di canali naturali e artificiali tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo che possano influenzare le caratteristiche della corrente ecc..

MOTO PERMANENTE

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata *standard step*, risolvendo l'equazione del bilancio energetico (vedi figura 59),

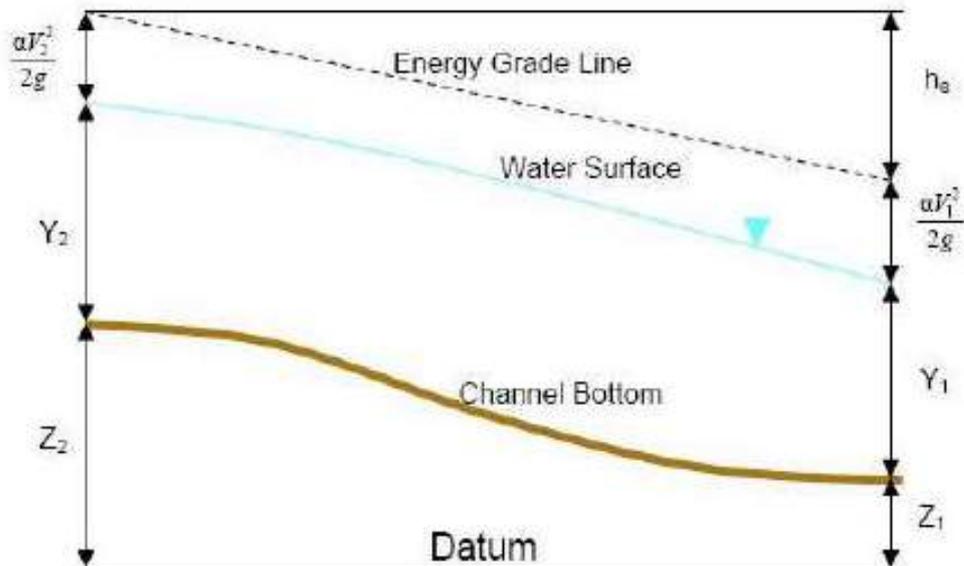


Figura 13 Equazione del bilancio energetico

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

dove:

Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

\bar{S}_f è la cadente media tra le due sezioni;

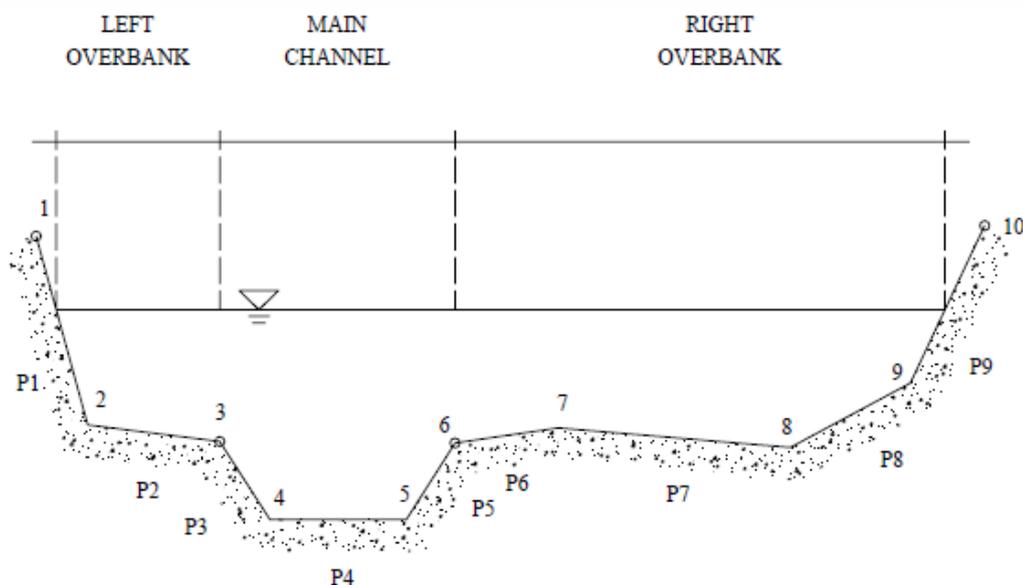
C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita di carico totale per attrito, prodotto tra le due sezioni dalla cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

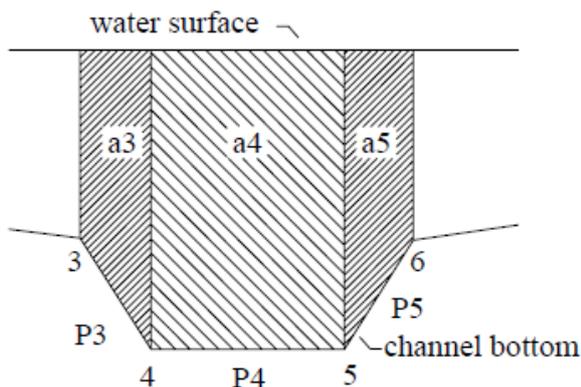
L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa in tre "porzioni" (left overbank, main channel, right overbank), come illustrato in figura.



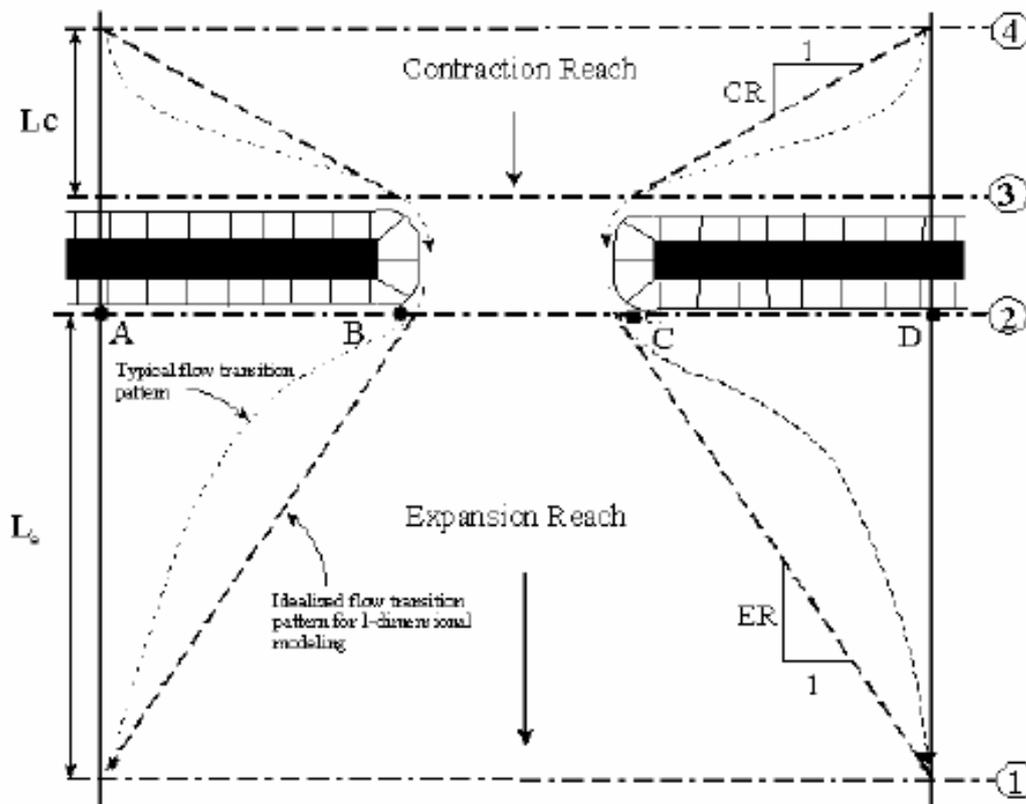
SUDDIVISIONE DELLA SEZIONE IN TRE COMPONENTI

Ogni sezione è ulteriormente suddivisa in *sub-section*, come illustrato nella figura sottostante, ad esempio l'area corrispondente al *main channel* è data dalla sommatoria delle aree delle *sub-section*, che la compongono secondo quanto riportato in figura.



Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione. Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Per rendere definito il problema occorre fornire 4 sezioni, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (sezioni 4 e 1), le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3), in queste è necessario imporre un'area inefficace.



Il metodo del bilancio energetico (metodo *standard step*), tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

CONDIZIONI AL CONTORNO IN MOTO PERMANENTE

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime misto, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE SEZIONI

Il modello di simulazione richiede che venga definita la geometria di un certo numero di sezioni di calcolo su cui si andranno a calcolare i livelli idrici nelle diverse condizioni di portata.

Nella tavola B2 sono indicati i tronchi critici con l'individuazione delle relative sezioni idrauliche di calcolo.

A tale scopo si è ricostruito lo sviluppo di diverse sezioni trasversali dei corsi d'acqua in studio utilizzando le informazioni cartografiche e di rilievo seguenti:

- Cartografia tecnica regionale al 10000
- Rilievi di ponti, tombini e altre opere d'arte;
- **DTM 10 m** ottenuto dalla trasformazione delle isocore e dei punti quotati 3d della cartografia al 10000 con passaggio intermedio su TIN.
- **DTM 1 m**
- Sopralluoghi;

Nelle sezioni si è avuto cura di rilevare gli elementi significativi seguenti:

- Quote del fondo alveo desunte dai rilievi;
- Quote delle aree golenali in base alla cartografia 1:1000 e al DTM 1 m (urbano) e 10 m (extraurbano);
- Quote e luci dei manufatti che interferiscono idraulicamente con l'evoluzione della piena: quali ponti, tombini e tratti tombati.

3. PARAMETRI DI VERIFICA

Il calcolo così come sopra descritto è stato condotto complessivamente su circa 200 sezioni rilevate o ricostruite.

Per quanto riguarda le **condizioni al contorno** ci si è posti nell'ipotesi di regime misto e pertanto si è imposta una condizione di valle e una di monte,

Precisamente:

- per i tratti che si sviluppano in campagna si è assunta l'altezza di moto uniforme corrispondente alla pendenza dell'asta;
- per i segmenti a pendenza elevata, dell'ordine di alcune unità percentuali, con forti irregolarità altimetriche si è imposta l'altezza critica;

La caratterizzazione delle **resistenze idrauliche** dell'alveo e delle aree limitrofe è stata effettuata assumendo opportuni valori del coefficiente di Manning o di Strickler secondo quanto riportato in letteratura (Open-Channel Hydraulics, V. T. Chow).

I coefficienti di scabrezza sono stati attribuiti a tratti omogenei d'alveo e di golena riconosciuti attraverso fotografie aeree e ricognizioni sul posto.

In particolare si è adottato un coefficiente di Manning **0.025-0.035** per le aree golenali con presenza di pascoli o aree coltivate e per i corsi d'acqua montani a carattere torrentizio con elevata presenza di massi e pietrame in alveo.

Infine si è posto pari a **0.1** il **coefficiente di contrazione** e **0.3** quello di espansione,

tipici di transizione graduale fra le sezioni, anche quando in pratica la sezione rimane costante, come nel caso dei tratti regolarizzati.

Come **input idrologico**, si è deciso di assumere le portate indicate nel suddetto studio e precedentemente riportate.

Come **output** la procedura descritta ha consentito il calcolo, per ogni sezione, della quota dei livelli idrici corrispondenti alle portate assegnate, nonché tutti i parametri idraulici relativi al profilo di corrente, riprodotti in forma tabellare nei *report* di analisi che riportano i risultati delle verifiche (Elaborato B2).

In particolare, i dati numerici forniti dal calcolo sono:

- 1 la quota minima dell'alveo (linea di *thalweg*) in m s.l.m. indicata come quota fondo;
- 2 la quota del pelo libero, in m s.l.m.;
- 3 la velocità media in alveo in m/s;
- 4 il numero di Froude.

Le quote del pelo libero, riportate planimetricamente nel transetto esteso delle sezioni significative utilizzando dei contour costruiti sul DTM 10 m e DTM 1 m dove disponibile, hanno consentito di individuare l'involuppo delle superfici bagnate dalla piena.

Il codice HEC, inoltre, produce un file dati specifico per la rappresentazione planimetrica, contenente tutte le informazioni di quota della corrente nelle sezioni di calcolo nonché le coordinate dei punti estremi del pelo libero nel sistema geografico di riferimento che possono essere utilizzate in ambiente GIS per la mappatura delle aree.

Confrontando i tiranti idrici corrispondenti alle portate relative ai diversi tempi di ritorno per tutti i corsi d'acqua studiati si vede che vi sono differenze piuttosto irrilevanti passando da 50 a 500 anni; pertanto, anche in relazione agli aspetti orografici e altimetrici del sito, **si è stabilito di rappresentare solo le aree a pericolosità Hi4**, posto che le altre aree, corrispondenti a eventi meno frequenti e quindi meno pericolosi, avrebbero comunque una analoga estensione.

CONCLUSIONI

Dallo studio e verifiche idrauliche fatte in corrispondenza dei tronchi critici preliminarmente individuati, sono state opportunamente perimetrate le aree a pericolosità idraulica e conseguentemente allagabili che rientrano negli alvei e nelle aree golenali. Le criticità individuate sono quelle in corrispondenza delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua. A prescindere dalle aree perimetrate a **pericolosità idraulica**, tutti gli interventi urbanistico-edilizi previsti nei piani e programmi a scala comunale saranno effettivamente realizzabili, nel rispetto delle NTA del PAI, soltanto se:

- migliorano in modo significativo o comunque non peggiorano le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- migliorano in modo significativo o comunque non peggiorano le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- non compromettono la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- non aumentano il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- limitano l'impermeabilizzazione dei suoli e creano idonee reti di regimazione e drenaggio;
- favoriscono quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e permeabili;
- salvaguardano la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;
- non interferiscono con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;
- adottano per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;
- non incrementano le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile concesso all'intervento espressamente assentito;
- assumono adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;
- garantiscono condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente.

I PROFESSIONISTI

Dott. Ing. Andrea Lostia

Dott. Geol. Tiziana Carrus